

ESTUDO CLÍNICO

Comparação de anestesia de fluxo mínimo com sevoflurano e desflurano: ensaio clínico randomizado

Berna Ayanoglu Taş, Ceren Şanlı Karip, Süheyla Abitağaoğlu*, Mehmet Celal Öztürk, Dilek Erdoğan Arı

University of Health Sciences Fatih Sultan Mehmet Health Research and Application Center, Anesthesiology and Reanimation Department, Istanbul, Turkey

Recebido em 16 de maio de 2019; aceito em 22 de maio de 2021.

PALAVRAS-CHAVE:

Anestesia;
Rebreathing;
Desflurano;
Sevoflurano

RESUMO:

Justificativa e objetivos: A anestesia com fluxo mínimo oferece várias vantagens, como redução da poluição ambiental, umidificação e aquecimento adequados dos gases anestésicos e redução de custos. O objetivo deste estudo foi comparar o custo-efetividade da anestesia com sevoflurano e desflurano com fluxo mínimo e seus efeitos na hemodinâmica, recuperação pós-operatória, parâmetros respiratórios e funções hepáticas e renais.

Métodos: Um total de 60 pacientes ASA I-II com idades entre 18-70 anos submetidos a instrumentação espinhal posterior foram incluídos no estudo. Os pacientes foram divididos em Grupo S (sevoflurano) e Grupo D (desflurano). Após a indução da anestesia, o fluxo de gás foi iniciado a uma taxa de 4 L.min⁻¹ usando uma concentração de 8% no Grupo D e 3,5% no Grupo S, e o tempo para atingir 0,8 CAM foi registrado. O fluxo de gás foi então alterado para fluxo mínimo. Os parâmetros hemodinâmicos e respiratórios do paciente, a temperatura corporal e os níveis de gases no sangue arterial foram registrados. O índice pulmonar integrado (IPI) foi monitorado no pós-operatório. Os achados bioquímicos foram registrados 12 horas após a operação. A quantidade de sangramento e sangue transfundido e os custos envolvidos foram calculados.

Resultados: As características demográficas dos pacientes, duração da cirurgia, parâmetros hemodinâmicos, valores de IPI, temperatura corporal e níveis de gases no sangue arterial foram semelhantes em todos os momentos. Os achados bioquímicos, quantidade de sangramento e quantidade de sangue transfundido foram semelhantes entre os dois grupos. O custo médio foi menor no Grupo S do que no Grupo D (p = 0,007).

Conclusão: O estudo não encontrou diferença significativa em termos de confiabilidade entre a anestesia com fluxo mínimo com sevoflurano e desflurano. Além disso, o procedimento foi considerado de maior custo-benefício para o Grupo S do que para o Grupo D.

Autor correspondente:

E-mail: suheylaatay81@gmail.com (S. Abitağaoğlu).

<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.05.012>

© 2021 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Introdução

As máquinas de anestesia modernas possuem *rebreathers* e analisadores de gás avançados. Por meio de um sistema de anestesia equipado com *rebreather*, é possível reaproveitar a mistura gasosa exalada pelo paciente após a eliminação do dióxido de carbono e garantir um fluxo de oxigênio fresco para atender às necessidades metabólicas do organismo, junto com um fluxo de anestésicos voláteis. A anestesia de baixo fluxo desenvolvida para esse fim é definida como a administração de pelo menos 50% dos gases exalados ao paciente por meio de um sistema de *rebreather* após a eliminação do dióxido de carbono.¹

A anestesia com baixo fluxo (1 L.min⁻¹) oferece vantagens importantes, como redução do consumo de gases anestésicos, redução da poluição ambiental e umidificação e aquecimento adequados dos gases anestésicos. Além disso, minimiza a concentração de gases residuais e o nível de exposição crônica a anestésicos voláteis e reduz os custos. A anestesia de fluxo mínimo, que envolve a redução do fluxo de gás fresco para 500 mL.min⁻¹ (0,5 L.min⁻¹), aumenta ainda mais as vantagens.² Devido à sua baixa solubilidade, sevoflurano e desflurano atingem rapidamente concentração alveolar suficiente e podem ser usados com segurança em anestesia de fluxo mínimo.^{3,4}

O objetivo do nosso estudo foi comparar o efeito da anestesia de fluxo mínimo com sevoflurano e desflurano durante a instrumentação espinal posterior na hemodinâmica do paciente, níveis de gases sanguíneos, recuperação pós-operatória, sistema respiratório, funções hepáticas e renais e custos.

Métodos

Este estudo prospectivo randomizado controlado foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro de Pesquisa e Aplicação da Saúde Fatih Sultan Mehmet (FSM EAH 2016/11) e foi conduzido de acordo com os princípios éticos da segunda Declaração de Helsinque.

Um total de 60 pacientes com estado físico I-II da American Society of Anesthesiologists (ASA) com idades entre 18-70 anos que realizaram instrumentação espinal posterior planejada entre junho de 2016 e março de 2017 para estenose espinal ou espondilolistese foram incluídos no estudo. O consentimento informado foi obtido de todos os pacientes. Os pacientes foram randomizados pelo método de envelope fechado e divididos em dois grupos: Grupo S (sevoflurano) (n = 30) e Grupo D (desflurano) (n = 30). Os pacientes não foram informados sobre o grupo a que pertenciam. Pacientes que requerem cirurgia em condições de emergência, pacientes com histórico de hipertermia maligna, pacientes viciados em álcool ou outras drogas, pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, doença cardíaca coronária, insuficiência cardíaca congestiva ou doença renal e pacientes obesos foram excluídos do estudo.

Foi realizada monitoração hemodinâmica de rotina em conjunto com o BIS e a monitoração da temperatura corporal. A anestesia foi induzida com tiopental sódico 5-7

mg.kg⁻¹, fentanil 2 mcg.kg⁻¹ e rocurônio 0,6 mg.kg⁻¹ para manter o BIS <60. Monitoramento arterial invasivo foi realizado após a indução da anestesia para medir os níveis de gases no sangue arterial em linha de base. Antes da administração do gás anestésico, a idade e o peso dos pacientes foram inseridos em um dispositivo Dräger Primus (Lübeck, Alemanha). O fluxo de gás foi então iniciado a uma taxa de 4 L.min⁻¹ (40% oxigênio + 60% ar) usando uma concentração de 8% no Grupo D e 3,5% no Grupo S, e o tempo para atingir 0,8 CAM foi registrado. A taxa de fluxo foi então reduzida para 0,5 L.min⁻¹ (40% oxigênio + 60% ar) para garantir um fluxo mínimo. O Grupo S recebeu 2 a 4% de sevoflurano e o Grupo Dr recebeu 5 a 7% de desflurano para manter os valores do BIS entre 40 e 60 para manter a anestesia. Os pacientes de ambos os grupos receberam infusão de fentanil a uma taxa de 1 mcg.kg⁻¹.h⁻¹. Em seguida, os pacientes foram acompanhados por um segundo anestesio- logista, que desconhecia os grupos de estudo, foi designado para o paciente. Durante o acompanhamento, os pacientes foram ventilados com volume corrente de 6 a 8 mL.kg⁻¹ de peso corporal ideal, corrigido de acordo com a fórmula de Devine (para homens: 50 kg + 2,3 × [(altura (cm) / 2,54) - 60] e para mulheres: 45,5kg + 2,3 × [(altura (cm) / 2,54) - 60]. E os pacientes foram ventilados com uma frequência de 12-16 respirações.min⁻¹ para manter as concentrações de ETCO₂ em 30-35 mmHg. O alarme de limite inferior para oxigênio foi fixado em 28%. A sonda (Intersorb-Plus-REF: 2179000) foi alterada quando o CO₂ inspiratório foi > 1 mmHg após excluir outras razões para um aumento no CO₂ inspiratório. e os parâmetros respiratórios e as temperaturas corporais dos pacientes foram registrados a cada 5 minutos durante os primeiros 20 minutos, depois aos 30 minutos e em intervalos de 30 minutos. Os níveis de gasometria arterial foram registrados em 1 hora e 2 horas após a indução. cirurgia, o monitoramento dos gases sanguíneos arteriais foi continuado em intervalos de 1 h.

Trinta minutos antes do final da cirurgia, paracetamol 1g, tramadol 2 mg.kg⁻¹ e ondansetron 8mg foram administrados por via intravenosa, e a infusão de fentanil foi interrompida, enquanto a administração de gases anestésicos foi interrompida 10 minutos antes do final de cirurgia. No final da cirurgia, a taxa de fluxo de ar foi alterada para 4 L.min⁻¹ com 80% de oxigênio + 20% de ar. Atropina 0,02 mg.kg⁻¹ e neostigmina 0,05mg foram aplicados por via intravenosa para reversão do bloqueio neuromuscular. Quando os valores do BIS eram > 90, os pacientes eram extubados e encaminhados para a sala de recuperação pós-operatória. Na sala de recuperação, o monitoramento do índice pulmonar integrado (IPI) (Capnostream20p / Covidien-Origin Medical) foi realizado para rastrear a adequação da respiração dos pacientes e os valores de IPI foram registrados 1, 5, 10, 20 e 30 minutos após a operação. Valores de IPI entre 7 e 10 foram considerados respiração normal. A avaliação pós-operatória foi realizada por anestesio- logista cego para os grupos. Os níveis de gás sanguíneo arterial dos pacientes foram verificados 30 minutos após a operação, e os pacientes com escores de Aldrete de nove e acima foram transferidos para a enfermaria

regular. A quantidade de sangramento intraoperatório e sangue transfundido foram calculados, e os níveis de ALT, AST, NUS e creatinina foram registrados 12 horas após a operação. A quantidade de agente anestésico consumido foi calculada (consumo de agente anestésico [mL.h⁻¹] = 3 X gás fresco L.min⁻¹X concentração [%]), e o custo do gás anestésico foi determinado de acordo (com base no hospital custos de medicamentos para 2017).

Análise estatística

A análise de potência foi realizada nos softwares Power e SampleSize de acordo com o custo a uma vazão de 0,8 L.min⁻¹ conforme indicado em estudo anterior sobre anestesia com baixo fluxo.⁵ Nesta análise, de acordo com a análise de custo, os valores de Δ : 1,32 e DP: 1,5 foram tomados para a avaliação, e o número de sujeitos em cada grupo foi calculado como 22 com uma potência de 0,80 e uma de 0,05.

Os dados do estudo foram analisados usando o pacote de software IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Turquia). O ajuste dos dados a uma distribuição normal foi avaliado usando o Shapiro-Wilktest. Além de usar estatísticas descritivas (médias, desvios-padrão e frequência) na avaliação dos dados do estudo, os dados quantitativos foram comparados usando o teste t de Student para comparação de parâmetros com distribuição normal, enquanto o teste U de Mann-Whitney foi usado para a comparação dos parâmetros sem distribuição normal. Os dados qualitativos foram comparados usando a correção de Yates para a continuidade. A avaliação intragrupo de parâmetros com uma distribuição normal foi realizada usando o teste de amostra pareada, enquanto que aquele sem uma distribuição normal foi realizada usando o teste de postos sinalizados de Wilcoxon. $P < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

Resultados

Um total de 60 pacientes (30 por grupo, com idades entre 22-70 anos) foram incluídos no estudo. Desses pacientes, 23 (38,3%) eram do sexo masculino e 37 (6,7%) do feminino. Não houve diferença significativa nas características demográficas dos pacientes entre os grupos em relação à classificação de risco ASA (Tabela 1).

A duração da anestesia e da cirurgia foi semelhante entre os pacientes. O tempo necessário para atingir 0,8 CAM foi maior no grupo desflurano. Não houve diferença entre os grupos na quantidade de sangramento e sangue transfundido (Tabela 2).

A hemodinâmica dos pacientes estava dentro dos limites normais durante o estudo. A pressão arterial média (PAM) foi semelhante entre os grupos, exceto pelos valores do Grupo S aos 60 minutos, que foram significativamente mais baixos do que os do Grupo D. As frequências cardíacas (FC) basais dos pacientes foram semelhantes. Após o primeiro minuto de indução, exceto o período entre 120, 150 e 180 min, os valores de FC foram maiores no Grupo D (Tabela 3). Não foram observadas diferenças significativas na SpO₂ entre os grupos.

Nenhum método de aquecimento ativo foi usado e nenhuma diferença significativa na temperatura corporal foi identificada entre os grupos. As temperaturas corporais estavam em níveis normotérmicos. Observou-se diminuição da temperatura corporal em relação ao valor basal após 120 minutos em ambos os grupos.

Os níveis de gasometria arterial foram monitorados durante a cirurgia e na sala de recuperação. Esses valores estavam dentro da faixa fisiológica normal e não houve diferença entre os grupos. Os valores de IPI monitorados na sala de recuperação foram semelhantes entre os grupos (Tabela 4).

Não houve diferenças significativas entre os grupos nos níveis séricos de ALT, NUS e creatinina medidos no pré e pós-operatório e todos os marcadores estavam dentro da normalidade. Em uma análise intragrupo, os níveis séricos de uréia e creatinina pós-operatórios foram menores do que os níveis pré-operatórios em ambos os grupos. No Grupo D, os níveis séricos pré-operatórios de AST ($26,2 \pm 22$ U.L⁻¹) foram maiores do que no Grupo S ($17,9 \pm 5$ U.L⁻¹); mas os níveis pós-operatórios de AST foram semelhantes entre os grupos ($p = 0,004$ e $p = 0,066$, respectivamente).

A quantidade média de anestésico volátil utilizada foi de $14,3 \pm 4,91$ mL / paciente no Grupo S e de $32,57 \pm 13,12$ mL / paciente no Grupo D ($p = 0,001$). O custo do anestésico volátil no Grupo S foi de $5,13 \pm 1,76$ \$ / paciente e foi de $6,7 \pm 2,27$ \$ / paciente no Grupo D ($p = 0,007$).

Discussão

O objetivo do nosso estudo foi comparar a anestesia com fluxo mínimo com sevoflurano e desflurano em termos de confiabilidade e custo-efetividade e seus efeitos nas funções hepática e renal e na respiração pós-operatória em pacientes submetidos à instrumentação espinhal posterior. Descobrimos que os dois anestésicos voláteis compartilhavam perfis de confiabilidade semelhantes e tinham efeitos semelhantes nas funções dos órgãos, parâmetros respiratórios e níveis de gases no sangue. A quantidade e o custo do anestésico volátil consumido foram maiores no grupo do desflurano com fluxo mínimo.

O uso crescente de agentes anestésicos inalatórios com baixa solubilidade para anestesia tem rejeitado muitas preocupações com relação ao uso da abordagem de baixo fluxo e tem aumentado a importância das aplicações de baixo fluxo.^{3,4} O uso mais eficiente de recursos não deve ser questionado em um mundo que enfrenta um aumento dramático na população.⁶ É importante notar que os gases anestésicos orgânicos permanecem na atmosfera por longos períodos e podem produzir um efeito estufa.^{7,9} Portanto, é imperativo que aumentemos o uso de técnicas de anestesia de fluxo mínimo para reduzir quantidade de resíduos de agentes inalatórios gerados pelo uso do menor fluxo de gás fresco possível. Entretanto, a anestesia com baixo fluxo também tem algumas desvantagens e riscos. Em primeiro lugar, a anestesia com baixo fluxo requer equipamentos e monitores modernos e um monitoramento rigoroso para hipóxia e hipercapnia. A substituição frequente da cal so-

Tabela 1 Características demográficas dos pacientes

		Grupo S (n = 30)	Grupo D (n = 30)	P
Idade (anos) Média±DP		50,57±11,08	49,93±14,53	¹ 0,850
Gênero n,%	Homem	10 (33,3%)	13 (43,3%)	² 0,595
	Mulher	20 (66,7%)	17 (56,7%)	
IMC Média±DP		27,79±3,46	28,51±3,96	¹ 0,456
ASA n,%	I	9 (30%)	16 (53,3%)	² 0,116
	II	21 (70%)	14 (46,7%)	

¹Teste t de Student²Correção de Continuidade de Yates *p < 0.05**Tabela 2** Avaliação dos dados da operação e quantidade de sangramento e sangue transfundido

	Grupo S (n = 30)	Grupo D (n = 30)	P
Duração da anestesia (horas) Média ± DP	3,44±1,15	3,24±1,08	¹ 0,492
Duração da cirurgia (horas) Média ± DP	3,23±1,15	3,07±1,03	¹ 0,574
Duração MAC 0,8 (min) Média ± SD	2,37±1,06	3,55±2,08	¹ 0,008*
Quantidade de sangramento (ml) Média ± DP	943,33±630,64	991,67±531,44	¹ 0,749
Quantidade de sangue transfundido (ml)	245±333,31 (0)	175±238,8 (0)	² 0,500

Média ± DP (mediana)

¹Teste t de Student²Correção de Continuidade de Yates

*p < 0.05 min: minutos

Tabela 3 Avaliação dos valores de FC em ambos os grupos

FC	Grupo S (n = 30) Média ± DP	Grupo D (n = 30) Média ± DP	P
Linha de base	77,73±17,34	86,07±15,3	0,055
Indução	85,17±14,05 ^a	90,77±17,64	0,179
1º min, fluxo de 4 lt / min	80,47±10,87	87,2±15,55	0,057
10º min, fluxo de 4 lt / min	76,77±13,06	86,93±17,45	0,013 ^b
1º min, fluxo de 0,5 lt / min	74,23±12,49	83,33±15,84	0,016 ^b
20 min, fluxo de 0,5 lt / min	72,5±11,53	81,63±16,32	0,015 ^b
30º min, fluxo de 0,5 lt / min	68,53±11,73 ^a	77,5±14,48 ‡	0,011 ^b
60º min, fluxo de 0,5 lt / min	63,2±8,98 ^a	70,13±13,52	0,023 ^b
90º min, fluxo de 0,5 lt / min	61,77±9,57 ^a	68,37±15,11	0,049 ^b
120º min, fluxo de 0,5 lt / min	64,14±11,01 ^a	67,35±15,01	0,367
150º min, fluxo de 0,5 lt / min	66,05±11,22 ^a	68,83±13,24	0,453
180º min, fluxo de 0,5 lt / min	63,21±8,83 ^a	68,68±13,98	0,159
Fim da cirurgia	64,6±12,21 ^a	71,4±14,1	0,049 ^b
Extubação	79,17±16,3	90,17±17,45	0,014 ^b
Pós-operatório 5 min	73,33±14,34	85,97±14,62	0,001 ^b

Min: minuto.

Teste t de Student.

^aTeste t de amostras emparelhadas, p < 0,05 quando comparado à linha de base.^bp < 0,05.

Tabela 4 Avaliação dos níveis de IPI em ambos os grupos

IPI	Grupo S (n = 30) Média ± DP	Grupo D (n = 30) Média ± DP	P
Recuperação 1º minuto	8,5±1,46 (8,5)	8,17±2,57 (10)	0,691
Recuperação 5 min	8,93±1,51 (10)	8,73±1,91 (9,5)	0,728
Recuperação 10 min	9,3±1,09 (10) ‡	8,73±1,53 (9)	0,083
20 min de recuperação	9,37±1,35 (10) ‡	8,77±1,5 (9,5)	0,055
30 min de recuperação	9,2±1,24 (10) ‡	8,93±1,48 (10) ‡	0,465

Teste U de Mann-Whitney

‡ teste dos postos sinalizados de Wilcoxon

* p <0,05, min: minuto

dada para prevenir a toxicidade do monóxido de carbono e o aumento do composto A é essencial.³ No presente estudo, comparamos os efeitos do sevoflurano e do desflurano quando usados em anestesia com fluxo mínimo.

Além de seus efeitos positivos na fisiologia pulmonar, a anestesia com fluxo mínimo também é conhecida por manter a temperatura corporal.^{3,4} Embora nenhum método de aquecimento tenha sido usado para os pacientes em nosso estudo, as temperaturas corporais permaneceram em níveis normotérmicos durante o período de 2 horas, e sem significância - diferença significativa foi identificada entre os grupos. Embora tenha havido diminuição da temperatura corporal em relação à linha de base em ambos os grupos após 120 minutos, as menores temperaturas foram observadas no momento da extubação, que foram de 35,95 ± 0,73°C no Grupo S e 34,79 ± 5,98°C no Grupo D, e a diferença entre os grupos não foi significativa.

Um alto fluxo de gás fresco é necessário durante a indução e a cessação da anestesia porque requer um longo tempo para atingir as concentrações desejadas na anestesia de fluxo mínimo. As concentrações alveolares mínimas são conhecidas para refletir o potencial anestésico do agente anestésico em estado de equilíbrio. Um estudo anterior comparou 18% de desflurano e 6% de sevoflurano com um fluxo de gás fresco de 0,5 L.min⁻¹ ou 1,0 L.min⁻¹ e demonstrou que o tempo necessário para atingir 1 CAM foi de 8,5 ± 1,7 min com desflurano a 0,5 L.min⁻¹, 3,7 ± 0,7 min com desflurano a 1,0 L.min⁻¹, 15,2 ± 2,4 min com sevoflurano a 0,5 L.min⁻¹ e 6,2 ± 1,3 min com sevoflurano a 1,0 L.min⁻¹. O estudo, portanto, mostrou que 18% de desflurano atingiu 1 CAM em um período menor em ambos os níveis de fluxo de gás.¹⁰ Monitoramos a profundidade da anestesia em nosso estudo usando o BIS e o tempo para atingir 0,8 CAM foi de 3,56 ± 2,1 min no Grupo D e 2,38 ± 1,06 min. no Grupo S. A principal razão para os diferentes valores observados em nosso estudo é o maior fluxo e menores concentrações de agentes inalatórios administrados no início da cirurgia. Conforme indicado em estudos anteriores, o tempo para alcançar o CAM desejado depende da taxa de fluxo de gás fresco e das concentrações de agentes inalatórios. Em um estudo anterior, foi relatado que nenhum aumento significativo nos níveis de COHb sob anestesia de circuito fecha-

do sem eliminação de monóxido de carbono (CO) durante a cirurgia laparoscópica e a renovação constante do gás intraperitoneal em pacientes adultos evitou a intoxicação por CO durante o uso de eletrocauterização.¹¹ Em um estudo anterior sobre cirurgias laparoscópicas com duração > 6 horas, os autores relataram que os níveis de COHb permaneceram dentro dos limites fisiológicos normais.² Em nosso estudo, COHb e outros os níveis de gases sanguíneos também estavam dentro dos limites fisiológicos normais, o que era consistente com estudos anteriores.^{12,13}

As avaliações das funções respiratórias dos pacientes são frequentemente baseadas em medidas de saturação periférica de oxigênio (SpO₂), dióxido de carbono expirado (ETCO₂), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC). A monitoração do índice pulmonar integrado (IPI) pode oferecer um valor único para facilitar a avaliação da ventilação e oxigenação. Este método combina os valores de SpO₂, ETCO₂, RR e FC em um modelo matemático para obter o IPI.^{14,15} O valor do IPI foi considerado um marcador útil em um ambiente clínico.¹⁶ Em nosso estudo, usamos o monitor IPI para avaliar a suficiência respiratória durante o período pós-operatório. Estudos anteriores sobre anestesia com baixo fluxo avaliaram os parâmetros respiratórios e a frequência cardíaca separadamente durante a recuperação pós-operatória. Uma avaliação combinada desses parâmetros fornece um monitoramento eficaz e rápido da situação respiratória do paciente. Até onde sabemos, não há estudos na literatura que utilizem a monitoração do IPI após anestesia com baixo fluxo. Em todos os acompanhamentos envolvendo avaliação de IPI, os valores de IPI de ambos os grupos permaneceram semelhantes e dentro dos limites da normalidade em todos os momentos. Concluiu-se, portanto, que a anestesia com fluxo mínimo de sevoflurano e desflurano não teve efeitos negativos na respiração durante o período pós-operatório e teve efeitos semelhantes na recuperação respiratória.

Foi demonstrado que isoflurano, desflurano e evoflurano não causam quaisquer efeitos negativos nos rins e no fígado durante aplicações de anestesia com baixo fluxo.¹³ Outro estudo comparando anestesia com baixo fluxo com anestesia venosa total não relatou nenhuma diferença significativa em termos de toxicidade renal e

hepática.¹⁷ Anteriormente, foi mostraram que as funções hepáticas e renais permaneceram dentro dos limites normais após mais de 8 horas de sevofluranestesia com fluxo mínimo e que não houve diferenças significativas nos testes de função hepática e renal em comparação com os dados basais.¹⁸ Nosso estudo também demonstrou efeitos limitados semelhantes de desflurano de fluxo mínimo e anestesia com sevoflurano nas funções hepáticas e renais pós-operatórias. Embora dentro dos intervalos normais, os níveis séricos pré-operatórios de AST foram diferentes entre os grupos; esse desequilíbrio entre os grupos pode estar relacionado ao pequeno tamanho da amostra e às limitações nos processos de randomização e recrutamento. Foi relatado que as alterações perioperatórias na função renal não estão associadas ao método anestésico usado e que essas alterações podem ser causadas por fatores não relacionados à anestesia, como a duração da cirurgia, o tamanho e a extensão do local cirúrgico e o estresse resultante, o antibiótico agentes administrados, disfunção renal preexistente e alterações na pressão arterial perioperatória.¹⁹ Dois agentes inalatórios podem ter efeitos semelhantes nas funções renais, visto que o presente estudo incluiu pacientes submetidos a um único tipo de cirurgia com tempo cirúrgico semelhante e as pressões sanguíneas de esses pacientes permaneceram dentro dos limites normais durante o acompanhamento. Concluímos que as reduções pós-operatórias nos níveis de ureia e creatinina foram associadas à hidratação perioperatória e não tiveram significância clínica.

Um dos pontos fortes da anestesia com fluxo mínimo é a vantagem teológica e econômica que ela proporciona ao reduzir o consumo de agente anestésico em 75-80%. Embora a economia de custos com o uso de anestésicos de fluxo mínimo e baixo não seja notável por períodos de 1 hora, a anestesia de fluxo mínimo por períodos de 2 horas é relatada para fornecer maior economia de custos.²⁰ Em um estudo anterior, foi relatado que o uso de monitoramento BIS pode reduzir o uso de agentes inalatórios, como desflurano.²¹ Durante a anestesia geral, uma das vantagens do monitoramento BIS é a prevenção do uso de doses excessivas de agentes devido a preocupações com anestesia superficial.²² À luz dessas evidências, em nosso estudo, acompanhamos a profundidade da anestesia com monitoramento do BIS.

Em um estudo comparando o uso de anestesia com desflurano versus isoflurano de baixo fluxo, o consumo de anestésicos e os custos incorridos foram maiores no grupo do desflurano.²³ No estudo mencionado, o custo do consumo de desflurano por 180 minutos foi relatado a ser 6,42 D para fluxo de 0,5 L.min⁻¹, que foi semelhante aos nossos resultados. Em um artigo de revisão, foi indicado que a anestesia inalatória com sevoflurano é o agente mais custo-efetivo quando comparado com os outros agentes usados para taxas de fluxo semelhantes.²⁴ Em nosso estudo, mantivemos os valores do BIS em 40-60% e o montante de agentes inalatórios usados foi menor no Grupo S. Os custos incorridos de acordo com os preços de mercado no momento do estudo foram significativamente menores no

Grupo S do que no Grupo D. Existem algumas limitações em nosso estudo. Em primeiro lugar, a análise de custo foi realizada de acordo com o consumo de anestésico volátil, e o tempo de internação hospitalar não foi incluído na análise de custo. Pode ser mais preciso levar em conta todas as despesas hospitalares para avaliar o custo em detalhes. Novos estudos que considerem o tempo de recuperação e a duração da cirurgia na análise de custos devem ser realizados, pois esses parâmetros também afetam os custos totais. Outra limitação do nosso estudo é que não podemos fornecer aquecimento ativo para os pacientes do nosso estudo porque não temos dispositivos de aquecimento ativo.

Em conclusão, o presente estudo não relata nenhuma diferença significativa entre a anestesia com fluxo mínimo de sevoflurano e desflurano em termos de hemodinâmica, função orgânica e níveis de gases sanguíneos em pacientes submetidos à instrumentação espinhal posterior. Os parâmetros do IPI no pós-operatório foram semelhantes, indicando que ambos os agentes apresentam efeitos semelhantes na função respiratória pós-operatória. A quantidade e o custo do anestésico volátil consumido foram maiores no grupo do desflurano.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Erbay RH, Tomatır E, Hancı V, et al. Desfluran-N2O, Sevofluran-N2O Minimal Akım ve Propofol-Remifentanil Anestezilerinde Maliyetlerin Karşılaştırılması. *Türkiye Klinikleri J Anest Reanim.* 2009;7:11-8.
2. Park SY, Chung CJ, Jang JH, et al. The safety and efficacy of minimal-flow desflurane anesthesia during prolonged laparoscopic surgery. *Korean J Anesthesiol.* 2012;63:498-503.
3. Hönemann C, Hagemann O, Doll D. Inhalational anaesthesia with low fresh gas flow. *Indian J Anesthesiol.* 2013;57:345-50.
4. Nunn G. Low-flow anaesthesia. Continuing education in anaesthesia. *Crit Care Pain.* 2008;8:1-4.
5. Martelli A. Costs optimization in anaesthesia. *Acta Biomed.* 2015;86:38-44.
6. Okur O, Tekgöl ZT, Yeniay O, et al. Effect of low flow anaesthesia education on short term anesthetic gas consumption. *Tepecik Eğitim Hast. Dergisi.* 2016;26:146-50.
7. Langbein T, Sonntag H, Trapp D, et al. Volatile anaesthetics and the atmosphere: atmospheric lifetimes and atmospheric effects of halothane, enflurane, isoflurane, desflurane and sevoflurane. *Br J Anaesth.* 1999;82:66-73.
8. Oyaro N, Sellevag SR, Nielsen CJ. Atmospheric chemistry of hydrofluoroethers: reaction of a series of hydrofluoroethers with OH radicals and Cl atoms, atmospheric lifetimes, and global warming potentials. *J Phys Chem A.* 2005;109:337-46.
9. Ryan SM, Nielsen CJ. Global warming potential of inhaled anaesthetics: application to clinical use. *Anesth Analg.* 2010;111:92-8.
10. Horwitz M, Jakobsson JG. Desflurane and sevoflurane use during low- and minimal-flow anesthesia at fixed vaporizer settings. *Minerva Anesthesiol.* 2016;82:180-5.

11. Soro M, García-Pérez ML, Ferrandis R, et al. Closed-system anaesthesia for laparoscopic surgery: is there a risk for carbon-monoxide intoxication? *Eur J Anaesthesiol.* 2004;21:483-8.
12. Ceylan A, Kırdemir P, Kabalak A, et al. Düşük Akım Desfluran ve Sevofluran Anestezisinde Karboksihemoglobin, Hemodinamik ve Uyanma Kriterlerinin Karşılaştırılması. *Gulhane Med J.* 2004;46:291-7.
13. Yıldırım A, Göksu H, Toprak GC, et al. İzofluran, Desfluran ve Sevofluran ile Uygulanan Düşük Akımlı Anestezinin, Anestezi Kalitesi ve Güvenilirliğinin Karşılaştırılması. *Fırat Tıp Dergisi.* 2006;3:170-4.
14. Arora S, Singh PM, Goudra BG, et al. Changing trends of hemodynamic monitoring in ICU -- from invasive to non-invasive methods: are we there yet? *Int J Crit Illn Inj Sci.* 2014;4:168-77.
15. Smallbeer BA. Technology and monitoring patients at the bedside. *Nurs Clin North Am.* 2015;50:257-68.
16. Schier R, Roozkrans M, Velzen M, et al. Opioid-induced respiratory depression: reversal by non-opioid drugs. *F1000 Prime Rep.* 2014;6:1-8.
17. Sahin SH, Cinar SO, Paksoy I, et al. Comparison between low flow sevoflurane anesthesia and total intravenous anesthesia during intermediate-duration surgery: effects on renal and hepatic toxicity. *Hippokratia.* 2011;15:69-74.
18. Choi S, Cho W, Chin Y, et al. The effects of prolonged minimal-flow sevoflurane anesthesia on postoperative hepatic and renal function. *Kor J Anesthesiol.* 2008;54:501-6.
19. Ebert TJ, Arain SR. Renal responses to low-flow desflurane, sevoflurane, and propofol in patients. *Anesthesiology.* 2000;93:1401-6.
20. Bozkurt P. Klinik uygulamada düşük akımlı anestezi. (Ceviri Editörü E Tomatır). *Düşük Akımlı Anestezi - Düşük Akımlı, Minimal Akımlı ve Kapalı Sistemle Anestezide Kuram ve Uygulama.* 1. baskı İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri; 2002. p. 250-3.
21. Akkaya T, Arık E, Gümüş H, et al. Comparison of desflurane and isoflurane anesthesia with bispectral index monitoring. *Türkiye Klinikleri J Anest Reanim.* 2007;5:69-78.
22. Rosow C, Manberg PJ. Bispectral index monitoring. *Anesth Clin North Am.* 2001;19:947-66.
23. Buchinger H, Kreuer S, Paxian M, et al. Desflurane and isoflurane in minimal-flow anesthesia. Consumption and costs with forced fresh gas reduction. *Anaesthesist.* 2006;55:854-60.
24. Nac, o M, Celik E, Gani H, et al. The calculated economic cost of inhalator volatile anesthetics in low flow anesthesia. *AJMHS.* 2019;51. Online publication ahead of print.