



REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

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



ARTIGO CIENTÍFICO

Desempenho de concentradores de oxigênio com óxido nitroso em volume de 50:50

Jorge Ronaldo Moll^a, Joaquim Edson Vieira^{b,*}, Judymara Lauzi Gozzani^c
e Lígia Andrade Silva Telles Mathias^c

^a Hospital Geral de Bonsucesso do Ministério da Saúde, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^b Departamento de Cirurgia, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

^c Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 18 de março de 2013; aceito em 10 de junho de 2013

Disponível na Internet em 22 de fevereiro de 2014

PALAVRAS-CHAVE

Oxigenoterapia;
Óxido nitroso;
Equipamentos e
suprimentos;
Anestesia;
Inalação;
Países em
desenvolvimento

Resumo

Justificativa e objetivos: poucas pesquisas abordaram a segurança do oxigênio a partir de concentradores para uso em anestesia em associação com óxido nitroso. Este estudo avaliou a porcentagem de oxigênio a partir de um concentrador em associação com óxido nitroso em um circuito de reinalação semifechado.

Métodos: pacientes adultos submetidos à cirurgia de baixo risco foram alocados aleatoriamente em dois grupos e receberam um fluxo de gases frescos de concentradores de oxigênio (O293) ou de concentradores de oxigênio e óxido nitroso (O293N2O). A fração inspirada de oxigênio e a porcentagem do fluxo de gases frescos de oxigênio foram medidas a cada 10 minutos. O razão da concentração liberada de FiO₂/oxigênio foi comparada em diferentes intervalos de tempo e entre os grupos.

Resultados: foram avaliados em cada grupo 30 pacientes. Não houve diferença em oxigênio a partir dos concentradores ao longo do tempo para ambos os grupos, mas houve uma melhora significativa da FiO₂ (p < 0,001) no grupo O293, enquanto houve uma queda significativa (p < 0,001) no grupo O293N2O. A razão FiO₂/oxigênio variou em ambos os grupos e atingiu um patamar no grupo O293. A oximetria de pulso não caiu abaixo de 98,5% em ambos os grupos.

Conclusão: a FiO₂ na mistura de O293 e óxido nitroso caiu durante o período de observação, embora a saturação de oxigênio tenha ficado acima de 98,5% durante todo o estudo. Os concentradores podem ser considerados uma fonte estável de oxigênio para uso durante procedimentos anestésicos de curta duração, tanto puro quanto em associação com óxido nitroso em volume de 50:50.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

* Autor para correspondência.

E-mail: joaquimev@usp.br (J.E. Vieira).

Introdução

O alto preço do oxigênio pode incentivar a instalação de concentradores de oxigênio.^{1,2} No Brasil, uma pesquisa anterior sugeriu que a economia relacionada ao uso de um concentrador durante 10 anos em um hospital sem fins lucrativos chegou a 19,5 milhões de dólares.³ O oxigênio de concentradores representa um custo de 0,0015 centavo de dólar mL⁻¹. Vale a pena notar que a oferta desse sistema como uma fonte de oxigênio estabeleceu uma concorrência perfeita nesse mercado no Brasil e reduziu seu preço final em todo o país.

Alguns estudos que usaram concentradores de oxigênio com sistemas de ventilação abertos concluíram que a eficácia e a confiabilidade de tais dispositivos os tornam uma opção adequada aos cilindros de oxigênio nos países em desenvolvimento.⁴⁻⁶ Os concentradores de oxigênio usam a tecnologia da peneira molecular de zeólita, que pode produzir até 95% de O₂ puro. Resumidamente, o ar ambiente é atraído para o concentrador de oxigênio através de uma série de filtros para remover poeira e bactérias. O concentrador contém duas colunas de peneiras moleculares de zeólita dentro de um recipiente. A peneira absorve nitrogênio a partir do ar, quando esse é forçado a atravessá-la sob pressão. A peneira permite a passagem de O₂ juntamente com o argônio a 0,93% presente no ar. Zeólita sintética é usada para a produção de oxigênio. O concentrador mostrou ser confiável e custo-efetivo para fornecer oxigênio em locais onde os cilindros nem sempre podem estar disponíveis.⁷ Contudo, pouco se sabe sobre a associação do oxigênio dos concentradores com o óxido nitroso durante a ventilação mecânica em anestesia.

Este estudo avaliou a porcentagem de oxigênio a partir de um concentrador em associação com óxido nitroso para os procedimentos que duram pelo menos 100 minutos em um circuito semifechado de reinalação.

Métodos

Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Geral de Bonsucesso do Ministério da Saúde, pacientes adultos submetidos a cirurgia de baixo risco foram convidados a participar, assinaram o termo de consentimento informado e foram alocados aleatoriamente em dois grupos para receber um fluxo de gases frescos (FGF) de 1000 mLmin⁻¹ de oxigênio do concentrador (O293) ou um FGF de 500 mLmin⁻¹ de oxigênio do concentrador mais 500 mLmin⁻¹ de óxido nitroso (O293NO). O único critério de exclusão foi a presença de qualquer doença pulmonar. O oxigênio usado nesta pesquisa foi fornecido pelo concentrador de oxigênio ligado a sistemas de tubulação de gases medicinais, que proporcionam uma pressão de saída de 4,08-5,09 kgcm⁻² (Eniplan Ferri, Engenheiros Associados Ferri, modelo COE 2x20, Rio Grande do Sul, Brasil). O óxido nitroso foi fornecido a partir do sistema de tubulação proveniente de reservatórios normais.

Os pacientes respiraram sob máscara com oxigênio do concentrador a um fluxo de 8,0 Lmin⁻¹ por três minutos em um circuito semifechado de reinalação. Após esse período, a anestesia foi induzida com a administração intravenosa sequencial de fentanil (5,0 mcgkg⁻¹), propofol (1,5 mgkg⁻¹) e atracúrio (0,5 mgkg⁻¹). Após a intubação traqueal, um sistema de ventilação mecânica controlada com um absorção

de CO₂ foi usado para fornecer um volume corrente suficiente para manter o CO₂ expirado entre 30 e 35 mmHg. A manutenção da anestesia foi obtida com isoflurano e FGF de 1 Lmin⁻¹. Uma válvula de fluxo lateral (CardioCap5, GE Datex, Ohmeda Helsinki, Finlândia) entre a válvula unidirecional inspiratória e a parte-Y para conectar com o paciente permitiu que as frações inspiradas e expiradas de anestésicos voláteis, dióxido de carbono (ETCO₂), oxigênio (FiO₂) e óxido nitroso (FiN₂O) fossem monitoradas. Outra válvula de fluxo lateral (Capnomac, GE Datex Ohmeda, Helsinki, Finlândia), localizada na porta de liberação, através da qual os gases são liberados da máquina para os sistemas, monitorou a porcentagem de oxigênio liberado a partir do concentrador por análise paramagnética do oxigênio. As amostras derivadas a partir dessas válvulas de fluxo lateral foram ventiladas para a atmosfera (fig. 1). Esperava-se que as medições das concentrações de oxigênio em ambos os grupos atingissem a estabilidade, considerando-se que o consumo de oxigênio fosse de pelo menos 200 mLmin⁻¹ durante todo o período intraoperatório.

As variáveis estudadas foram a concentração de oxigênio inspirado, bem como a fração inspirada de oxigênio medida a cada 10 minutos após a intubação até o fim da anestesia. Pressão arterial, frequência cardíaca e valores da oximetria de pulso foram obtidos no início da anestesia e a cada 10 minutos até o fim do procedimento. A relação FiO₂-concentração de oxigênio liberado pelo concentrador (O293) foi comparada em intervalos de tempo entre os grupos. Os resultados foram expressos como mediana e 25-75 percentis ou média e desvio-padrão quando a normalidade foi obtida. A análise de variância para medidas repetidas foi usada para comparar os dados dos diferentes intervalos de tempo entre os grupos. O teste *t* de Student foi usado para comparar idade, peso, altura e índice de massa corporal. O teste do qui-quadrado foi usado para comparar as proporções de gênero. A hipótese considerou uma pesquisa anterior com concentrador de oxigênio como a única fonte e na qual a diferença na média da FiO₂ foi considerada a diferença-alvo e o uso de um nomograma para calcular o tamanho da amostra indicou uma amostra de 25-30 pacientes.^{3,7} Todas as comparações foram consideradas estatisticamente significantes quando *p* < 0,05. O pacote estatístico Sigma Stat for Windows, versão 2.03, SPPS Inc., foi usado.

Resultados

Formaram a amostra 60 pacientes de ambos os sexos, com 30 pacientes em cada grupo, incluindo estado físico ASA I e II. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos quanto a gênero, idade, peso, altura e índice de massa corporal (tabela 1).

A média dos valores e dos desvios padrão da concentração de oxigênio liberado e a porcentagem de oxigênio inspirado foram registradas para os dois grupos (fig. 2). Não houve diferença na concentração de oxigênio liberado a partir de concentrador ao longo do tempo (medidas repetidas de Friedman Anova, *p* = 0,084). Houve uma melhoria significativa da FiO₂ (*p* < 0,001), que foi menor aos 10 minutos em comparação com 40 minutos e posteriormente e aos 20 minutos em comparação com 50 minutos e posteriormente

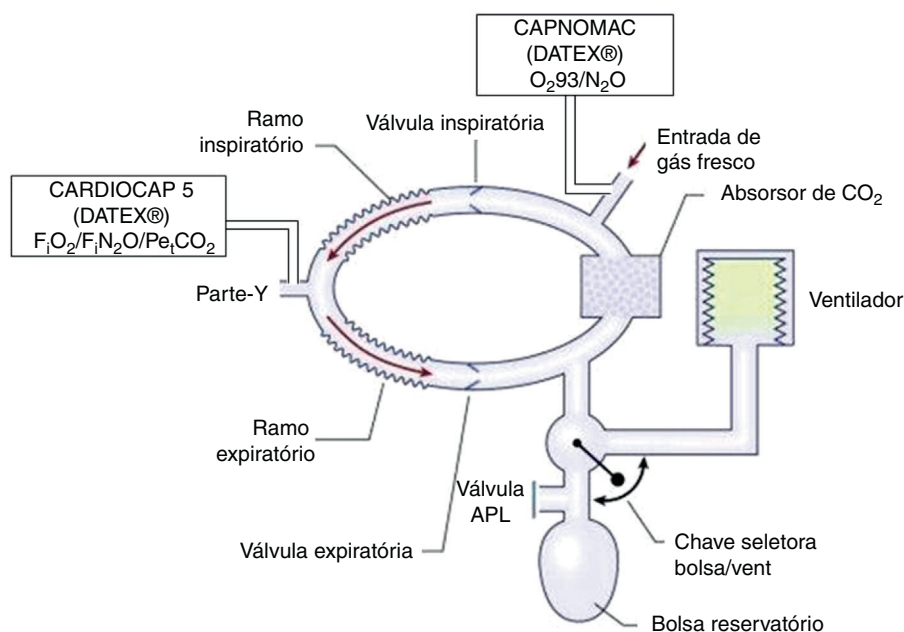


Figura 1 Monitoramento dos gases no sistema respiratório. Locais para monitoramento dos gases: o CardioCap5 mediu as frações de anestésicos voláteis, dióxido de carbono (ETCO₂), oxigênio (FiO₂) e óxido nítrico (FiN₂O) e o Capnomac mediu os gases fornecidos pela máquina aos sistemas. As amostras derivadas dessas válvulas de fluxo lateral foram ventiladas para a atmosfera.

Tabela 1 Características dos pacientes

	O293 Média ± DP	O293NO Média ± DP
Idade em anos	39,5 ± 18,3	32,9 ± 13,7
Peso (kg)	67,5 ± 12,9	70,2 ± 14,6
Altura (m)	1,67 ± 0,07	1,70 ± 0,09
IMC (kgcm ⁻²)	23,45 ± 3,71	24,16 ± 3,74
Gênero (M/F)	16/14	16/14

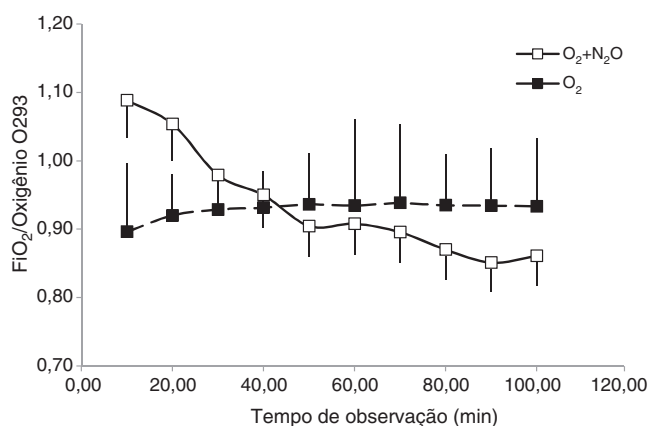


Figura 2 Proporção FiO₂/O₂ ao longo do tempo, do O293 ou em associação com óxido nítrico.

(teste de Tukey, $p < 0,05$). Também não houve diferença na concentração de oxigênio liberado ao longo do tempo para o fluxo de oxigênio fresco do concentrador no grupo que recebeu oxigênio e óxido nítrico ($p = 0,153$). No entanto, a FiO₂ mostrou um declive significativo, de 52% aos 10 minutos a 40% no fim da anestesia ($p < 0,001$). Não houve diferença no intervalo de 10 a 40 minutos, mas dos 50 aos 100 minutos

todos os valores registrados de 10 a 40 minutos foram significativamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$).

Essas mensurações foram refletidas na proporção da fração de oxigênio inspirado e fluxo fresco de oxigênio (FiO₂/fluxo de oxigênio) em ambos os grupos. No grupo que recebeu oxigênio do concentrador (O293) a proporção melhorou ao longo do tempo ($p < 0,001$). No grupo que recebeu oxigênio e óxido nítrico, a proporção da FiO₂/fluxo de oxigênio diminuiu ao longo do tempo ($p < 0,001$). Os percentis dos anestésicos inalatórios foram mantidos a critério do anestesista e o CO₂ expirado foi mantido dentro das margens esperadas, $32,47 \pm 1,59$ mmHg no grupo O293 e $32,63 \pm 1,69$ mmHg no grupo O293NO.

A oximetria de pulso foi menor antes da indução da anestesia e os valores diferiram entre os grupos ($97,7 \pm 1,2$ vs. $99,1 \pm 0,5$ para O293NO e O293, respectivamente, $p < 0,001$, *t* de Student). Após a indução, a saturação de hemoglobina (Hb) não caiu abaixo de 98,5% em ambos os grupos.

Discussão

Este estudo mostrou que a FiO₂ na mistura de O293 e o N₂O caíram de 52% para 41% durante o período de observação. A saturação de oxigênio foi superior a 98,5% durante todo o estudo e a proporção de oxigênio liberado e inspirado ficou estável ao longo do tempo, mas foi inferior a um.

Esta pesquisa confirma a estabilidade da saturação de oxigênio relatada em estudos anteriores que usaram oxigênio a partir de concentradores em um circuito de anestesia com um absorvedor de dióxido de carbono e um FGF de 500 mL por minuto.^{8,9} Embora um fluxo de oxigênio fresco de até 0,5 Lmin⁻¹ possa resultar em um acúmulo significativo de argônio em comparação com os fluxos maiores de oxigênio de 1,0 e 2,0 L por minuto,¹⁰ este estudo sugere que

tanto a FiO_2 quanto a saturação de hemoglobina ficam estáveis ao longo do tempo quando se usa um fluxo de oxigênio igual ou superior a $0,5 \text{ Lmin}^{-1}$ durante a anestesia geral em adultos saudáveis em sistema de circuito semifechado de reinalação.

A associação de oxigênio a partir de um concentrador e de óxido nitroso foi previamente estudada com FGF baixos e sugeriu-se que a fração do gás argônio era pequena e propensa a cair entre 60 e 120 minutos, mas que a concentração de óxido nitroso aumentou¹⁰. Uma mistura composta de 33% de oxigênio poderia ameaçar a concentração final por causa do acúmulo de argônio.⁸ Uma concentração ajustada de oxigênio inspiratório de 35-70% em um fluxo de gases frescos tão baixo como $0,5 \text{ Lmin}^{-1}$ não apresentou complicações e pode ser considerada segura e sem riscos de hipóxia, em sistemas de reinalação e circuitos fechados, de acordo com as medições da concentração de O_2 no gás inspirado.¹¹ Como salientado, se o oxigênio usado como gás fresco for proveniente de concentradores de oxigênio, a concentração de argônio pode aumentar até 2%. Argônio é inerte e não tem efeito tóxico sobre outros gases; por exemplo, oxigênio e outros agentes inalatórios potentes.¹²

No presente estudo, o uso de 50% de oxigênio a partir de um concentrador propiciou a queda da FiO_2 de 52% para 41%, embora a proporção de oxigênio liberado e inspirado tenha atingido um patamar. A absorção de óxido nitroso pelo paciente é inicialmente elevada, mas diminui ao longo do tempo. Isso significa que haverá uma preponderância de óxido nitroso sobre o oxigênio no gás que permanece no sistema respiratório após a captação do gás pelo paciente. Esse gás será expelido para fora do circuito, mas a concentração de oxigênio no sistema cairá para a fração de oxigênio remanescente após a captação do gás. O N_2O alterou o oxigênio final oferecido ao sistema respiratório, pois a porcentagem de oxigênio do concentrador não caiu em qualquer momento em nenhum dos grupos.

Em contraste, o uso exclusivo de oxigênio de um concentrador causou o aumento da FiO_2 , com uma proporção estável de oxigênio liberado e inspirado. Esse comportamento é o resultado do nitrogênio introduzido no sistema respiratório pelo paciente a partir dos volumes dissolvidos nos músculos e na gordura, que saem da solução durante a hora seguinte após a intubação. Essa taxa de excreção de nitrogênio diminui ao longo do tempo e essa pode ser a razão pela qual a FiO_2 aumentou no grupo oxigênio puro.

Esses resultados podem acrescentar à literatura que os concentradores de oxigênio são custo-efetivos, confiáveis e convenientes para o suprimento de oxigênio, especialmente em regiões subdesenvolvidas e com orçamentos baixos.¹³ Apresenta resultados que sugerem que o oxigênio a partir do concentrador proporciona um FGF estável quando adicionado ao óxido nitroso em volumes de 50:50. Os cilindros de oxigênio pressurizados são caros porque incluem o custo de transporte, enquanto os concentradores de oxigênio devidamente mantidos podem fornecer uma solução de baixo custo altamente eficaz e fácil de usar para os serviços de saúde dos países em desenvolvimento. O retorno do investimento pode ser obtido dentro de 1-2 anos¹⁴. Ao descrever uma prática moderna de conduta, o departamento de anestesia de um hospital de um país carente estabeleceu como norma o

uso do concentrador de oxigênio para reduzir os custos com oxigênio.¹⁵

O uso de óxido nitroso continua sendo uma fonte de controvérsia em anestesia. No estudo Enigma, que avaliou o óxido nitroso em uma mistura de gases para anestesia, os autores relataram que o uso de óxido nitroso aumenta as complicações pós-operatórias e pode contribuir para a disfunção cognitiva em jovens e idosos. Contudo, as evidências atuais que apoiam uma proibição mais difundida na prática clínica não são convincentes.^{16,17} Porque as casualidades relacionadas ao óxido nitroso em anestesia são raras, mas geralmente instauram processos judiciais, elas quase sempre atraem uma grande atenção da mídia.¹⁸ Assim, a Suécia aboliu o uso de óxido nitroso sem insatisfação por parte dos anestesiólogos e nenhum aumento no uso de outros agentes anestésicos, como esperado.¹⁹ Não obstante, um grande estudo recente de cirurgias não cardíacas sugere que o uso desse gás no intraoperatório foi associado à diminuição da probabilidade de mortalidade em 30 dias e da morbidade/mortalidade intra-hospitalar.²⁰

Os concentradores de oxigênio fornecem uma fonte consistente e menos dispendiosa de oxigênio em unidades de saúde onde as fontes de energia são confiáveis. A ameaça de uma mistura hipóxica resultante do acúmulo de argônio deve ser protegida contra o uso de um analisador de oxigênio no circuito de gás inspirado, bem como de um oxímetro de pulso.

A FiO_2 na mistura de O293 e óxido nitroso diminuiu durante o período de observação, embora a saturação de oxigênio tenha sido superior a 98,5% durante todo o estudo. Os concentradores podem ser considerados uma fonte estável de oxigênio para uso durante procedimentos anestésicos de curta duração, quer puro ou em associação com óxido nitroso em volumes de 50:50.

Autoria

Jorge Ronaldo Moll projetou o estudo, coletou e analisou os dados, elaborou e revisou o manuscrito; Joaquim Edson Vieira revisou e analisou os dados e elaborou o manuscrito; Judymara Lauzi Gozzani projetou o estudo e preparou o manuscrito; Lígia Andrade Silva Telles Mathias projetou o estudo, elaborou e revisou o manuscrito.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Bibliografia

1. Friesen RM, Raber MB, Reimer DH. Oxygen concentrators: a primary oxygen supply source. *Can J Anaesth.* 1999;46:1185-90.
2. Arrowsmith LW. Oxygen concentrators for medical gas pipeline systems. *J Inst Hosp Eng.* 1989;43:6-8.
3. Moll JR, Moll AVS, Guttman A, et al. Usinas concentradoras de oxigênio: evolução da fração inspirada de oxigênio e repercussões no paciente anestesiado em sistema com absorvedor de CO_2 . Estudo piloto. *Rev Bras Anesthesiol.* 2007;57:649-57 [Portuguese].

4. Carter JA, Baskett PFJ, Simpson PJ. The 'PermoX' oxygen concentrator. Its mode of action, performance and potential application. *Anaesthesia*. 1985;40:560–5.
5. Fenton PM. The Malawi anaesthetic machine. Experience with a new type of anaesthetic apparatus for developing countries. *Anaesthesia*. 1989;44:498–503.
6. Shrestha BM, Singh BB, Gautam MP, et al. The oxygen concentrator is a suitable alternative to oxygen cylinders in Nepal. *Can J Anaesth*. 2002;49:8–12.
7. Whitley E, Ball J. Statistics review 3: sample size calculation. *Crit Care*. 2002;6:335–41.
8. Parker CJ, Snowdon SL. Predicted and measured oxygen concentrations in the circle system using low fresh gas flows with oxygen supplied by an oxygen concentrator. *Br J Anaesth*. 1988;61:397–402.
9. Friesen RM. Oxygen concentrators and the practice of anaesthesia. *Can J Anaesth*. 1992;39:R80–9.
10. Grano JT, Roberts AL, Bigley AJ. Determination of the minimal fresh gas flow to maintain a therapeutic inspired oxygen concentration in a semi closed anesthesia circle system using an oxygen concentrator as the oxygen source. Technical Report. Houston: Texas Univ. Health Science Center at Houston. School of Nursing; 2001. HSC-SN-00-022. Available at: <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA426737>
11. Rathgeber J, Züchner K, Kietzmann D, et al. Efficiency of a mobile oxygen concentrator for mechanical ventilation in anesthesia. Studies with a metabolic lung model and early clinical results. *Anaesthesist*. 1995;44:643–50.
12. Brattwall M, Warrén-Stomberg M, Hesselvik F, et al. Brief review: theory and practice of minimal fresh gas flow anaesthesia. *Can J Anaesth*. 2012;59:785–97.
13. Mokuolu OA, Ajayi OA. Use of an oxygen concentrator in a Nigerian neonatal unit: economic implications and reliability. *Ann Trop Paediatr*. 2002;22:209–12.
14. L'Her P, Tchoua R, Hutin R, et al. The problem of oxygen in developing countries. *Med Trop (Mars)*. 2006;66:631–8.
15. Shankar KB, Moseley HS, Mushlin PS, et al. Anaesthesia in Barbados. *Can J Anaesth*. 1997;44:559–68.
16. Sanders RD, Weimann J, Maze M. Biologic effects of nitrous oxide: a mechanistic and toxicologic review. *Anesthesiology*. 2008;109:707–22.
17. Myles PS, Leslie K, Chan MT, et al. Avoidance of nitrous oxide for patients undergoing major surgery: a randomized controlled trial. *Anesthesiology*. 2007;107:221–31.
18. Herff H, Paal P, von Goedecke A, et al. Fatal errors in nitrous oxide delivery. *Anaesthesia*. 2007;62:1202–6.
19. Enlund M, Edmark L, Revenäs B. Ceasing routine use of nitrous oxide – a follow up. *Br J Anaesth*. 2003;90:686–8.
20. Turan A, Mascha EJ, You J, et al. The association between nitrous oxide and postoperative mortality and morbidity after noncardiac surgery. *Anesth Analg*. 2013;116:1026–33.