

Ann Ig 2008; 20: 455-463

# Valutazione degli effetti del monitoraggio ambientale sulle concentrazioni di gas anestetici nelle sale operatorie

P. Albertini\*, P. Mainardi\*\*, P. Montuori\*\*, P. Sardelli\*, M. Triassi\*\*

*Parole chiave: Sale operatorie, monitoraggio ambientale, gas anestetici*

*Key words: Operating theatres, environmental monitoring, anaesthetic gases*

## Summary

***Evaluation of the environmental monitoring's effects on the anaesthetic gases concentrations in the operating theatres***

*The aim of this study was to evaluate the efficacy of anaesthetic gases monitoring in the operating theatre.*

*From January 1997 to December 2007, in compliance with the Ministerial Circular on Professional anaesthetic exposure in operating theatres (5/89), we conducted an environmental monitoring of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) in 71 operating rooms of 31 public hospitals to determine the respect of limits established by circular (50 ppm).*

*The results show that number of surgery rooms with airborne concentrations of nitrous oxide outside normative limits reduced varying approximately from 40% without monitoring activity, to 15% after a cycle of 10 monitorings. This study demonstrate that the environmental monitoring is crucial, efficacy and should be the first step in developing work practices and worker education programs. To the best of our knowledge, this study demonstrates the efficacy of anaesthetic gases monitoring in the operating theatre was evaluated.*

## Introduzione

Il monitoraggio dei gas anestetici nelle Sale Operatorie (SS.OO.) è ritenuto un importante strumento per contenere i valori delle concentrazioni di tali gas entro i limiti fissati dalle norme (10).

Sebbene ci siano pareri contrastanti sulla cancerogenicità, sulla mutagenicità, sulla teratogenicità e sulla riduzione di fertilità indotta dai gas anestetici sul personale professionalmente esposto, si sono riscontrate correlazioni positive tra esposizione a tali sostanze e malattie del lavoro.

Esiste una vasta letteratura (1, 4, 7, 8, 14, 15) sugli effetti patologici dell'esposizione a gas anestetici prolungata nel tempo, anche

per concentrazioni relativamente basse, sul personale di S.O. esposto ad essi e quindi sulla necessità che l'esposizione sia mantenuta al di sotto di livelli di pericolosità.

A tale scopo la normativa italiana esistente (3) pone limiti alle concentrazioni di gas anestetici nelle SS.OO. e suggerisce il controllo dei livelli della loro concentrazione almeno due volte l'anno. Inoltre il D.Lgs. 626/94 e s.m.i. rimanda alla Norma tecnica UNI EN 689:1997 per la valutazione dell'esposizione per inalazione ai fini del confronto con i valori limite e le relative strategie di misurazione.

I sistemi di condizionamento e di evacuazione dei gas anestetici si sono dimostrati indispensabili per il mantenimento delle

\* Azienda Sanitaria Locale NAI, Servizio Prevenzione e Protezione

\*\* Dipartimento di Scienze Mediche Preventive, Università degli Studi di Napoli "Federico II"

concentrazioni entro i limiti della norma (2, 5, 6, 9, 11-13, 16). Lo scopo del presente studio è quello di valutare, utilizzando come gas di riferimento il protossido di azoto, il ruolo del monitoraggio ripetuto nel tempo sul mantenimento delle concentrazioni di gas anestetici delle SS.OO. nei limiti della norma. Alle migliori nostre conoscenze, questo studio risulta il primo studio in cui si valuta con questa metodologia l'efficacia del monitoraggio ambientale periodico sul mantenimento nelle sale operatorie delle concentrazioni di gas anestetici al di sotto dei limiti stabiliti dalle norme.

A tal fine sono state analizzate successioni temporali delle concentrazioni dei gas anestetici, a cominciare, per ogni S.O., dall'inizio dell'attività di controllo, monitorando il numero di SS.OO. con valori oltre la norma, in funzione del procedere dei controlli.

Sono stati inoltre valutati gli intervalli temporali necessari per il ripristino delle condizioni di normalità dopo la constatazione di superamento dei limiti della norma.

È stata infine calcolata l'incidenza di guasti e malfunzionamenti tali da generare le concentrazioni di gas anestetici fuori norma e l'intervallo medio fra due malfunzionamenti successivi nella singola S.O.

## Materiali e metodi

Per lo studio sono stati utilizzati i dati relativi alle concentrazioni di protossido di azoto, considerato come gas di riferimento, derivanti dai rilevamenti effettuati, a partire dal 1997 per le prime SS.OO. monitorate, dalla Sezione di Igiene, Dipartimento di Scienze Mediche Preventive dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" presso 157 SS.OO. di 38 presidi ospedalieri della Regione Campania.

Il metodo di studio è stato quello di considerare le successioni dei monitoraggi di ogni singola S.O., a partire dalla prima

misura effettuata, in modo da garantire per tutte condizioni iniziali simili. Sono state così incluse nello studio le SS.OO. di cui è disponibile una serie completa di dati a cominciare dal primo monitoraggio effettuato, e per 10 monitoraggi consecutivi.

Le SS.OO. così selezionate, sono state 71, di cui 8 monitorate con cadenze semestrali, e le altre con cadenze quadrimestrali, con una distribuzione temporale di controlli a cominciare dal 1997 fino al 2007.

Il rilevamento delle concentrazioni ambientali di protossido di azoto è stato effettuato con misurazioni in continuo, utilizzando un acquirente di dati Brüel & Kjaer mod 1302 che utilizza la metodica della spettrometria fotoacustica nell'infrarosso, con sensibilità di 0.05 ppm, e ripetibilità della misura del 1%. Si è considerato come limite della norma, in accordo con quanto stabilito dalla normativa (3), una concentrazione di 50 ppm.

Le misure sono state effettuate posizionando il sistema di prelievo nella zona di permanenza dell'equipe operatoria, ed in particolare dell'anestesista, che in genere è quello più vicino alle eventuali fonti di inquinamento, ad altezza di circa 150 cm dal pavimento.

È stata, in tal modo, valutata l'efficienza complessiva di tutto il sistema connesso con l'utilizzo dei gas anestetici per il mantenimento dei livelli di concentrazione dei gas nell'aria al di sotto dei limiti fissati dalla norma: dall'impianto di erogazione al carrello di anestesia con relativa circuiteria gassosa, dall'impianto di evacuazione dei gas all'impianto di ricambi d'aria della sala.

Le cause di superamento dei limiti sono attribuibili al malfunzionamento di uno o più dei suddetti elementi o altre cause che denominiamo in seguito "guasti".

L'ipotesi di lavoro è che quando viene rilevato un guasto, si mette in moto un meccanismo di feedback, per cui vengono adottate le misure necessarie per riportare i valori dei parametri entro i limiti. Inoltre

si ipotizza che la reiterazione dei controlli, con la reiterazione dello stimolo a risolvere il problema, porti all'abbassamento del numero di sale con concentrazioni anomale.

Di conseguenza, la variabile che influenza lo stato delle SS.OO., in questa ottica, non è semplicemente il tempo, ma la successione dei monitoraggi, per cui è stata adottata come variabile indipendente il numero del monitoraggio, nella successione della serie di 10 misure. Si ritiene, quindi, trascurabile la variabilità della lunghezza dell'intervallo temporale fra due misure successive, sempre presente, purché abbastanza lungo da permettere l'effettuazione degli interventi conseguenziali, e si ritiene quindi non rilevante l'aver utilizzato dati rilevati in alcuni casi con intervalli semestrali.

Lo studio è stato effettuato, quindi, valutando la variazione del numero delle SS.OO. con concentrazioni oltre il limite di 50 ppm, in funzione delle variazioni nelle serie di rilevamenti a cominciare dall'inizio dei monitoraggi di ogni singola S.O.

Si è valutata inoltre la prontezza di risposta nell'adozione degli interventi necessari per riportare i valori entro i limiti successivamente al rilevamento di guasti ed inoltre è stato valutato il numero di guasti avvenuti ed il numero di sale ancora non conformi al trascorrere dei monitoraggi successivi.

L'andamento che ci si attende, espresso in percentuale dei guasti riscontrati, è un andamento di tipo esponenziale partendo dal valore 100% per il momento di rilevamento dell'anomalia, e tendente a 0 all'aumentare del numero dei monitoraggi successivi. Pertanto, si è valutato quello che potremmo definire "emiintervallo", cioè il numero di intervalli, susseguenti al rilevamento del guasto, necessari perché la percentuale di SS.OO., ancora fuori limite dopo il rilevamento dell'anomalia, si riduca al 50% di quella iniziale.

Poiché nelle serie di 10 misure prese in considerazione nello studio per i guasti verificatisi verso la fine delle serie non è

possibile conoscere il tempo di ritorno alla normalità, terminando i dati della serie, nell'analisi sono state inserite le nuove anomalie riscontrate soltanto fino alla settima misura. I guasti ancora non risolti alla fine delle serie di 10 misure, quindi con tempo di ripristino variabile ma comunque maggiore di 3 intervalli, sono state ugualmente inserite nel computo come ancora non risolte alla fine delle serie stesse. In tal modo abbiamo un errore per eccesso per gli intervalli successivi al terzo, ma una valutazione esatta per i primi tre tempi di recupero. Ciò non altera la valutazione dell'"emiintervallo", che è il dato di nostro interesse, e che cade, come vedremo, per un valore minore di tre.

Infine, si è valutata la frequenza di accadimento di nuovi guasti che hanno determinato condizioni della S.O. fuori limite. A tal fine si è calcolato, per ogni successione del monitoraggio, la percentuale di nuovi guasti, cioè il numero di nuove SS.OO. fuori limite rispetto al numero di quelle che nella misura precedente erano entro i limiti.

Da qui si è dedotto, tenendo conto delle frequenze quadrimestrali o semestrali dei monitoraggi, l'intervallo medio fra due guasti successivi.

## Risultati e considerazioni

Nella Tabella 1 sono riportate le concentrazioni di protossido di azoto (ppm) nelle sale operatorie monitorate, nell'istogramma della Fig. 1 è visualizzato l'andamento di tutti i valori riscontrati che mostra la distribuzione delle frequenze divisa in classi di 10 ppm. Il valore massimo riscontrato è stato di 627 ppm.

Come si può notare la frequenza maggiore si osserva per i valori più bassi, diminuendo rapidamente all'aumentare delle concentrazioni. La metà delle misure ha dato valori al di sotto di 20 ppm, ed il 24% valori superiori al limite di 50 ppm.

Tabella 1 - Concentrazioni di protossido di azoto (ppm) riscontrate nelle sale operatorie monitorate.

| Ospedale | S.O. | Intervallo * | Successione misure |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|--------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |              | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| A        | 1    | 6            | 49                 | 4    | 4,8  | 20   | 24   | 11   | 5,9  | 5,7  | 14   | 11   |
|          | 2    | 6            | 467                | 3,6  | 12   | 5,3  | 11   | 7,7  | 27   | 6,6  | 12   | 9,1  |
| B        | 1    | 4            | 2,5                | 41   | 81   | 44   | 30   | 157  | 88   | 138  | 23   | 113  |
| C        | 1    | 6            | 26                 | 8    | 121  | 30   | 117  | 501  | 627  | 46   | 26   | 46   |
| D        | 1    | 6            | 144                | 81   | 113  | 46   | 1,9  | 7,9  | 113  | 2,1  | 2,2  | 3,7  |
|          | 2    | 6            | 26                 | 131  | 134  | 68   | 136  | 5,1  | 19   | 13   | 9,4  | 4,1  |
| E        | 1    | 6            | 3,4                | 2,9  | 9,7  | 10   | 0,4  | 1,4  | 1,6  | 6,6  | 6,1  | 4,8  |
| F        | 1    | 4            | 96                 | 112  | 10   | 4,9  | 11   | 8,5  | 37   | 44   | 21   | 24   |
|          | 2    | 4            | 91                 | 116  | 48   | 194  | 6,4  | 388  | 22   | 7,4  | 33   | 28   |
|          | 3    | 4            | 128                | 210  | 22   | 5,8  | 3,8  | 3,9  | 1,7  | 6,9  | 0,92 | 8,7  |
|          | 4    | 4            | 202                | 111  | 161  | 24   | 124  | 15   | 17   | 17   | 39   | 65   |
| G        | 1    | 4            | 43                 | 36   | 39   | 91   | 15   | 15   | 17   | 60   | 118  | 26   |
|          | 2    | 4            | 47                 | 32   | 88   | 10   | 29   | 116  | 16   | 3,2  | 15   | 2,1  |
| H        | 1    | 4            | 16                 | 43   | 38   | 43   | 13   | 11   | 22   | 5,2  | 12   | 26   |
|          | 2    | 4            | 12                 | 38   | 35   | 23   | 59   | 13   | 22   | 5,6  | 14   | 26   |
| I        | 1    | 4            | 110                | 22   | 36   | 82   | 6,4  | 15   | 6,2  | 348  | 11   | 11   |
| L        | 1    | 4            | 32                 | 28   | 70   | 49   | 100  | 59   | 60   | 13   | 17   | 58   |
| M        | 1    | 4            | 20                 | 66   | 4,0  | 13   | 2,0  | 12   | 8,0  | 13   | 43   | 64   |
|          | 2    | 4            | 63                 | 2,0  | 3,0  | 1,0  | 7,0  | 22   | 39   | 4,0  | 6,0  | 12   |
| N        | 1    | 4            | 0,34               | 5,8  | 0,12 | 0,10 | 0,50 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,50 | 0,5  |
|          | 2    | 4            | 0,38               | 0,50 | 0,00 | 0,15 | 0,01 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| O        | 1    | 4            | 12                 | 35   | 20   | 80   | 4,2  | 20   | 97   | 8,3  | 1,0  | 14   |
|          | 2    | 4            | 11                 | 35   | 20   | 72   | 3,7  | 14   | 101  | 8,0  | 0,97 | 14   |
|          | 3    | 4            | 54                 | 11   | 35   | 16   | 49   | 40   | 3,2  | 16   | 104  | 8,0  |
|          | 4    | 4            | 36                 | 4,4  | 37   | 3,8  | 11   | 160  | 8,5  | 0,98 | 14   | 33   |
| P        | 1    | 4            | 48                 | 72   | 72   | 32   | 2,8  | 0,60 | 8,7  | 20   | 1,9  | 2,9  |
|          | 2    | 4            | 49                 | 212  | 3,2  | 0,90 | 8,6  | 17   | 1,0  | 2,9  | 68   | 3,6  |
| Q        | 1    | 4            | 61                 | 1,8  | 33   | 38   | 20   | 2,4  | 34   | 8,8  | 6,4  | 6,6  |
|          | 2    | 4            | 65                 | 33   | 18   | 22   | 15   | 37   | 2,8  | 3,8  | 11   | 1,5  |
| R        | 1    | 4            | 78                 | 24   | 19   | 4,8  | 3,7  | 120  | 12   | 4,7  | 48   | 75   |
| S        | 1    | 4            | 18                 | 43   | 8,8  | 16   | 9,4  | 5,9  | 5,4  | 1,7  | 6,1  | 14   |
|          | 2    | 4            | 18                 | 42   | 8,9  | 10   | 7,4  | 4,9  | 24   | 9    | 7,3  | 3,1  |
| T        | 1    | 6            | 4,0                | 8,0  | 40   | 6,7  | 26   | 34   | 16   | 0,36 | 20   | 9,3  |
|          | 2    | 6            | 4,7                | 8    | 36   | 6,3  | 20   | 11   | 13   | 8    | 0,68 | 0,84 |

|    |   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|----|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| U  | 1 | 4 | 14  | 14  | 248 | 100 | 7,8 | 4,5 | 42  | 21  | 121  | 6,0 |
|    | 2 | 4 | 19  | 18  | 29  | 92  | 7,3 | 36  | 122 | 127 | 131  | 24  |
|    | 3 | 4 | 58  | 3,4 | 20  | 18  | 3,9 | 3,2 | 2   | 26  | 2,9  | 2,9 |
|    | 4 | 4 | 17  | 15  | 20  | 3,2 | 3,2 | 11  | 3,6 | 7,3 | 10   | 17  |
| V  | 1 | 4 | 46  | 22  | 9,7 | 84  | 6,3 | 88  | 33  | 33  | 13   | 19  |
|    | 2 | 4 | 42  | 24  | 50  | 48  | 22  | 41  | 13  | 16  | 47   | 11  |
|    | 3 | 4 | 125 | 20  | 16  | 38  | 98  | 129 | 104 | 30  | 22   | 6,9 |
|    | 4 | 4 | 34  | 20  | 7,7 | 35  | 9,2 | 4,7 | 16  | 14  | 7,8  | 11  |
|    | 5 | 4 | 165 | 185 | 24  | 28  | 229 | 58  | 17  | 8,0 | 28   | 25  |
|    | 6 | 4 | 35  | 15  | 3,4 | 8,9 | 4,4 | 5,0 | 26  | 13  | 3,0  | 5,0 |
|    | 7 | 4 | 44  | 7,3 | 15  | 3,2 | 20  | 19  | 118 | 18  | 10   | 19  |
| Z  | 1 | 4 | 47  | 280 | 26  | 23  | 87  | 24  | 120 | 114 | 12   | 119 |
| AA | 1 | 4 | 124 | 161 | 48  | 72  | 8,1 | 62  | 1,7 | 26  | 1,2  | 7,6 |
| BB | 1 | 4 | 115 | 84  | 12  | 12  | 1,9 | 39  | 39  | 15  | 0,6  | 17  |
|    | 2 | 4 | 17  | 24  | 11  | 28  | 26  | 382 | 46  | 6,5 | 9,8  | 16  |
| CC | 1 | 4 | 3,2 | 12  | 23  | 7,9 | 12  | 10  | 2,5 | 46  | 14   | 18  |
|    | 2 | 4 | 12  | 13  | 2,6 | 21  | 17  | 8,1 | 21  | 2,3 | 0,91 | 12  |
|    | 3 | 4 | 14  | 3,5 | 15  | 17  | 76  | 29  | 15  | 6,0 | 1,6  | 15  |
|    | 4 | 4 | 10  | 2,7 | 15  | 117 | 47  | 2,8 | 3,3 | 1,4 | 2,8  | 2,7 |
| DD | 1 | 4 | 6,0 | 5,9 | 11  | 24  | 25  | 9,8 | 20  | 20  | 5,6  | 24  |
|    | 2 | 4 | 2,3 | 185 | 32  | 8,7 | 12  | 12  | 5,8 | 7,2 | 19   | 30  |
|    | 3 | 4 | 11  | 39  | 32  | 10  | 22  | 22  | 6,7 | 16  | 10   | 23  |
| EE | 1 | 4 | 52  | 107 | 129 | 90  | 22  | 32  | 75  | 131 | 32   | 27  |
|    | 2 | 4 | 110 | 202 | 187 | 102 | 87  | 11  | 209 | 24  | 11   | 26  |
|    | 3 | 4 | 20  | 106 | 136 | 61  | 29  | 105 | 69  | 50  | 5,5  | 38  |
| FF | 1 | 4 | 14  | 9,1 | 34  | 11  | 2,6 | 10  | 19  | 73  | 8,6  | 12  |
|    | 2 | 4 | 13  | 11  | 40  | 9,6 | 4,2 | 8,8 | 28  | 64  | 30   | 11  |
|    | 3 | 4 | 15  | 7,3 | 48  | 10  | 2,5 | 9,4 | 20  | 27  | 67   | 19  |
| GG | 1 | 4 | 72  | 6,4 | 26  | 25  | 38  | 183 | 46  | 4,2 | 162  | 1,1 |
|    | 2 | 4 | 69  | 138 | 96  | 209 | 14  | 24  | 3,9 | 21  | 14   | 13  |
|    | 3 | 4 | 105 | 151 | 111 | 119 | 114 | 15  | 37  | 30  | 6,0  | 14  |
|    | 4 | 4 | 118 | 111 | 216 | 151 | 256 | 111 | 119 | 114 | 15   | 15  |
| HH | 1 | 4 | 83  | 15  | 104 | 64  | 5,5 | 59  | 54  | 31  | 143  | 9,6 |
|    | 2 | 4 | 135 | 13  | 130 | 55  | 5,2 | 133 | 21  | 91  | 212  | 23  |
| II | 1 | 4 | 67  | 24  | 361 | 90  | 118 | 88  | 257 | 119 | 107  | 257 |
| LL | 1 | 4 | 46  | 35  | 45  | 199 | 88  | 2,7 | 150 | 147 | 158  | 116 |
|    | 2 | 4 | 56  | 49  | 48  | 481 | 82  | 3   | 149 | 20  | 205  | 158 |

\* Intervallo medio fra le misure in mesi

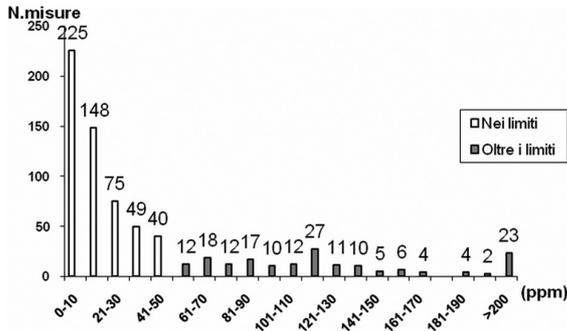


Fig. 1 - Distribuzione di frequenza dei valori di protossido di azoto (ppm) riscontrati in tutte le misure effettuate.

Se consideriamo le frequenze per valori di concentrazioni di protossido d'azoto superiori al limite di 50 ppm, si nota che il 50% dei valori è compreso nei limiti 51÷120 ppm.

Il risultato ottenuto, per quel che riguarda l'andamento delle percentuali di SS.OO. con valori di concentrazione del protossido d'azoto superiore a 50 ppm, in funzione del numero di rilevamento effettuato nella serie complessiva di rilevamenti (da 1 a 10), è quello riportato nella Fig. 2 ove sulle ascisse è riportato il numero della misura e sulle ordinate la percentuale delle SS.OO. fuori limite.

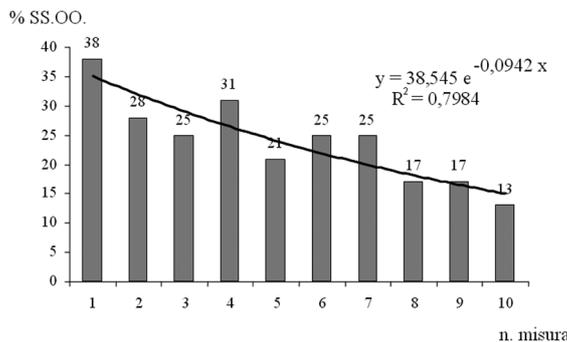


Fig. 2 - Percentuale di sale operatorie (SS.OO.) con valori di protossido di azoto oltre il limite (>50 ppm) e curva di regressione.

Come si può osservare il valore diminuisce all'aumentare del numero di misura, passando dal 38 al 13 % dopo 10 monitoraggi, quindi con un netto abbattimento della percentuale di SS.OO. con valori fuori limite.

La curva di regressione che meglio approssima i dati è risultata essere una curva esponenziale di equazione:  $y=38,5 * e^{-0.0942x}$  con un coefficiente di correlazione pari a  $-0.894$ , valevole ovviamente nel range di numero di monitoraggi continui effettuati, limitato a 10. Da tali parametri si è ottenuto per la effettiva variabilità in funzione del numero di intervallo, un livello di significatività per il coefficiente di correlazione:  $p < 0,01$ .

Per quello che riguarda il ritorno alla normalità dopo il riscontro di anomalie, l'andamento dei dati ottenuti è quello riportato in Fig. 3 dove sulle ascisse sono riportati i numeri di monitoraggi successivi al guasto, ponendo uguale a 0 il monitoraggio del rilevamento del guasto e sulle ordinate la percentuale di SS.OO. senza interventi correttivi.

Come si può osservare il numero delle SS.OO. con valori anomali risulta ridotto a meno del 40% già alla seconda misura, denotando, quindi, che la maggioranza degli interventi correttivi e risolutivi avviene già

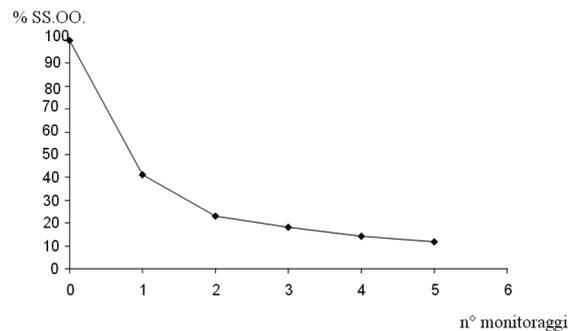


Fig. 3 - Percentuale di Sale Operatorie (SS.OO.) con valori di protossido d'azoto oltre il limite (>50 ppm) in funzione del numero di monitoraggi successivi alla risoluzione di guasti.

dopo la prima segnalazione del malfunzionamento.

Il numero di intervalli necessari per il dimezzamento delle SS.OO. con anomalie, che viene nel presente lavoro definito “emiintervallo”, risulta, quindi, essere, limitandosi ad una interpolazione lineare, pari a 0.75 intervalli.

Si può, quindi, ritenere che nella maggioranza dei casi gli interventi di eliminazione dei malfunzionamenti vengono effettuati prima del monitoraggio successivo.

Per ciò che riguarda i nuovi guasti, l'andamento in funzione del numero di intervallo è quello riportato in Fig. 4 ove sulle ascisse è riportato il numero di intervallo e sulle ordinate il numero di nuovi guasti in percentuale rispetto al numero di SS.OO. che risultavano nei limiti nella precedente misurazione.

Ovviamente il grafico parte dall'intervallo n. 2 in quanto per n. 1 non si hanno notizie sulle condizioni precedenti. La media è risultata essere del  $15 \pm 4\%$ .

Da tali dati si è calcolata, tenendo conto comunque delle differenti frequenze di campionamento, in vari Complessi Operatori, la frequenza di accadimento di nuovi guasti che è risultata essere di 0,46 accadimenti/anno per Sala Operatoria.

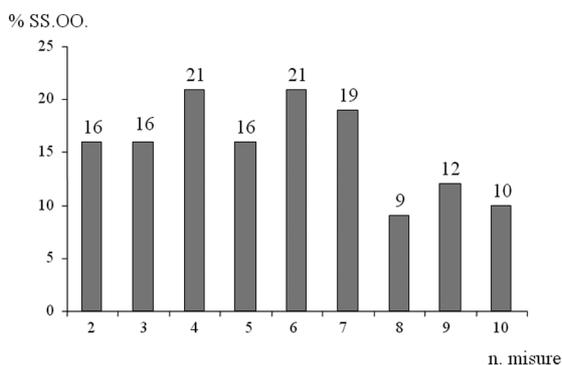


Fig. 4 - Percentuale di sale operatorie (SS.OO.) con nuovi guasti nella successione delle misure.

Si ricava, quindi, un valore di intervallo medio fra due guasti (paragonabile a Mean time between failures) di  $26 \pm 7$  mesi.

Quindi, possiamo considerare come limite “fisiologico”, nelle condizioni esistenti nelle SS.OO. in studio, quello del 15 % di Sale con concentrazione dei gas anestetici superiori ai limiti riportati nella norma.

## Conclusioni

I risultati ottenuti mostrano, quindi, che il monitoraggio ripetuto nel tempo conduce, con un alto indice di significatività, alla riduzione delle SS.OO. con valori di gas anestetici superiori al limite della norma, passando all'incirca dal 40% in assenza di monitoraggio al 15% dopo una serie di 10 monitoraggi, dimostrando quindi la validità e l'importanza dei controlli ambientali costanti e ripetuti nel tempo.

La presenza del 40% di SS.OO. con concentrazioni di gas anestetici oltre i limiti all'inizio delle misure, cioè quando il controllo era affidato alla sola manutenzione preventiva e periodica dei sistemi connessi con l'utilizzo di tali gas, ci fa ritenere che questa pratica da sola non è sufficiente a mantenere i valori dei gas anestetici al di sotto dei limiti della norma e che è necessario utilizzare parallelamente altri tipi di controllo, quale il monitoraggio periodico ad intervalli regolari, che risulta certamente efficace.

Si è inoltre constatato come il rilevamento di dati anomali porti ad una relativamente rapida soluzione del problema, tanto che nel 60 % dei casi l'anomalia è già risolta nell'intervallo di tempo del successivo monitoraggio.

Si è infine visto che l'intervallo di tempo fra due malfunzionamenti dell'intero sistema connesso con l'utilizzo dei gas anestetici è di poco superiore ai due anni.

Anche se lo studio è stato realizzato in un ambito geografico limitato e, quindi, in con-

dizioni che non possono essere considerate rappresentative della realtà esistente in altri contesti, si può ragionevolmente supporre che, mutati i parametri, gli andamenti riscontrati possano avere una loro valenza anche in situazioni diverse.

Si può infine ritenere che i risultati riscontrati possono essere considerati un punto di riferimento per un controllo delle condizioni esistenti in altre realtà, in quanto la constatazione di uno scostamento peggiorativo rispetto ai risultati ottenuti potrebbe essere considerato indice di malfunzionamento del sistema gas anestetici ed utilizzato come strumento per l'accertamento di possibili non conformità, ed occasione per l'applicazione di azioni correttive per il miglioramento continuo della qualità.

### Riassunto

Nel presente lavoro si è valutata l'efficacia del monitoraggio ambientale periodico sul mantenimento nelle sale operatorie delle concentrazioni di gas anestetici al di sotto dei limiti stabiliti dalle norme.

Per lo studio sono stati utilizzati i dati relativi alle concentrazioni di protossido di azoto derivanti dai rilevamenti effettuati presso 71 sale operatorie di 31 presidi ospedalieri della Regione Campania.

I risultati ottenuti mostrano quindi che il monitoraggio ripetuto nel tempo conduce, con un alto indice di significatività, alla riduzione delle sale operatorie con valori di gas anestetici superiori al limite della norma, passando all'incirca dal 40% in assenza di monitoraggio, al 15% dopo una serie di 10 monitoraggi, dimostrando quindi la validità e l'importanza dei controlli ambientali.

### Bibliografia

1. Boivin JF. Risk of spontaneous abortion in women occupationally exposed to anaesthetic gases: A meta-analysis. *Occup Environ Med* 1997; **54**: 541-8.
2. Cassano F, De Marinis G, Bavaro P, et al. Occupational exposure to inhalation anaesthetics: 10 years of measurements at hospitals in Puglia. *G Ital Med Lav Ergon* 2003; **25** (Suppl 3): 279-81.
3. Circolare Ministeriale 14 marzo 1989 n° 5. Esposizione professionale ad anestetici in sala operatoria.
4. Imberti R, Preseglio I, Imbriani M, Ghittori S, Cimino F, Mapelli A. Low flow anaesthesia reduces occupational exposure to inhalation anaesthetics. Environmental and biological measurements in operating room personnel. *Acta Anaesthesiol Scand* 1995; **39**: 586-91.
5. Imbriani M, Andreoletti F, Baj A, et al. Measurements and environmental and biological monitoring of occupational exposure to inhalation anaesthetics. *G Ital Med Lav* 1992; **14**: 11-24.
6. Krajewski W, Kucharska M, Wesolowski W, Stetkiewicz J, Wronska-Nofer T. Occupational exposure to nitrous oxide - the role of scavenging and ventilation systems in reducing the exposure level in operating rooms. *Int J Hyg Environ Health* 2007; **210**: 133-8.
7. Marx T. Pollution of the work environment by volatile anaesthetics and nitrous oxide. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1997; **32**: 532-40.
8. Masahicko Fujinaga MD. Teratogenicity of nitrous oxide. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2001; **15**: 363-75.
9. Montuori P, Sarnataro C, Albertini P, et al. La qualità ambientale di sale operatorie nella regione Campania: i risultati di un monitoraggio ambientale. *Ann Ig* 2007; **19**: 451-62.
10. Pitzurra M, Pasquarella C, D'Alessandro D, Savino A. La prevenzione dei rischi in sala operatoria. Roma: Società Editrice Universo, 1999.
11. Rovesti S, Ferrari A, Faggiano D, Vivoli G. Monitoraggio dell'esposizione professionale ad anestetici volatili in sala operatoria; misurazioni ambientali e biologiche. *Ann Ig* 2005; **17**: 219-30.
12. Rovesti S, Pecone LF, Vivoli G. Concentrazioni ambientali di protossido di azoto e isofluorano in sala operatoria. *Ann Ig* 2003; **15**: 701-8.
13. Sartini M, Ottria G, Dalleria M, Spagnuolo AM, Cristina ML. Nitrous oxide pollution in operating theatres in relation to the type of leakage and the number of efficacious air exchanges per hour. *J Prev Med Hyg* 2006; **47**: 155-9.
14. Terrana T, Radice L, Cirila AM, et al. Esposizione professionale ad anestetici volatili ed effetti riproduttivi: rassegna bibliografica degli studi epidemiologici. *G Ital Med Lav* 1992; **14**: 43-7.
15. Tran N, Elias J, Rosenberg T, Wylie D, Gaborieau

D, Yassi A. Evaluation of waste anesthetic gases, monitoring strategies, and correlations between nitrous oxide levels and health symptoms. *Am Ind Hyg Assoc J* 1994; **55**: 36-41.

16. Triassi M, Montuori P, Arnese A, Campaiola C, Amodio Cocchieri R. Studio sulla qualità ambientale di sale operatorie in Campania. *Ann Ig* 2001; **13**: 247-57.

Corrispondenza: Dott. Pierangela Mainardi, Dipartimento di Scienze Mediche Preventive, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Corpo Basso Nord, Edificio 19, Via Sergio Pansini 5, 80131 Napoli  
e-mail: mainardi.p@libero.it