



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **[Inhalation anesthesia in low-flow systems. Clinical evaluation of the kinetics of isoflurane in induction phase].**

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

*Original Citation:*

[Inhalation anesthesia in low-flow systems. Clinical evaluation of the kinetics of isoflurane in induction phase] / Bonetti L; Di Filippo A; Minoni C; Rizzo L; Novelli GP. - In: MINERVA ANESTESIOLOGICA. - ISSN 0375-9393. - STAMPA. - 58:(1992), pp. 65-70.

*Availability:*

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/782236> of the repository was last updated on

*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:*

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)

## **Anestesia per inalazione in sistema a bassi flussi**

### *Valutazione clinica della cinetica dell'isoflurano in fase di induzione*

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

**Inhalation anaesthesia in low flow system. Clinical evaluation of isoflurane during induction stage.**

Closed circuit and low flow anaesthesia offer numerous advantages such as reduction of gas consumption, low cost, and less pollution in both the operating theatre and the environment. These procedures also offer increases in inspired gas humidity and temperature. However the time needed to attain the alveolar concentration MAC 95, is too long. Prefilling the whole circuit, the bellow and the bag with anaesthetic vapours shortens that time without overdosage.

Key words: **Anaesthesia, closed circuit.**

L'anestesia in circuito chiuso (CCA), è la tecnica di anestesia inalatoria in cui i gas espirati vengono integralmente reinalati (eccetto la CO<sub>2</sub>) ed il flusso di gas freschi, eguaglia il consumo da parte del paziente<sup>1</sup>.

Nell'anestesia in circuito a bassi flussi, invece, il flusso complessivo dei gas freschi, risulta superiore all'uptake del paziente ma è comunque inferiore ad 1 litro al minuto<sup>2 3</sup>.

Pertanto le due tecniche possono essere considerate assimilabili.

Indirizzo per la richiesta di estratti: G. P. Novelli - Istituto di Anestesia e Rianimazione, Università degli Studi, Viale Morgagni, 84 - 50134 Firenze.

*Università degli Studi di Firenze  
Istituto di Anestesiologia e Rianimazione*

I vantaggi comuni a queste due metodiche sono rappresentati da:

- 1) mantenimento di temperatura ed umidità dei gas respiratori;
- 2) riduzione del consumo di anestetici inalatori;
- 3) riduzione dell'inquinamento ambientale da parte di gas e vapori anestetici. Per quanto riguarda la CCA propriamente detta esiste inoltre la possibilità di:
- 4) eseguire una anestesia quantitativa;
- 5) acquisire in maniera non invasiva indicazioni sul consumo di O<sub>2</sub> del paziente.

I problemi che hanno limitato la diffusione di queste metodiche sono molti e soprattutto la sicurezza (oggi assicurata da un completo monitoraggio). Un ulteriore svantaggio è sicuramente il lungo tempo necessario per raggiungere concentrazioni adeguate di anestetico qualora queste tecniche vengano utilizzate per l'induzione.

Scopo del nostro lavoro è stato lo studio della modalità di incremento delle concentrazioni ispirate ed alveolari di isoflurano nella fase di induzione della anestesia a bassi

TABELLA I. — Schema di somministrazione dell'isoflurano. (Ernst e Pearson, 1987; modificata).

t (min)	Vapore (ml/min)	% erogata dal vaporizzatore
0-1	53	5,4
1-4	53	5,4
4-9	53	5,4
9-16	17	3,1
16-25	13	2,8
25-36	11	2,5
36-49	9	2,2
49-64	8	2,1
64-81	7	1,9
81-100	6	1,8

Nota: il valore 5,4% è ipotetico essendo il fondo scala dei vaporizzatori in uso pari al 5%.

flussi e in particolare il tempo necessario per raggiungere la concentrazione alveolare di isoflurano pari al MAC 95.

### Pazienti e metodo

Lo studio è stato effettuato con il sistema di anestesia Modulus II plus Ohmeda, corredato di vaporizzatore Isotec 4 (Ohmeda) e di un analizzatore di vapori anestetici (5330 Ohmeda). Il sistema consente il monitoraggio continuo di: concentrazioni di O<sub>2</sub> nel circuito, frazione inspirata ed espirata di N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub>, pressione arteriosa sistolica e diastolica con metodo incruento.

Sono stati studiati 60 pazienti, omogenei per età, peso e superficie corporea, sottoposti ad interventi di chirurgia addominale non vascolare di durata compresa fra 60 e 180 minuti. Dallo studio sono stati esclusi i pazienti che presentavano obesità o magrezze patologiche. Tutti i pazienti appartenevano alle classi di rischio ASA I-III.

Tutti i pazienti hanno ricevuto una premedicazione standard costituita da atropina solfato (0,01 mg/kg<sup>-1</sup> im) e diazepam (0,1 mg/kg<sup>-1</sup> per os).

L'induzione dell'anestesia è stata effettuata secondo il seguente schema:

— preossigenazione e denitrogenazione mediante respirazione spontanea con O<sub>2</sub> 100% ad alti flussi (10 l/min) per 5 minuti;

— fentanyl (3 µg/kg<sup>-1</sup>);  
— tiopentone sodico (4 mg/kg<sup>-1</sup>) e atracurium besilato (0,6 mg/kg<sup>-1</sup>) utilizzato anche per il mantenimento della miolorioluzione in infusione continua (0,4 mg/kg<sup>-1</sup>/h), tramite pompa volumetrica.

Dopo ventilazione controllata con miscela di O<sub>2</sub> (3 l/min) e N<sub>2</sub>O (6 l/min), fino al raggiungimento dell'equilibrio tra N<sub>2</sub>O inspirato ed espirato, è stata effettuata anestesia topica di superficie faringo-laringo-tracheale con lidocaina 4% (Kit LTA 360, Abbott).

I pazienti sono stati nuovamente ventilati per circa 1 minuto e successivamente intubati.

Sono stati considerati due gruppi di studio: Gruppo A (n = 20 pazienti) e Gruppo B (n = 40 pazienti):

Gruppo A. — Subito dopo l'intubazione tracheale è iniziata la ventilazione meccanica con flusso totale di gas freschi di 0,7 l/min (O<sub>2</sub> 50%) e, contemporaneamente, l'erogazione di isoflurano, secondo lo schema di Ernst modificato (tab. I).

Gruppo B. — Dopo l'intubazione tracheale, i pazienti sono stati collegati al circuito di anestesia, che è stato preimpedito con alti flussi di gas freschi (O<sub>2</sub> 35%) ed isoflurano al 5%. Una volta ottenuto il riempimento del pallone di riserva e della concertina, sono stati erogati con modalità identiche a quelle del Gruppo A, sia il flusso di gas freschi (0,7 l/min) sia l'isoflurano (schema di Ernst).

Il successivo inizio della ventilazione meccanica, è stato preceduto da un breve periodo di ventilazione manuale.

Per entrambi i gruppi i parametri ventilatori adottati sono stati: frequenza respiratoria 12/min, rapporto I:E 1:2, volume minuto adeguato a mantenere condizioni di normocapnia.

Oltre al monitoraggio dei parametri cardio-circulatori consueti e di quelli respiratori (SaO<sub>2</sub>, FiO<sub>2</sub>, EtCO<sub>2</sub>, VT, VM), nei due gruppi di pazienti sono state registrate le concentrazioni inspiratorie ed alveolari di isoflurano, in funzione del tempo.

In particolare sono stati analizzati: 1) rap-

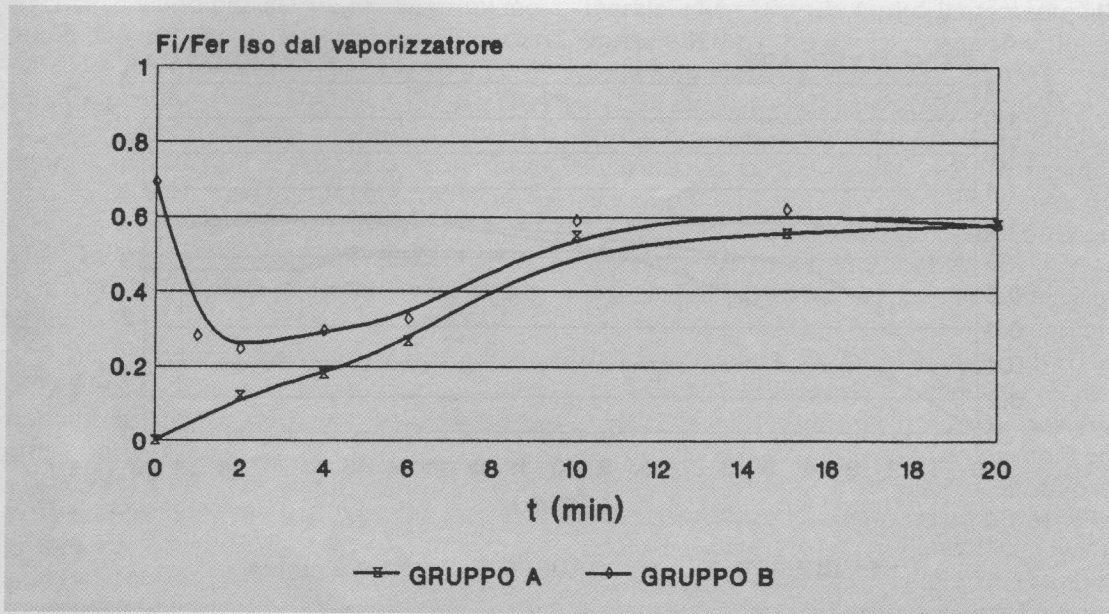


Fig. 1. — Rapporto fra concentrazione inspirata ed erogata di isoflurano.

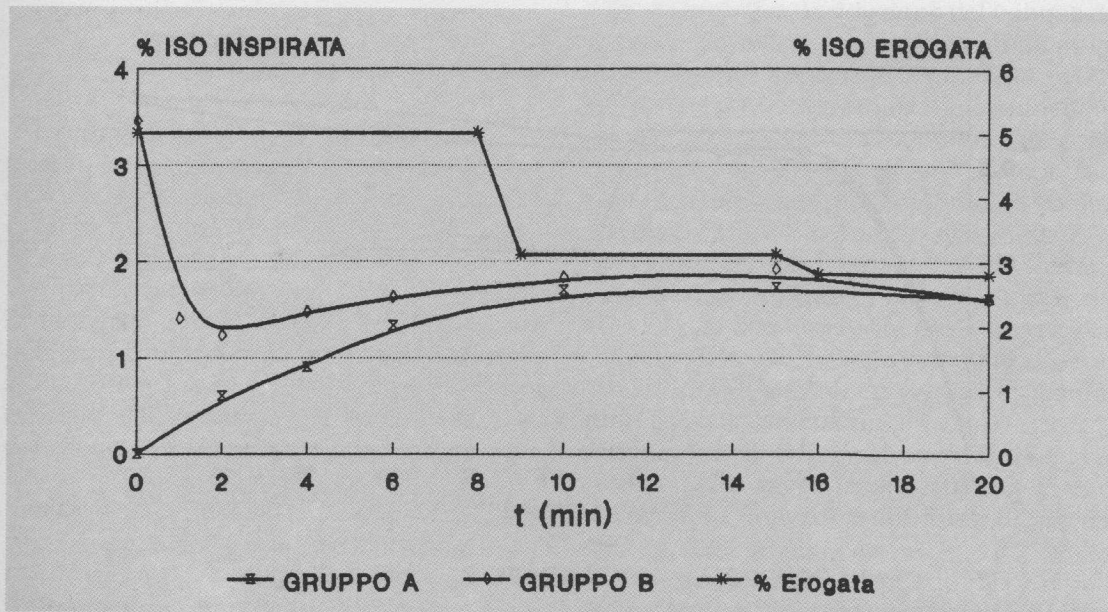


Fig. 2. — Concentrazione inspiratoria di isoflurano durante i primi 20 minuti.

porto fra concentrazione inspirata e concentrazione erogata (fig. 1); 2) cinetica delle concentrazioni inspirate ed alveolari (fig. 2, 3); 3) rapporto fra concentrazione alveolare e concentrazione inspirata (fig. 4).

### Risultati

1) La figura 1 mostra come il rapporto tra le concentrazioni inspirate ed erogate di isoflurano, sia stabilmente più alto nel

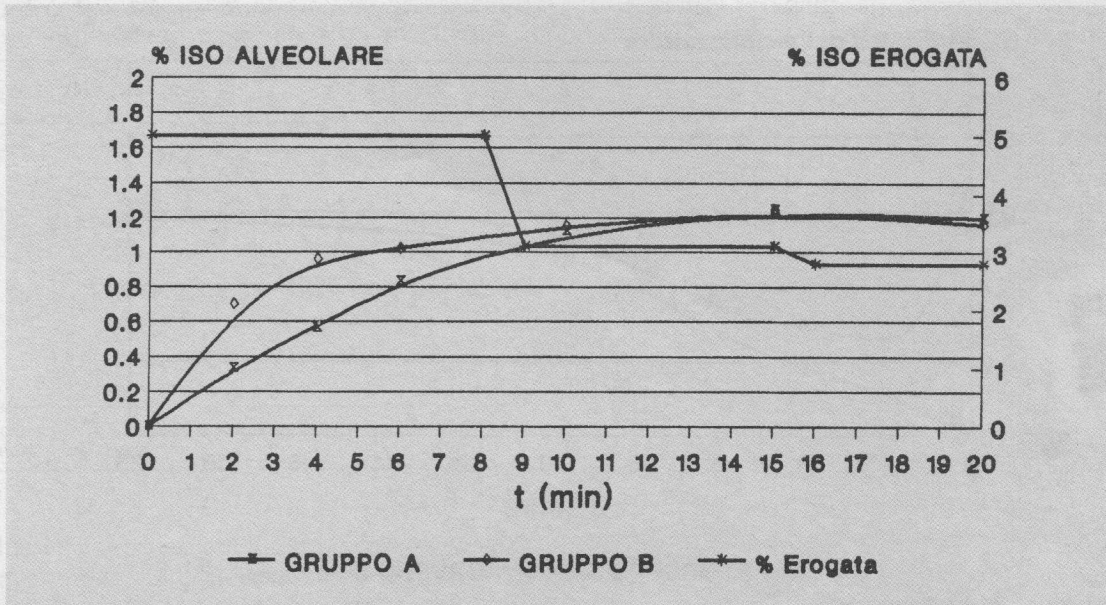


Fig. 3. — Concentrazione alveolare di isoflurano durante i primi 20 minuti ( $p < 0,005$ ).

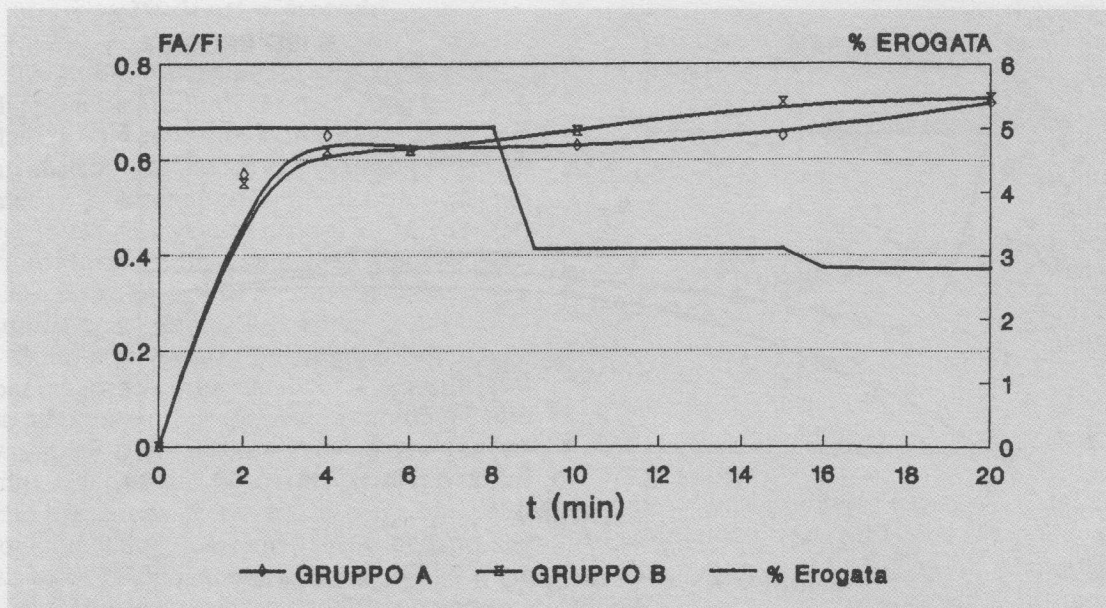


Fig. 4. — Rapporto fra le concentrazioni alveolare ed inspirata.

Gruppo B rispetto al Gruppo A, nei primi minuti.

Essendo le concentrazioni erogate identiche (5%) nei due gruppi di studio, è evidente che il dato è dovuto unicamente ad un au-

mento di concentrazione di anestetico in circuito nel Gruppo B.

2) Dall'analisi complessiva delle figure 2 e 3 risulta che il per riempimento è efficace nel mantenere le concentrazioni ispirate ed

alveolari a valori più elevati, fin dai primi momenti dell'induzione. Infatti il tempo necessario per il raggiungimento del MAC 95 è risultato 6 minuti nel Gruppo A e 3 minuti nel Gruppo B ( $p < 0,005$  al secondo minuto). La figura 2 mostra che la concentrazione massima in circuito, raggiunta con il preimpimento è, in media, il 3,5% rispetto al 5% erogato. Tale fatto è dovuto alle caratteristiche di cinetica del circuito impiegato (vedi discussione).

3) L'andamento delle concentrazioni ispirate ed alveolari di isoflurano, dopo 10 minuti circa, risulta sovrapponibile nei due gruppi di pazienti.

La figura 4 mostra che il rapporto fra concentrazione alveolare ed inspirata nei due gruppi è praticamente sovrapponibile. Questo conferma che l'incremento delle concentrazioni alveolari di isoflurano nel Gruppo B è dovuto all'aumento della concentrazione di anestetico in circuito.

### Discussione

La composizione della miscela di gas e vapori all'interno del sistema rotatorio, è condizionata dal volume dell'insieme «circuito-capacità funzionale residua», dal flusso dei gas freschi e dall'uptake del paziente.

A parità di altri fattori, la velocità con cui la miscela in circuito tende all'equilibrio con quella erogata, è direttamente proporzionale al flusso dei gas freschi. Questa relazione è espressa dalla costante di tempo (TC), secondo la formula <sup>4 5</sup>:

$$TC = \frac{\text{Vol. circuito} + \text{CFR paziente}}{\text{Flusso gas freschi} - \text{Uptake}}$$

Rimanendo costanti sia il volume del circuito e la CFR del paziente che l'uptake, tanto più basso sarà il flusso di gas freschi, tanto più elevata sarà la TC. Un'alta TC esprime una bassa velocità nel raggiungimento dell'equilibrio tra la concentrazione di anestetico in circuito e quella erogata.

Per questo motivo il sistema a bassi flussi può essere definito come un sistema ad alta

inerzia, che risponde molto lentamente alle variazioni di composizione (non di volume) della miscela erogata.

Tale fatto, rilevabile in ogni fase della anestesia, costituisce un inconveniente durante l'induzione, quando è vantaggioso raggiungere il più rapidamente possibile concentrazioni alveolari adeguate (generalmente considerate corrispondenti al MAC 95).

I risultati da noi ottenuti hanno confermato in effetti la notevole lentezza di incremento delle concentrazioni inspiratorie ed alveolari di isoflurano utilizzando solamente la tecnica a bassi flussi (Gruppo A, fig. 2, 3), pur erogando dal vaporizzatore la massima concentrazione possibile. Per questo motivo il Gruppo A è stato limitato ad un numero inferiore di pazienti.

Nel sistema rotatorio, il volume del circuito costituisce un fattore critico, perché rappresenta un fattore di diluizione, quando il flusso dei gas freschi è minimo.

In via ipotetica, la riduzione del volume del circuito, potrebbe minimizzare gli inconvenienti descritti per la fase di induzione; nello stesso tempo questa soluzione rende meno efficace la tecnica del preimpimento, come dimostrato da Conway (1986) <sup>5</sup>, confrontando il comportamento di circuiti di volume diverso, sia pure in condizioni simulate.

Non va tuttavia dimenticato che l'effetto «diluizione» costituisce, oltre che un inconveniente, anche un fattore di sicurezza, perché impedisce che bruschi aumenti delle concentrazioni di anestetico erogate si manifestino a livello alveolare.

Per questi motivi, molti sostenitori del circuito chiuso suggeriscono, per la fase di induzione, l'utilizzo di alti flussi di gas freschi <sup>6 7</sup>.

Tale metodo pur rimanendo il più rapido per incrementare le concentrazioni alveolari di anestetico, rappresenta una limitazione ai vantaggi che la CCA offre. Infatti la dispersione ambientale ed il consumo di anestetici risultano in tal modo più accentuati.

Con l'artificio del preimpimento del volume espansibile del sistema (concertina e pallone) con una miscela di gas contenente il 5% di isoflurano ed un breve periodo di ventila-

zione manuale prima di iniziare la ventilazione meccanica, il tempo di raggiungimento del MAC 95 è risultato essere in media 3 minuti e quindi accettabile nella pratica clinica.

Tra gli inconvenienti segnalati e, potenzialmente pericolosi, il circuito chiuso può presentare accumulo di gas non anestetici, eliminati dal paziente<sup>8</sup>. Sembra che il problema possa assumere rilevanza clinica solo per l'azoto, tanto che alcuni A. consigliano il «lavaggio» periodico del circuito con alti flussi di gas freschi<sup>9</sup>.

Considerando che i nostri pazienti sono stati sottoposti a 5 minuti di preossigenazione e denitrogenazione in O<sub>2</sub> 100% ad alti flussi e ad altri 4 minuti (in media) di ventilazione con O<sub>2</sub> (3 l/min) e N<sub>2</sub>O (6 t/min), abbiamo giudicato pressoché totale l'eliminazione dell'azoto polmonare prima di passare al sistema a bassi flussi.

Infatti analizzando la concentrazione dei gas in circuito non abbiamo mai osservato nei pazienti della nostra casistica, accumulo rilevante di tale gas.

Un inconveniente della nostra esperienza può essere rappresentato dalla relativa indagine della tecnica proposta.

È possibile che questo fatto possa essere risolto con l'iniezione diretta in circuito di volumi prefissati di anestetico liquido<sup>10 11</sup>, utilizzando parzialmente i principi della anestesia quantitativa in fase di induzione.

### Conclusioni

Abbiamo voluto verificare se è possibile effettuare l'anestesia inalatoria con isoflurano, utilizzando bassi flussi fin dall'inizio.

Il metodo del preimpimento si è dimostrato idoneo allo scopo, permettendo di mantenere, anche durante l'induzione, i vantaggi di basso costo e minimo inquinamento ambientale propri della tecnica utilizzata.

Il preimpimento, infine, si è dimostrato un metodo sicuro, perché non ha provocato, almeno nella nostra esperienza, sovradosaggi pericolosi di anestetico.

### Riassunto

La anestesia in circuito chiuso e la anestesia in circuito a bassi flussi offrono numerosi vantaggi: riduzione di consumi, costi, inquinamento; aumento di umidità e temperatura dei gas ispirati.

Il tempo occorrente per raggiungere concentrazioni alveolari adeguate di anestetico inalatorio (MAC 95) è però lungo.

Il preimpimento del circuito consente di dimezzare questo tempo senza causare sovradosaggi.

Parole chiave: Anestesia, 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 K *et al.*, eds. *Quantitative anaesthesia*. Berlin: Springer Verlag, 1989: 44-57.
3. Foldes FF, Duncalf D. (Citato in Baum, 1989).
4. Conway CM. Alveolar gas relationship during use of the circle system with CO<sub>2</sub> absorption. *Br J Anesth* 1981; 53:1135.
5. Conway CM. Gaseous Homeostasis and the circle System. Factors influencing anesthetic gas exchange. *Br J Anaesth* 1986; 58:1167-80.
6. Lyn CY, Benson DW, Schreideri BD. Short manual for the administration of closed circuit anaesthesia. In: Aldrete JA *et al.*, eds. *Low flow and closed system anaesthesia*. New York: Grune & Stratton, 1979: 1-5.
7. Stenqvist O. Are there specific indications for closed circuit anaesthesia? In: Braschi A *et al.*, eds. *SMART*. Pavia: Masson, 1990: 75-9.
8. Morita S, Latta W, Hambro K, Snider MT. Accumulation of methane, acetone, and nitrogen in the inspired gas during closed circuit anaesthesia. *Anesth Analg* 1985; 64:343-7.
9. Ernst EA. Quantitative anaesthesia in closed circuit. In: Van Ackern *et al.*, eds. *Quantitative anaesthesia*. Berlin: Springer Verlag, 1989: 57-63.
10. Lowe HJ. Anesthetic continuum. In: Aldrete JA *et al.*, eds. *Low flow and closed circuit anaesthesia*. New York: Grune & Stratton, 1979: 1-20.
11. Ross JAS, Wloch RT, White DC. Servo controlled closed circuit anaesthesia. *Br J Anaesth* 1983; 55:1053-7.