



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

[Closed circuit inhalation anesthesia. Consumption and cost].

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

[Closed circuit inhalation anesthesia. Consumption and cost] / Di Filippo A; Bonetti L; Minoni C; Rizzo L; Novelli GP. - In: MINERVA ANESTESIOLOGICA. - ISSN 0375-9393. - STAMPA. - 58:(1992), pp. 51-55.

Availability:

This version is available at: 2158/782164 since:

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

Anestesia inalatoria in circuito chiuso

Consumi e costi

A. DI FILIPPO, L. BONETTI, C. MINONI, L. RIZZO e G. P. NOVELLI

Università degli Studi di Firenze
Istituto di Anestesiologia e Rianimazione

Closed circuit anaesthesia. Consumptions and costs.

Closed circuit anaesthesia (CCA) and minimal flow anaesthesia diminish inhalatory anaesthetic consumption. Consumption of inhalatory anaesthesia was calculated using two different techniques: CCA and «non rebreathing» system. Costs were compared on the basis of the official list price. The CCA allowed for reduced consumption at lower costs. The resulting annual savings are equal to one third of the total price of the whole apparatus with its complementary monitoring and control systems.

Key words: Anaesthesia - Closed circuit.

Nell'anestesia in circuito chiuso la quantità di anestetici inalatori erogata dai flussometri e dal vaporizzatore è uguale alla quantità che viene assorbita o consumata dall'organismo, nella medesima unità di tempo¹. In realtà questa uguaglianza è impossibile, stanti le variazioni del consumo di O₂ nel corso dell'intervento chirurgico; pertanto, frequentemente, si fa riferimento ad una tecnica «a flussi minimi», durante la quale viene erogata una piccola quantità (50-100 ml/min) in eccesso rispetto al consumo basale, in modo da coprire le eventuali maggiori richie-

ste di O₂ e da eliminare l'inconveniente dell'accumulo di gas non anestetici in circuito².

L'anestesia con flussi minimi si avvicina moltissimo dal punto di vista concettuale a quella in circuito rigorosamente chiuso e, in pratica, ne ha tutti i vantaggi e tutti i problemi.

Pertanto, si può continuare ad utilizzare il termine «circuito chiuso» come omnicomprensivo.

In una lettera inviata al suo primario chirurgo, Waters illustrava di aver ideato il sistema to-and-fro per eliminare l'odore di anestetico dai suoi abiti e per contenere i consumi, a fronte di parcelle comprensive di onorario e farmaci impiegati³. Queste considerazioni sono ancora oggi valide anche se non vi è dubbio che il costo della anestesia è sempre secondario rispetto alla sua sicurezza. Tuttavia, esso non può essere trascurato e può divenire elemento discriminativo fra due tecniche quando per il resto queste sono almeno uguali.

D'altra parte, per i nuovi anestetici volatili di prossima utilizzazione, si prevede un costo molto elevato e pertanto si dovrà necessariamente programmare un contenimento del consumo.

Indirizzo per la richiesta di estratti: G. P. Novelli - Istituto di Anestesia e Rianimazione dell'Università - 50100 Firenze.

Perciò abbiamo voluto calcolare il consumo di farmaci durante anestesia in circuito chiuso rispetto a quello necessario durante anestesia in sistema aperto «non rebreathing».

Materiali e metodi

Il calcolo teorico è stato fatto sulla base dei prezzi di listino. Sono stati considerati soltanto ossigeno, protossido di azoto, isoflurano e calce sodata, in quanto i dosaggi di ipnotici-induttori, analgesici e miorilassanti non sono influenzati dalle due tecniche di anestesia poste a confronto in questa sede.

Tutti i calcoli sono stati limitati alla prima ora di anestesia.

Le tecniche di anestesia poste a confronto sono state una tecnica di circuito chiuso e una tecnica senza rirespirazione.

In entrambe le condizioni la induzione è stata ottenuta con tiopentone sodico e atracurium alle dosi convenzionali, sono stati iniettati $3 \mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ di fentanyl ed è stata praticata la intubazione oro-tracheale senza aver erogato gas o vapori diversi dall' O_2 e dall' N_2O .

L'anestesia in circuito chiuso (in realtà una anestesia a flussi minimi) è stata eseguita erogando fin dall'inizio $\text{O}_2/\text{N}_2\text{O}$ (350 + 350 ml/min) veicolanti isoflurano.

L'isoflurano è stato erogato inizialmente utilizzando un sistema di preimpimento del circuito che consente di raggiungere in tempi brevi il MAC 95⁴. Successivamente è stato utilizzato lo schema di somministrazione di Ernst e Pearson (1987)¹ adeguato all'uso di vaporizzatori posti fuori dal circuito.

Il consumo di calce sodata è stato calcolato in 200 g/ora⁵.

L'esperienza è stata effettuata utilizzando il sistema integrato di anestesia Modulus II plus Ohmeda.

Per l'anestesia in sistema aperto è stato considerato un sistema non rebreathing erogante 6 l/min di miscela $\text{O}_2/\text{N}_2\text{O}$ in rapporto 35/65%.

Si è considerato che l'isoflurano sia stato erogato per i primi 5 minuti in concentrazione 2% e poi 1,1% in modo da arrivare al MAC 95 rapidamente secondo le curve di cinetica della concentrazione alveolare⁶.

TABELLA I. — Consumi di gas, vapori anestetici e di calce sodata dell'anestesia in circuito chiuso e dell'anestesia in sistema «non rebreathing». La tabella si riferisce ad una ipotetica prima ora di anestesia e, pertanto, comprende il maggior consumo derivante dall'induzione.

	N_2O	O_2	Forane	c. sodata
Aperto	216 l	144 l	22.23 ml	—
Chiuso	21 l	21 l	5.10 ml	200 g

Questa metodica è stata eseguita mediante un apparecchio di anestesia Excel 210 Ohmeda.

Ai fini del calcolo dei costi abbiamo considerato che l'isoflurano liquido sviluppa 189 ml di vapore per ogni ml di liquido a temperatura e pressione standard (0°C e 760 mmHg); secondo la formula:

$$\text{ml vapore} = \frac{\text{peso specifico liq.} \times 22,4 \times 1000}{\text{peso molecolare}}$$

(da Torri *et al.*)⁷. Applicando la correzione secondo la legge di Volta-Gay Lussac abbiamo ottenuto il volume di isoflurano prodotto da 1 ml di liquido alla temperatura delle sale operatorie -22°C , (considerando nulle le variazioni di pressione atmosferica), che è risultato essere 204 ml.

Per una conferma, seppure solo indicativa, dei nostri calcoli abbiamo controllato per un periodo di 10 giorni il consumo di isoflurano dei due sistemi, dividendo il risultato per il numero delle ore di attività dei due apparecchi di anestesia.

Risultati

I risultati del calcolo relativo ai consumi delle 2 diverse tecniche sono riportati in tabella I.

Il consumo di N_2O è 12 volte inferiore se usato in circuito chiuso rispetto a quando usato in sistema aperto; quello di O_2 è 10 volte inferiore.

Per quanto riguarda l'isoflurano il rapporto fra consumo in sistema aperto e in circuito chiuso è risultato 4,35:1.

La nostra verifica dei consumi di isoflurano,

TABELLA II. — *Calcolo dei costi/ora dell'anestesia in circuito chiuso e dell'anestesia in sistema aperto «non rebreathing» sulla base della tabella I. Si è fatto riferimento ai prezzi di listino. Il calcolo annuo è stato fatto considerando sei ore al giorno e 200 giorni lavorativi.*

	N ₂ O	O ₂	Forane	c. sodata	Totali
Costo unitario (Lit)	9.188/kg	577/mc	128.975/100 ml	7.933/kg	
Aperto					
consumo/h	216 l	144 l	22.23 ml	—	32.952
spesa/h	3.900	83	28.967	—	39.542.400
spesa annua					
Chiuso					
consumo/h	21 l	21 l	5.10 ml	200 g	8.557
spesa/h	380	12	6.578	1.587	10.286.400
spesa annua					29.274.000
Risparmio annuo					

pur nella sua approssimazione legata alla imprecisione del metodo, si è molto avvicinata al valore del rapporto previsto precedentemente.

Infatti sono risultati consumi orari di 22,03 ml in sistema aperto contro 4,9 ml in circuito chiuso (rapporto 4,49:1).

Considerando i prezzi di listino rapportati ai consumi calcolati, la spesa globale per un'ora di anestesia in circuito aperto è calcolata in 32952 Lit contro le 8557 Lit del circuito chiuso, con un rapporto di 3,85:1.

Il risparmio orario calcolato è quindi di 25453 Lit a vantaggio della anestesia in circuito chiuso.

Questo dato ci permette di calcolare con buon margine di approssimazione (considerando un'attività operatoria distribuita in 6 ore giornaliere per 200 giorni annui) un risparmio annuo che ammonta a circa 30.000.000 (tab. II).

Discussione

La riduzione del consumo di anestetici consentita dalla tecnica in circuito chiuso non è una scoperta recente ma è uno dei motivi che hanno portato allo sviluppo concettuale e tecnologico della tecnica stessa. Però tutte le quantificazioni dei consumi e della loro riduzione sono influenzate dalle modalità operative impiegate e dalla modalità di misura.

Per quanto riguarda le modalità di misura,

infatti, sono stati adottati metodi di verifica a posteriori su singoli gruppi operatori⁸ oppure di conteggio dei costi globali su lungo periodo prima e dopo l'adozione delle tecniche di circuito chiuso⁹. Il calcolo teorico sembrerebbe dare dati ottimali¹⁰ però a controllo dei risultati in questo modo ottenuti abbiamo ritenuto opportuna anche una verifica pratica del consumo di isoflurano, quantificabile con una certa esattezza.

Tuttavia i risultati delle quantificazioni di differenze di consumi fra anestesia in circuito chiuso ed anestesia in sistema aperto risentono molto dei particolari di attuazione dell'una e dell'altra tecnica.

Infatti, il tipo di anestesia al quale ci si è riferiti in questo lavoro è stato denominato «circuito chiuso» pur sapendo perfettamente che la definizione è inesatta e che si è trattato, invece, di «circuito a flussi minimi». Questa differenza comporta la erogazione di volumi di O₂ leggermente superiori a quelli basali (350 ml/min invece di 200-250 ml/min) per: a) compensare le perdite del sistema, b) compensare eventuali aumenti del consumo di ossigeno, c) prevenire l'accumulo alveolare di gas non respiratori quali l'N₂, CO, H₂, ecc.

D'altra parte l'apparecchio Modulus II plus utilizzato in questa esperienza è fornito di un dispositivo che impedisce di erogare un flusso di O₂ inferiore a 350 ml/min. Quindi il riferire lo studio a questa modalità operativa ha un senso di tipo pratico; però è certo che,

se fosse stata praticata una vera anestesia in circuito chiuso, sarebbero stati osservati dei consumi ancora più bassi. Bisogna anche dire che se si fosse fatto un calcolo teorico riferito a 250 ml/min di O₂ oltre a far riferimento ad una condizione non corrispondente alla pratica non si sarebbe potuto fare il controllo diretto — ancorché non totalmente preciso — del consumo di isoflurano.

Infatti, dei due apparecchi di anestesia dei quali uno operante esclusivamente in circuito chiuso ed uno operante esclusivamente in sistema circolare a flussi di 6 l/min, è stata misurata la quantità di isoflurano (immesso nei vaporizzatori) per un periodo di 10 giorni. Ancorché questo controllo pratico sia suscettibile di molte critiche (perdite, evaporazione nel riempimento, ecc.) esso è servito per fornire una conferma dell'esattezza dei calcoli.

La sovrapposizione fra teoria e pratica non poteva essere completa anche perché il calcolo teorico ha riguardato anestesi della durata di 60 minuti e pertanto comprendenti tutta la fase di induzione ma senza risveglio, mentre il controllo pratico ha riguardato 43 ore di anestesi condotte con un sistema e 49 comprendenti un numero non calcolato di induzioni, mantenimenti e di risvegli.

Per quanto, poi, riguarda il trasferimento dei dati riguardanti la riduzione di consumo in dati riguardanti la riduzione di spesa, si deve fare riferimento alla realtà locale del nostro paese essendo possibili notevoli differenze del prezzo dei singoli farmaci fra vari paesi e continenti. Infatti è noto come differenze del costo della calce sodata abbiano determinato diverse valutazioni sulla maggiore economicità del circuito chiuso rispetto ad altre tecniche^{11 12}.

Anche nell'ambito del nostro paese esistono differenze di costo dei farmaci dovuta a libertà di concedere sconti; per questo, invece di fare ipotesi si sono fatti i calcoli sulla base dei prezzi di listino ufficiali.

Così è risultato che nell'anestesia in circuito chiuso il consumo di ossigeno si riduce 10 volte, quello di protossido d'azoto si riduce di 12 volte, quello di isoflurano di 4,35 volte.

Contemporaneamente si verifica la presenza di un consumo di calce sodata che ab-

biamo invece considerato nullo per la tecnica con assenza di rirespirazione.

Si discute se parallelamente aumenti anche il consumo di alcuni materiali monouso come i filtri respiratori: la nostra esperienza non conferma tale aumento almeno quando i protocolli operativi standard già comprendono l'uso sistematico di filtri respiratori monopaziente per prevenire l'inquinamento dei circuiti.

È vero che in questi si accumula molta acqua come in circuito chiuso, però è anche vero che tale accumulo non crea problemi se non dopo 3-4 ore di uso e, pertanto, in condizioni raramente osservabili.

Le variazioni di consumo devono dunque essere riportate in risparmio di spesa: il risultato è che un apparecchio che è utilizzato in circuito chiuso per 6 ore al giorno per 5 giorni la settimana risparmia in un'anno 30.000.000 di lire rispetto ad un altro che viene utilizzato con 6 l/min.

Gli attuali apparecchi per anestesia adatti ad essere usati per il circuito chiuso — nel rispetto delle norme di sicurezza — devono includere i sistemi per controllare la FiO₂, la saturazione di polso e la EtCO₂.

Utile potrebbe essere anche il controllo delle concentrazioni inspirate ed espirate di anestetici.

Ciò comporta dei costi che però — al di là della obbligatorietà ai fini della sicurezza — sono largamente compensati da risparmi di entità tale da ammortizzare totalmente l'intero apparecchio in due o tre anni di uso.

A corollario di quanto sopra, si può fare una deduzione riguardante il rapporto fra le modalità di somministrazione degli anestetici inalatori ed inquinamento della sala operatoria.

Infatti ben diverso sarà l'inquinamento di un ambiente operatorio in cui vengono immessi 216 l/ora di protossido e 22 ml/ora di vapori di isoflurano rispetto a quello di un ambiente in cui vengono immessi, rispettivamente 21 l e 5 ml; ciò facendo astrazione dalle quantità di sostanza assorbita o metabolizzata od espirata in altri ambienti.

È evidente che la minimizzazione dei flussi anestetici associata al ricambio d'aria azzerà l'inquinamento ambientale ed elimina i problemi ad esso legati.

Riassunto

L'anestesia in circuito chiuso e l'anestesia in circuito a flussi minimi diminuiscono considerevolmente i consumi di anestetici inalatori. Sono stati calcolati i consumi di anestetici inalatori con queste tecniche confrontandoli con quelli di una tecnica «non rebreathing» e ne sono stati valutati i costi corrispondenti sulla base dei prezzi di listino. È stato calcolato che il risparmio annuo corrisponde ad un terzo del costo dell'apparecchio completo degli indispensabili sistemi di monitoraggio e controllo.

Parole chiave: Anestesia inalatoria - Circuito chiuso.

Bibliografia

1. Ernst EA, Pearson JD. Principles and practice of closed circuit anaesthesia. *Adv Anaesthesiol* 1987; 4:89-122.
2. Baum J. Quantitative anaesthesia in the low flow system. In: Van Ackern *et al*, eds. *Quantitative anaesthesia (low flow and closed circuit)*. Berlin: Springer Verlag, 1989: 44-58.
3. Waters RM. Citato in Calverley RK. Those magnificent men and their anaesthesia machines. In: Benumof JL, ed. *Clinical frontiers in anaesthesiology*. New York: Grune & Stratton, 1983: 199-209.
4. Bonetti L, Di Filippo A, Minoni C, Novelli GP. Closed circuit anaesthesia. A preliminary evaluation, both experimental and clinical, of the kinetics of isoflurane concentration in the induction phase. In: Mocavero G, ed. *Recent advances in APICE*. Trieste, 1990: 89-95.
5. Andrews JJ. Inhaled anesthetic delivery systems. In: Miller RD, ed. *Anesthesia*. 3rd Ed. New York: Churchill Livingstone, 1990; 1:171-223.
6. Eger II EI. The pharmacology of isoflurane. *Br J Anaesth* 1987; 56:71S.
7. Torri G, Frova G, Damia G, Palleni R. Gli anestetici per inalazione. Milano: Edizioni Anestesia e Rianimazione, 1971.
8. Bengston JP, Sonander H, Stenqvist O. Comparison of costs of different anaesthetic techniques. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988; 32:33-5.
9. Matjasko J. Economic impact of low flow anaesthesia. *Anesthesiology* 1987; 67:863-4.
10. Virtue RW. Comparison of costs of high and low flows of anaesthetic agents. *Can Anaesth Soc J* 1981; 28:182-4.
11. Edsall DW. Economy is not a major benefit of closed system anaesthesia. *Anesthesiology* 1981; 54:258.
12. Patel A, Milliken RA. Costs of delivery of anesthetic gases reexamined. I. *Anesthesiology* 1981; 55:710.