

ANESTEZIA CU FLUX REDUS

Leonard Azamfirei¹, Ruxandra Copotoiu¹, Sanda-Maria Copotoiu¹

19

Definiții de termeni

Anestezia cu flux redus – tehnică inhalatorie în care este utilizat un sistem de circuit cu absorbant prin care circulă un flux de gaz proaspăt mai scăzut decât volumul alveolar pe minut al pacientului.

În prezent se definesc:

- anestezia cu flux redus - anestezia administrată utilizând un flux de gaz proaspăt mai mic de 1,5l/min, dar menținut ușor deasupra capacității de absorbție a pacientului, luând în considerație existența unui flux redus de gaz în exces care părăsește circuitul prin valva de exces de gaz.
- anestezia cu flux minim - anestezia în care fluxul de gaz proaspăt este 0.5l/min. (1)

Bazele fizice ale absorbției gazelor

a) **Absorbția oxigenului:** la baza calculării necesarului efectiv de gaze stă formula lui Brody pentru aportul oxigenului:

$$VO_2 = 10 \times BW \text{ (kg)}^{3/4} \text{ (ml/min)},$$

unde BW este greutatea corporală în kilograme.

Consumul de oxigen poate fi mai ușor de calculat după formula:

$$VO_2 = 3.5 \times BW \text{ (ml/min)}$$

b) **Absorbția de N₂O:** la baza calculării absorbției stă formula (2):

$$VN_2O = 1000 \text{ t}^{1/2} \text{ (ml/min)}$$

¹ Disciplina Anestezie-Terapie Intensivă, Universitatea de Medicină și Farmacie Tîrgu Mureș

Exemplu de calcul: la o greutate corporală de 70 de kilograme utilizând 70% N₂O, vom avea un ritm de absorbție după cum urmează:

- 1000 ml în primul minut
- 200 ml/min după 25 minute
- 140 ml/min după 50 minute
- 90 ml/min după 120 minute

c) **Absorbția de agenți inhalatori.** Indiferent de agentul în cauză, absorbția poate fi calculată, utilizând **formula lui Lowe**:

$$V_{an} = f * MAC * \lambda_{B/G} * Q * t^{1/2} \text{ (ml/min)},$$

unde: f = factor care definește concentrația inhalatorie care este suficientă pentru lipsa unui răspuns la incizia pielii la un MAC aproximativ 1,3, $\lambda_{B/G}$ = coeficientul de partiție sânge/gaz; Q = volumul bătaie; T = timpul.

Particularități de tehnică

Cunoașterea comportamentului concentrațiilor de gaz într-un sistem de circuite precum și dependența lor de diferite fluxuri de gaz proaspăt sunt foarte importante, mai ales când se lucrează cu fluxuri mici.

Există câteva cerințe tehnice, care deși sunt valabile și în anestezia cu flux normal, impactul lor este mai mare în anestezia cu flux redus.

- Sisteme perfecte de recirculare cu absorbția CO₂
- Debitmetre precise pentru identificarea exactă a modificărilor mici ale fluxului de gaz proaspăt de sub 1l/min
- Sisteme fără pierderi. Testul de pierderi gazoase trebuie să fie <150ml/min la o presiune de testare de 30cm H₂O. Ridicarea burdufului dar fără atingerea părții superioare a camerei burdufului poate indica o pierdere în sistem.
- Sistemul respirator trebuie să aibă un volum intern minim și un număr de componente și conexiuni minim.
- Monitorizarea continuă a gazelor trebuie realizată permanent. Din punct de vedere clinic, măsurarea concentrațiilor de gaz în apropierea piesei în Y este esențială pentru controlul concentrației alveolare de gaz a pacientului. (1)

Avantajele anesteziei cu flux redus

a) Beneficii asupra pacientului

Gazele anestezice administrate prin flux înalt de gaz proaspăt sunt, de obicei uscate și reci. Prin reducerea fluxului de aer proaspăt se realizează recircularea gazelor în circuit, acestea devenind mai umede și mai calde.

Cu un flux de aer proaspăt mai scăzut gazele circulă în mod repetat prin absorbantul de CO_2 . În consecință, prin procesul chimic de absorbție al CO_2 se produce mai multă căldură și umidificare.

Inspirul unor gaze umede și calde este benefic pentru pacient deoarece ajută la menținerea caldurii corporale, previne frisoanele postoperatorii precum și uscarea căilor respiratorii.

Intubația traheală scurtcircuitează căile respiratorii superioare eliminând astfel efectul principal al gazelor inhalate: încălzirea și umidificarea. În cazul pacientului cu respirații spontane, granița saturației izotermice a amestecului gazos (punctul în care gazele ating 37°C și 100% umiditate) este localizată la nivelul generației bronhiale 4-5. După intubația orotraheală, ca o consecință a scurtcircuitării căilor respiratorii superioare, acest punct izotermic este coborât cu aproximativ 10 cm, situație dezavantajoasă pentru schimburile gazoase fiziologice. (3, 4)

b) Beneficii economice

Peste 80% din gazele anestezice sunt pierdute când sunt utilizate fluxuri de 5l/min. Există studii care dovedesc că utilizarea de tehnici anestezice cu fluxuri reduse și minime pot reduce semnificativ costul total al anestezicelor volatile. De exemplu, reducerea fluxului de gaz proaspăt de la 3l/min la 1l/min are ca rezultat o economisire de aproximativ 50% a consumului total de agent volatil. (1)

c) Beneficii asupra mediului înconjurător

Anestezia cu flux ridicat poluează inevitabil mediul înconjurător. N_2O , de exemplu, este un important gaz de seră și se estimează că ar fi responsabil pentru aproximativ 10% din acest efect. Reducerea fluxului de gaz proaspăt eliberează o cantitate mai redusă de agenți anestezici în mediu, rezultatul fiind o reducere a poluării.

Toate gazele produse de aparatele de anestezie, sunt eliberate în atmosferă. Halotanul, Isofluranul, Enfluranul conțin clorină. Acești agenți sunt considerați a avea un potențial crescut de afectare a stratului de ozon. Stabilitatea acestor molecule permite trecerea lor spre stratosferă unde radiațiile UV în cantități ridicate determină disocierea lor eliberând clorina care acționează ca un catalizator în distrugerea stratului de ozon. N_2O este, de asemenea, catalizator într-o reacție analoagă. Trebuie însă recunoscut însă că impactul este minim, beneficiul fiind mai mult de natură a caracteriza o anumită atitudine. (4)

Limitele și dezavantajele anesteziei cu flux redus

a) Limitele vaporizoarelor utilizate în prezent

Vaporizoarele moderne sunt puțin diferite de cele utilizate în anii 1960. Acestea sunt produse pentru a fi utilizate cu fluxuri ridicate de aer proaspăt, ceea ce solicită din partea vaporizatorului o capacitate termică înaltă, compensare de temperatură și precizie înaltă. Utilizarea anesteziei cu flux redus face aceste caracteristici inutile și ridică întrebarea dacă într-adevăr se asigură o cantitate adecvată de agent volatil în sistemul respirator.

b) Acumularea de gaze nedorite în sistemul respirator

Dacă o cantitate redusă de gaz este introdusă în sistemul respirator este evident că va fi eliminat și mai puțin gaz (sau deloc). Ca o consecință a neeliminării gazelor din sistem, orice gaze introduse, care nu sunt absorbite vor avea tendința de acumulare. Din aceste categorii de gaze fac parte: gazele expirate de către pacient, reziduuri ale gazelor medicale sau produșii de reacție dintre agenții chimici utilizați pentru absorbția CO_2 . (5)

Substanțele eliminate de pacient sunt: alcoolul, acetona, CO și CH_4 . În consecință, utilizarea anesteziei cu flux redus este contraindicată la pacienții cu intoxicații, cu status diabetic decompensat sau care suferă de intoxicație cu CO .

- CO - este un produs al metabolismului proteic. Co-oximetria în timpul unei anestezii prelungite cu flux redus va releva o cantitate de carboxihemoglobină ușor crescută și stabilă. Aceasta depășește rareori 3-4% chiar după câteva ore. (6)
- CH_4 - este produs de *Methanobacterium ruminatum* în intestinul gros la aproape 30% din populație. Cantitățile acumulate sunt mult mai scăzute decât limita sa de inflamabilitate fiind și inert din punct de vedere biologic. Importanța sa este aceea că absoarbe lumina infra roșie la $3.3\mu\text{m}$ de aproape zece ori mai mult decât halotanul și poate conduce la evaluări eronate ale agenților volatili. (7)
- Produșii de reacție cu absorbantii - reacțiile chimice diferite cu câteva tipuri de absorbantii pot fi importante deoarece, din cauza unor erori materiale, pot rezulta compuși toxici:
 - tricloretilena poate fi scindată la fosgen (un gaz foarte toxic)
 - halotanul poate reacționa cu epuratorul și produce acid hidroflic și bromoclorodifluoretilena. (8, 9)

Cum ajustăm fluxul de gaz proaspăt în diferite faze ale anesteziei cu flux redus?

Premedicația, preoxigenarea și inducția sunt efectuate conform practicii obișnuite. Ajustările necesare în cadrul anesteziei cu flux de gaz proaspăt scăzut pot fi sistematizate în trei faze:

1. **Faza de flux inițial înalt** - la începutul anesteziei, un flux înalt de gaz proaspăt de 5-6l/min este necesar pentru a elimina azotul din țesuturile pacientului. Fluxul inițial înalt facilitează umplerea sistemului cu o compoziție de gaz dorită care, în schimb, influențează absorbția și distribuția gazelor anestezice la nivelul organismului.
2. **Faza de flux redus** - urmează fazei de flux înalt, și durează între 5-15 minute sau până când concentrația țintă de gaz anestezic a fost atinsă. La acel moment, fluxul de gaz proaspăt poate fi redus la nivelul dorit. Cu cât este mai redus fluxul de gaz proaspăt, cu atât este mai mare diferența în circuitul respirator, dintre setările vaporizorului și concentrația de gaz anestezic inspirată. În mod similar, cu un flux scăzut de gaz proaspăt, intervalul de atingere a concentrației dorite de gaz inspirat va fi prelungit. Prin urmare, monitorizarea oxigenului și a agentului anestezic sunt esențiale și necesare în anestezia cu flux redus.
3. **Faza de recuperare** - la sfârșitul anesteziei, un flux crescut de gaz proaspăt, de obicei 100% oxigen, este necesar pentru a facilita eliminarea agentului anestezic din organismul pacientului și pentru a direcționa agentul către sistemul de epurare. (1)

Aplicabilitatea clinică

Astăzi anestezia cu flux redus este o procedură atât de simplă și sigură încât nu sunt motive de nu fi utilizată de rutină. Există uneori rețineri în a utiliza anestezia cu flux redus în anumite situații specifice: poziția ventrală, chirurgia toracică sau la anumite categorii de pacienți cu respirații spontane sau cu mască laringiană. Cu toate acestea, există evidențe că masca laringiană s-a dovedit a fi eficientă și în anestezia cu flux redus în pediatrie cât și la adulți. (10)

Unii anesteziști evită să lucreze cu fluxuri de gaz proaspăt mai mici de 1l/min din cauza unor argumente personale mai mult subiective:

- cunoștințe incomplete asupra legilor gazelor și fizică, aplicate în anestezia clinică;
- informații neactualizate despre farmacocinetica și farmacodinamica agenților halogenați;
- lipsa acurateții sau performanțele limitate ale aparatelor de anestezie utilizate în anestezie până la sfârșitul anilor 1990.

În 1994 în S.U.A, 90% dintre anesteziști foloseau 2-5l/min flux de gaz proaspăt și doar 10% dintre anesteziști foloseau un flux de gaz proaspăt mai mic de 1l/min. Introducerea pe piață a agenților halogenați cu solubilitate redusă și dezvoltarea tehnologică a ventilatoarelor de mare performanță, prevăzute cu sisteme de control de feed-back și cu sisteme de monitorizare de înaltă precizie au făcut anestezia cu flux redus sigură și fezabilă. (11)

Ca și celelalte tehnici de anestezie, și anestezia cu flux redus are și ea contraindicațiile sale și anesteziștii trebuie să cunoască riscurile și limitele acestei metode. Potențialele riscuri asociate anesteziei cu flux redus sunt hipoxia accidentală, hipercapnia, profunzimea neadecvată a anesteziei și acumularea de gaze potențial toxice. (13)

Cunoștințele de bază despre absorbția și distribuția gazelor anestezice și monitorizarea adecvată a pacientului prin pulsoximetrie, capnometrie, monitorizarea oxigenului inspirat și analiza gazului anestezic, sunt necesare pentru a realiza o anestezie generală cu fluxuri de gaz proaspăt reduse în condiții de siguranță.

BIBLIOGRAFIE:

1. Baum J. Low Flow Anaesthesia. 2nd Edn. Butterworths; 2001.
2. Virtue R. Minimal flow nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology* 1974;40:196-8.
3. Fang Z, Eger E. Anesthesia Patient Safety Foundation Newsletter. Vol. 9. 1994. p. 25-36.
4. Fang Z, Eger E, Laster M, Chortkoff B, 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.
5. Murray J, Renfrew C, Bedi A, McCrystal C, Jones D, Fee J. Amsorb. A new carbon dioxide absorbent for use in anesthetic breathing systems. *Anesthesiology* 1999;91:1342-8.
6. Holak E, Mei D, Dunning M, et al. Carbon monoxide production from sevoflurane breakdown: Modelling of exposures under clinical conditions; *Anesth Analg* 2003; 96: 757-64.
7. Janshon G, Dudziak R. Anaesthetist Interaktion von trockenem Atemkalk mit Enfluran und Sevofluran. *Anaesthetist* 1997;46:1050-3.
8. Wu J, Previte J, Adler E, Myers T, Ball J, Gunter J. Spontaneous ignition, explosion and fire with sevoflurane and barium hydroxide. *Anesthesiology*. 2004; 101: 534-7.
9. Laster M, Roth P, Eger E. Fires from the interaction of anesthetics with desiccated absorbent. *Anesth Analg* 2004;99:769-74.
10. Engelhardt T, Johnston G, Kumar MM. Comparison of cuffed, uncuffed tracheal tubes and laryngeal mask airways in low flow pressure controlled ventilation in children. *Paediatr Anaesth* 2006; 16: 140-3.
11. Brattwall M, Warren-Stomberg M, Hesselvik F, Jakobsson J. Brief review: Theory and practice of minimal fresh gas flow anesthesia. *Can J Anaesth* 2012; 59: 785-97.
12. Sykes O. Oxygen monitoring during low flow anaesthesia. *J Clin Monit Comput* 2010; 24: 141.