

## Interakcija med absorbentom CO<sub>2</sub> in lahko-hlapnim anestetikom v krožnem anestezijskem dihalnem sistemu

Interaction between carbon dioxide absorbents and volatile anaesthetics in a closed anaesthesia breathing system

Miljenko Križmarič, Aleksander Manohin

<sup>1</sup> Medicinska fakulteta Univerze v Mariboru

<sup>2</sup> Univerzitetni klinični center Ljubljana, Klinični oddelek za anesteziologijo in intenzivno terapijo operativnih strok

### Korespondenca/ Correspondence:

prof. dr. Aleksander Manohin, dr. med.  
Univerzitetni klinični center Ljubljana  
Klinični oddelek za anesteziologijo in intenzivno terapijo operativnih strok  
Zaloška cesta 7, SI-1000 Ljubljana  
aleksander.manohin@kclj.si

### Ključne besede:

anestezijski aparat, anestezijski dihalni sistem, absorber CO<sub>2</sub>, izsušitev absorbenta

### Key words:

anesthesia machine, anesthesia breathing system, CO<sub>2</sub> absorbents, absorbent desiccation

### Izvleček

**Izhodišča:** Izsušenost zrn absorbenta v absorberju ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) v anestezijskem dihalnem sistemu (ADS) povzroča odstopanje med želeno (odbrano) in dejansko (izmerjeno) vrednostjo lahko-hlapnega anestetika; izmerjena vrednost je manjša od odbrane, zato bolnika težko uvedemo v anestezijo. Poleg tega pa zaradi zapletene interakcije med zrnici v absorberju in anestetikom v ADS nastajajo strupeni plini, ki jih ne moremo zaznati s standardnim merjenjem spremenljivk med anestezijo. Namen prispevka je preveriti, ali zdravstveno osebje, ki skrbi za zamenjavo zrn v absorberju, pozna ta problem, in podati smernice za njegovo preprečevanje.

**Metode:** V deskriptivni študiji smo podatke zbrali z anketnim vprašalnikom odprtega tipa. Pilotsko raziskavo smo izvedli na vzorcu 25 anestezijskih medicinskih sester iz petih slovenskih splošnih bolnišnic, kjer se izvajajo operativni posegi v splošni anesteziji.

**Rezultati:** Ugotovili smo, da je 92 % udeležencev raziskave že opazilo neskladja med odbrano in izmerjeno koncentracijo anestetika, ki je nihala med 10 % in 50 %. Velik delež anketiranih anestezijskih medicinskih sester (64 %) ne razmišlja, da bi lahko bil vzrok v absorberju. Samo en odgovor v anketnem vprašalniku je omenjal pravi vzrok težav – izsušena zrnca v absorberju. Smernice za zamenjavo zrn v absorberju se med bolnišnicami razlikujejo, tako da se absorbent zamenjuje v različnih intervalih.

**Razpravljanje:** Pravi vzrok večjega odstopanja koncentracij anestetika zaradi izsušitve večini anketirancev ni znan. Izsuševanje zrn v absorberju lahko preprečimo z ustrezno pripravljenimi smernicami, v katerih poskrbimo za zamenjavo absorbenta v ustreznih intervalih in ob pravem času.

### Abstract

**Background:** Desiccation of the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) absorbent in an anaesthetic breathing system results in a discrepancy between the desired (selected) and actual (measured) levels of volatile anaesthetic; the measured value is lower than the selected value, which may make the induction of anaesthesia difficult. Moreover, because of a complicated interaction between the absorbent and the anaesthetic agent, toxic gases are formed within the system, which cannot be detected by standard monitoring during anaesthesia. The aim of this study was to check if the personnel responsible for changing the absorbent are aware of this problem, and to provide guidelines for its prevention.

**Method:** A descriptive pilot study was conducted on a sample of 25 anaesthesia nurses from five Slovene hospitals performing surgical procedures under general anaesthesia. Data was gathered with an open-type questionnaire.

**Results:** We found that 92 % of the study participants had noticed discrepancies between the selected and measured levels of anaesthetic agent in the breathing system, which ranged between

**Citirajte kot/Cite as:**  
Zdrav Vestn 2011;  
80: 820–3

Prispelo: 23. mar. 2011,  
Sprejeto: 10. jun. 2011

10 % and 50 %. A large proportion of the nurses (64 %) did not consider CO<sub>2</sub> absorber to be a possible source of the observed discrepancies. Only one nurse knew that the problem was caused by absorbent desiccation. Guidelines for absorbent replacement vary among hospitals, and so absorbents are changed at different intervals.

**Conclusion:** The majority of nurses in our study were not aware that absorbent desiccation can significantly reduce the level of volatile anaesthetics in the breathing system. The problem can be prevented by adopting appropriate guidelines, which guarantee that absorbents are changed regularly as required.

## Uvod

Krožni anestezijski dihalni sistem (ADS) povezuje bolnikova dihala z anestezijskim aparatom in dovaja bolniku dihalno zmes, ki vsebuje kisik, lahkoahlapni anestetik in dušikov oksidul ali zrak.<sup>1</sup> Bolniku se med splošno anestezijo že izdihana dihalna zmes ponovno vrača v dihala. Na ta način zagotavljamo ekonomičnost zaradi cenovno dragega anestetika in zmanjšamo obremenitve okolja, hkrati pa zmanjšujemo ohlajanje in sušenje sluznice bolnikovih dihalnih poti, ker so že izdihani plini v primerjavi s svežini toplejši in vlažnejši. Izdihani ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) se mora iz ADS odstraniti, kar je naloga absorbenta CO<sub>2</sub> v absorberju. Absorbent mora za svoje ustrezno delovanje vsebovati med 13 % in 15 % vlage,<sup>2</sup> za njegovo zamenjavo pa skrbijo medicinske sestre pri anesteziji, ki ga ponavadi zamenjajo, ko se ustrezno obarva ali po preteku določenega časa. Vlaga je v absorbentu potrebna zaradi vzdrževanja kemijskih reakcij, v katerih CO<sub>2</sub> reagira z različnimi hidroksoidi v zrnkih.

V posebnih primerih se lahko absorbent izsuši; in pri vlagi, manjši od 2 %, prične na sebe vezati lahkoahlapni anestetik.<sup>3</sup> V tem trenutku se odbrana koncentracija anestetika ne ujema z izmerjeno koncentracijo na anestezijskem aparatu, temperatura pa se v

absorberju nekoliko dvigne.<sup>4</sup> Del lahkoahlapnega anestetika se v izsušenem absorbentu razgradi zaradi vezave na močne bazične hidroksidne spojine (natrijev in kalijev hidroksid – NaOH in KOH) v absorbentu. Kalijev hidroksid (KOH) je še posebej močno reaktivna baza, ki jo vsebujejo nekateri absorbenti. Zaradi takšne razgradnje anestetika pri interakciji z absorbentom lahko v ADS nastanejo strupeni plini, nevarni za bolnika. Zaradi interakcije anestetika z absorbentom nastane strupeni ogljikov monoksid (CO).<sup>2</sup> Pri interakciji absorbenta in sevoflurana nastaja tudi posebna spojina A (CF<sub>2</sub> = C(CF<sub>3</sub>)-O-CH<sub>2</sub>F) (angl. *Compound A*),<sup>5</sup> ki je bila dokazana kot nefrotoksična pri poskusih na podganah.<sup>6</sup> Z večanjem koncentracije sevoflurana se povečuje koncentracija spojine A.<sup>7</sup> Za to spojino niso dokazali, da bi imela toksične učinke za bolnika, vsekakor pa so potrebne še dodatne raziskave.<sup>8</sup> Zaradi interakcije anestetika z absorbentom nastane strupeni ogljikov monoksid (CO).<sup>2,9,10,11</sup>

Zdravstveno osebje, ki je odgovorno za menjavo absorbenta, mora vedeti, v katerih okoliščinah se opisani pojavi lahko zgodijo in kako jih lahko preprečimo.

Namen prispevka je bil zbrati podatke o tem, ali se osebje, ki skrbi za zamenjavo ab-

**Tabela 1:** Anketni vprašalnik.

### Krožni anestezijski dihalni sistem: absorbent in hlapilnik

1. Kateri tip CO<sub>2</sub> absorbenta in kateri lahkoahlapni anestetik uporabljate?
2. Ali imate standard za zamenjavo CO<sub>2</sub> absorbenta?
3. Ali ste kdaj opazili odstopanja izmerjene vrednosti lahkoahlapnega anestetika od nastavljenih vrednosti na hlapilniku?
  - ▶ Ali je bil znan vzrok odstopanja?
  - ▶ Kako ste ukrepali in kdaj se je to dogajalo?
  - ▶ Koliko približno so znašala odstopanja izmerjenih vrednosti anestetika od nastavljenih?
  - ▶ Na katerem tipu anestezijskega aparata se je to zgodilo in kateri absorbent ste takrat uporabljali?
4. Se je kdaj zgodilo, da se je zelo povišala temperatura absorberja?
5. Ali ste doživeli kakršen koli zaplet z absorberjem?

Tabela 2: Sestava posameznih absorbentov.

Proizvajalec	Ime	H <sub>2</sub> O %	NaOH %	KOH %	Ca(OH) <sub>2</sub> %	Drugo
Intersurgical	Spherasorb®	13,5–17,5	< 2	0,0	75–80	4–5 % zeolit
Intersurgical	LoFloSorb®	13,5–17,5	0,0	0,0	75–80	6–7 % S <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (kremen)
Dräger	Drägersorb 800 Plus®	14–18	2–4	0,0	78–84	

sorbenta, zaveda razlogov za zamenjavo, in ali ravna po navodilih.

## Metode

V letu 2010 smo poslali anketni vprašalnik medicinskim sestram pri anesteziji v petih slovenskih bolnišnicah, kjer izvajajo posege med splošno anestezijo. Tabela 1 predstavlja strukturo anketnega vprašalnika odprtega tipa. Namen raziskave je bil ugotoviti, katere vrste absorbentov in lahkih anestetikov uporabljajo zdravstveni delavci v bolnišnicah. Zanimalo nas je tudi, v kolikšni meri se pojavlja neujemanje med odbrano in izmerjeno koncentracijo lahkih anestetika. Prav tako nas je zanimalo, kdaj se ta neujemanja koncentracij dogajajo.

Poudarek v anketi je bil v iskanju informacij, ali udeleženci raziskave povezujejo zmanjšanje izmerjene koncentracije anestetika glede na odbrano koncentracijo s težavami v absorberju. Rezultate smo predstavili opisno.

## Rezultati

Na anketni vprašalnik je odgovorilo 25 medicinskih sester pri anesteziji. Na podlagi odgovorov lahko zaključimo, da udeleženci raziskave uporabljajo dva lahkih anestetika: sevofluran in izofluran. Ugotovljamo, da se uporabljajo tri različne vrste absorbentov, ki jih predstavljamo v Tabeli 2. Podatke o sestavi absorbentov smo pridobili od proizvajalcev.

Kot je razvidno iz Tabele 2, noben absorbent ne vsebuje kalijevega hidroksida (KOH), dva absorbenta pa vsebujeta natrijev hidroksid (NaOH): Spherasorb® in Drägersorb 800 Plus®. Absorbent brez močnih baz (KOH in NaOH) je bil samo LoFlo-

Sorb® proizvajalca Intersurgical. Anketiranci imajo v dveh bolnišnicah izdelan standard za zamenjavo absorbenta in ga zamenjajo, če absorbent spremeni barvo. Absorbent zamenjajo vsake 4 ure uporabe, ali kadar se povečuje koncentracija CO<sub>2</sub> med vdihom. Če se absorbent ne uporablja, ga anketiranci zamenjajo vsake 3–4 tedne.

Udeleženci raziskave so že opazili odstopanja izmerjenih vrednosti lahkih anestetika od odbranih vrednosti (v 92 % primerov). Odstopanja so bila od 10 % do 50 % glede na odbrano vrednost lahkih anestetika. Večina anketirancev (64 %) ne ve, zakaj prihaja do razlik v koncentracijah, medtem ko jih 36 % navaja kot vzrok iztrošenost absorbenta ali napako v cevki za jemanje vzorcev plina. Udeleženci raziskave so ob odstopanju ponavadi zamenjali absorbent ali preverili oziroma močnejše pritrdili spojke cevi v ADS. Samo v enem odgovoru je bilo omenjeno, da je lahko težava v izsušenem absorberju. Težava je nastajala na starejših tipih anestezijskih aparatov (Cato, Julian in Sulla) in pred pričetkom anestezije. Anketiranci niso navedli sprememb temperature v absorberju ali kakršnih koli težav v zvezi z absorberjem.

## Razpravljanje in sklepi

Uporabila sva deskriptivno metodo, ki je nasprotje analitični metodi. Njen namen je zbrati in predstaviti podatke ter na njihovi osnovi ugotoviti dejansko stanje in izdelati navodila za nadaljnje delo.

Iz ankete je razvidno, da so anketiranci opazili neujemanje odbrane in dejanske koncentracije lahkih anestetika, vendar pravega vzroka niso ugotovili. To po eni strani pomeni, da je potrebno vsem tistim, ki so odgovorni za zamenjavo absorbenta, jasno predstaviti delovanje absorberja, vzro-

ke za nastanek omenjenega nesorazmerja in možnosti za preprečevanje tega pojava. Ni dovolj, da osebe samo 'strese' zrnca v absorber, ampak mora tudi razumeti, kaj se v njem dogaja.

Glede na rezultate pilotske raziskave predlagamo naslednja dopolnila smernic za zamenjavo absorbenta:

- potrebno je preveriti, ali so ob koncu klinične uporabe popolnoma zaprti vsi pretoki plinov na anestezijskem aparatu;
- potrebno je preveriti, ali je hlapilnik zaprt;
- absorbent je potrebno, ne glede na uporabo, zamenjati po največ enem tednu;
- odprta embalaža z absorbentom se mora porabiti največ v mesecu dni;
- če se pomisli, da je absorbent izsušen, ga je potrebno zamenjati s svežim.

## Literatura

1. Manohin A, Križmarić M. Temeljne fizikalne osnove v anesteziologiji, anestezijski aparat, anestezijski dihalni sistemi in anestezijski ventilator. Maribor: Visoka zdravstvena šola; 2006.
2. Fang ZX, Eger EI 2nd, Laster MJ, Chortkoff BS, Kandel L, Ionescu P. Carbon monoxide production from degradation of desflurane, enflurane, isoflurane, halothane, and sevoflurane by soda lime and Baralyme. *Anesth Analg.* 1995; 80: 1187–93.
3. Davey AJ. Breathing systems and their components. In: Davey AJ, Diba A, eds. *Ward's anaesthetic equipment*. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005. p. 142–146.
4. Laster MJ, Eger EI 2nd. Temperatures in soda lime during degradation of desflurane, isoflurane, and sevoflurane by desiccated soda lime. *Anesth Analg.* 2005; 101: 753–7.
5. Bito H, Ikeda K. Closed-circuit anesthesia with sevoflurane in humans: effects on renal and hepatic function and concentrations of breakdown products with soda lime in the circuit. *Anesthesiology* 1994; 80: 71–6.
6. Gonsowski CT, Laster MJ, Eger EI 2nd, Ferrell LD, Kerschmann RL. Toxicity of compound A in rats. Effect of a 3-hour administration. *Anesthesiology*. 1994; 80: 556–65.
7. Morio M, Fujii K, Satoh N, Imai M, Kawakami U, Mizuno T, et al. Reaction of sevoflurane and its degradation products with soda lime. Toxicity of the byproducts. *Anesthesiology*. 1992; 77: 1155–64.
8. Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, Cahalan MK, Stock MC. *Clinical Anesthesia*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2009.
9. Levy RJ, Nasr VG, Rivera O, Roberts R, Slack M, Kanter JP, et al. Detection of carbon monoxide during routine anesthetics in infants and children. *Anesth Analg.* 2010; 110: 747–53.
10. Moon RE, Meyer AF, Scott DL, Fox E, Millington DS, Norwood DL. Intraoperative carbon monoxide toxicity. *Anesthesiology* 1990; 73:A1049.
11. Moon RE, Ingram C, Brunner EA, Meyer AF. Spontaneous generation of carbon monoxide within anesthetic circuits. *Anesthesiology* 1991; 75:A873.