

## METODICHE DI CAMPIONAMENTO DEL PROTOSSIDO D'AZOTO NELLE SALE OPERATORIE

*Giampaolo Gori, Andrea Trevisan*

*Istituto di Medicina del Lavoro, Università di Padova, Via Facciolati 71, 35127 Padova.*

### INTRODUZIONE

Il protossido d'azoto ( $N_2O$ ) è l'anestetico gassoso più utilizzato per l'induzione dell'anestesia chirurgica. Viene usato da solo o in associazione con anestetici fluorurati quali il fluotano e l'enflurano, in concentrazioni in genere consistenti (anche il 60-70% in volume).

L'uso anestetico dell' $N_2O$  data da quasi un secolo e deve la sua fortuna al fatto di essere stato considerato privo di effetti tossici fino al recente passato.

La prima segnalazione sugli effetti tossici dell' $N_2O$  risale al 1956 (1), ma è solo dagli anni '70 che studi sperimentali ed epidemiologici (2-5) hanno messo in evidenza alcuni effetti sulla sintesi della vitamina B 12 e sul sistema nervoso centrale.

Nel 1976 il NIOSH pubblicò un documento in cui consigliava una concentrazione limite di 25 ppm nelle sale operatorie (6). A sua volta, l'ACGIH nel 1987 introdusse nella lista degli «intended changes» l' $N_2O$  con un TLV-TWA di 50 ppm (7). Tali limiti sono stati contestati da vari autori come «iperprotettivi» (8, 9). Gli stessi Autori (10) hanno proposto un limite di 100 ppm.

Le cause dell'inquinamento delle sale operatorie da parte degli anestetici vanno ricercate nelle possibili perdite in vari punti delle linee di erogazione e nella scarsa efficienza dei sistemi di ricambio dell'aria.

Il metodo più conosciuto per la determinazione della concentrazione ambientale dell' $N_2O$  si basa sull'utilizzazione di analizzatori infrarossi a misura istantanea; molti igienisti effettuano, inoltre, determinazioni seriate nel tempo coi cosiddetti «fialoni da gas» (11).

I risultati così rilevati sono soprattutto utili per l'individuazione di punti di perdita o fuga dei gas (12), per studiare le variazioni in concentrazione nel tempo o, più semplicemente per avere delle indicazioni sulla situazione ambientale; certamente non sono sufficientemente validi per definire il TLV-TWA.

Nel presente lavoro sono state confrontate alcune metodiche per la determinazione delle concentrazioni medie integrate nel tempo dell' $N_2O$ , allo scopo di valutare la loro validità. Allo stesso tempo è stata determinata l'esposizione (TWA) professionale degli operatori impiegati nelle sale operatorie (anestesisti, chirurghi ed infermieri).

## MATERIALI E METODI

Sono state indagate cinque sale operatorie di un Ospedale della Provincia di Padova ove si svolgevano interventi di chirurgia generale, otorinolaringoiatria, ginecologia ed ortopedia. Le sale operatorie erano dotate di un sufficiente sistema di ricambi d'aria (15-20 ricambi ora), ma non disponevano di sistemi di evacuazione dei gas anestetici, i quali venivano scaricati direttamente nell'ambiente. Per l'induzione dell'anestesia veniva utilizzato esclusivamente l' $N_2O$ .

Nelle Tabelle 1-3 vengono riportati in dettaglio i metodi utilizzati.

Per ogni sala operatoria l'esposizione a  $N_2O$  è stata determinata per l'anestesista, per il chirurgo e per l'infermiere. Anestesisti ed infermieri indossavano contemporaneamente i sacchi da 20 l di cui alle Tabelle 1 e 2 collegati a campionatori personali ed i monitors per i prelievi passivi, di cui alla Tabella 3, posizionati al bavero su parti opposte. I chirurghi portavano solo i campionatori passivi (posizionati sulla mascherina), dal momento che i sacchi risultavano eccessivamente ingombranti. I campionamenti d'area sono stati effettuati negli atri antistanti le sale operatorie posizionando su cavalletti sia i sacchi da 50 litri che i campionatori passivi. Le prese d'aria per i sacchi e per i campionatori passivi erano poste ad una distanza tra loro di circa 30 centimetri e ad una altezza da terra di 1,6 metri. Le porte tra le sale operatorie e gli atri antistanti risultavano frequentemente aperte ed i pazienti appena operati stazionavano negli atri in attesa del trasporto nella stanza di risveglio. Per ogni sala operatoria è stata seguita l'intera seduta operatoria (durata tra le 2 e le 5 ore) con una media di 3-4 cambi sia per i sacchi che per i passivi. Per ogni sala sono state effettuate misure durante due sedute operatorie per complessive dieci indagini.

Le analisi gas-cromatografiche e I.R. sono state completate entro un tempo massimo di 90 minuti dal prelievo.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

La Tabella 4 riassume i risultati ottenuti con le tre metodiche impiegate. Il confronto tra i dati ottenuti col metodo gas-cromatografico ed il metodo I.R. non evidenzia sostanziali differenze, essendo i risultati praticamente sovrapponibili (pendenza della retta eguale a 1). Fondamentalmente, infatti, rimanendo eguale la tecnica di prelievo, le differenze sono solamente per la tecnica analitica. Ottimale appare anche la correlazione tra i risultati ottenuti coi campionatori passivi e quelli ottenuti mediante prelievi attivi con sacchi e analizzati sia per via gas-cromatografica che con I.R. Nonostante questo, i monitor passivi evidenziano una parziale sottostima per concentrazioni ambientali superiori a 400 ppm; nel range tra 0 e 400 ppm, infatti, la correlazione migliora sensibilmente ( $r = 0,98$ ). È quindi ragionevole supporre che la sottostima dei monitors passivi al di sopra delle 400 ppm sia da attribuirsi a fenomeni di saturazione del substrato.

Dal punto di vista pratico, i monitors passivi sono senz'altro preferibili per il minimo ingombro e la praticità d'uso che permettono di valutare anche l'esposizione dei chirurghi che non possono essere equipaggiati con ingombranti campionatori attivi. Dal punto di vista della tecnica analitica la determinazione gas-

cromatografica e I.R. dell'aria prelevata mediante sacchi è estremamente semplice poiché si tratta in pratica di una lettura diretta, senza trattamento del campione. La tecnica di analisi dei campionamenti passivi è invece più complessa, richiedendo una accurata taratura.

Difetto comune a tutti i metodi è la necessità di effettuare numerosi prelievi della durata di circa un'ora al fine di valutare l'esposizione media integrata giornaliera. Utile sarebbe quindi la progettazione di campionatori passivi a bassa «velocità di captazione» che consentano prelievi di lunga durata, possibilmente utilizzando un unico campionatore per tutto il tempo necessario.

La tabella 5 mostra i valori ambientali medi (ed il range) espressi come TWA riscontrati nelle varie figure professionali durante l'indagine. Dai risultati ottenuti possono trarsi alcune considerazioni:

a) fra le figure professionali controllate, la più esposta ad  $N_2O$  è, in genere, l'anestesista, tranne che durante interventi di otorinolaringoiatria; b) l'esposizione dei chirurghi e degli infermieri non differisce significativamente; c) dal punto di vista impiantistico non sono sufficienti 15-20 ricambi d'aria/ora per mantenere entro limiti accettabili le concentrazioni di  $N_2O$ .

La maggiore esposizione degli anestesisti è verosimilmente dipendente dalla vicinanza della posizione lavorativa al sistema di erogazione, alla valvola di scarico e ad alcuni punti di raccordo dei tubi corrugati che si sono spesso rilevati importanti punti di perdita. L'eccezione del chirurgo otorinolaringoiatra è spiegabile col differente sistema di erogazione dell' $N_2O$  poiché non viene usato il tradizionale servoventilatore bensì la valvola di Ruben il cui scarico è diretto verso il viso del chirurgo.

I risultati della Tabella 4 mettono in evidenza come le concentrazioni medie ponderate di  $N_2O$  siano costantemente superiori sia al valore limite, valutato su base impiantistica, di 25 ppm proposto dal NIOSH, sia al valore limite di 50 ppm proposto dall'ACGIH.

Pur non essendo il merito del presente lavoro discutere sia della tossicità dell' $N_2O$  sia dei suoi limiti nell'ambiente di lavoro, si ritiene che sia d'altro canto possibile abbattere in maniera adeguata la concentrazione ambientale del gas. Sistemi di evacuazione attiva del gas esausto oltre ad un buon impianto di ventilazione potrebbero essere presidi sufficienti ad un buon abbattimento dell'inquinamento. Un frequente controllo della raccorderia utilizzata, soprattutto in alcuni punti critici dai quali possono registrarsi perdite anche consistenti, può risultare inoltre utile al contenimento dell'inquinamento.

## RIASSUNTO

Sono state confrontate tre diverse metodiche per la determinazione della concentrazione ambientale ponderata del protossido d'azoto: raccolta dell'aria ambientale mediante campionatori attivi in sacchi e determinazione sia gas-cromatografica che I.R. e prelievi dell'aria ambientale mediante campionatori passivi e determinazione gas-cromatografica. Tali metodi appaiono ben correlati tra di loro (rispettivamente  $r = 0,997$ ,  $r = 0,961$ ,  $r = 0,952$ ) ed utilizzabili indifferentemente. I campionatori passivi, malgrado sottostimino i valori per concentrazioni superiori alle 400 ppm ed impongano una più complessa tecnica anali-



tica, consentono il monitoraggio di tutte le figure professionali presenti in sala operatoria, compresi i chirurghi. I valori di TWA relativi alle intere sedute operatorie (dell'ordine di 200-300 ppm) dimostrano che la figura professionale più esposta è quella dell'anestesista. Per l'abbattimento dell'inquinamento ambientale non appare sufficiente una buona ventilazione (15-20 ricambi d'aria/ora), ma sono necessari interventi che consentano una evacuazione attiva del gas esausto.

### SUMMARY

Three different methods for the measure of the time weighted average (TWA) concentration of nitrous oxide have been compared. Environmental air of surgical areas was sampled with personal pumps and tedlar bags.

The analysis of the gas were carried out with: a) gas-chromatography with ECD detector, and b) Infrared spectrophotometry. Diffusional monitors (c) were used too, and the relative analysis was carried out with a head-space gas-chromatographic method. The results obtained with the three methods are well correlated ( $r = 0.997$  a vs b;  $r = 0.961$  a vs c; and  $r = 0.952$  b vs c). All these methods are suitable for routine use, although passive monitors underestimate data above 400 ppm, and are more difficult to analyze. However, they allow the monitoring of all surgery workers, including surgeons. Anaesthetists seem to be the more exposed subjects (about 200-300 ppm). A good ventilation alone is not enough to achieve a safety concentration of nitrous oxide; waste lines of exaust gases seem to be necessary.

Tab. 1 - Metodiche di prelievo e determinazione del protossido d'azoto (metodo I)

Mezzo di captazione:	sacco TEDLAR (20 l personal, 50 l d'aria)
Campionatore:	Du Pont 4000
Flusso:	0.25 l/minuto
Durata:	75 minuti personali, 150 minuti d'area
Posizione:	sacco indossato come uno zaino, presa d'aria al bavero del camice.
Metodo analitico:	Gas-cromatografia, rivelatore ECD
Strumento:	Perkin-Elmer Sigma 3B
Fase:	Setacci molecolari 13 A
Condizioni:	Iso 250° C, Iniettore 280° C, Rivelatore 300° C
Gas di trasporto:	Argon/metano 5%, flusso 30 ml/min
Trattamento:	Iniezione diretta
Volume iniettato:	1 ml

Tab. 2 - Metodiche di prelievo e determinazione del protossido d'azoto (metodo 2)

IL METODO DI CAMPIONAMENTO È ANALOGO AL METODO 1	
Metodo analitico:	L'aria contenuta nei sacchi di TEDLAR è stata fatta fluire a 0.5 l/min attraverso la cella di un monitor I.R. (BINOS-HERHAUS, dedicato alla determinazione dell' $N_2O$ e tarato dal costruttore) con lettura istantanea (13)

Tab. 3 - Metodiche di prelievo e determinazione del protossido d'azoto (metodo 3).

Campionatore:	passivo (14)
Mezzo di captazione:	Setacci molecolari attivati di 5 A (0,7 G)
Durata:	75 minuti personali, 150 minuti d'area
Posizione:	Al bavero del camice degli addetti dalla parte opposta rispetto alle prese d'aria dei sacchi. Agganciato alla mascherina, sul lato destro, nel caso dei chirurghi
Metodo analitico:	Gas-cromatografia, rivelatore ECD
Strumento:	Perkin-Elmer Sigma 3B
Fase:	Setacci molecolari attivati di 13 A
Condizioni:	Iso 250° C, Iniettore 280° C, Rivelatore 300° C
Trattamento:	Desorbimento con $H_2O$ e campionamento in spazio di testa
Volume iniettato:	1 ml
Curva standard:	Bombole contenenti miscele tarate della SIOBLUGAS (range 0-1000 ppm)

Tab. 4 - Correlazione tra i valori ottenuti con i tre metodi indicati

I.R./G.C.	$y = 1.000x - 6,8$	$r = 0,997$	$n = 66$
CPD/G.C.	$y = 0.935x - 4,9$	$r = 0,961$	$n = 66$
CPD/I.R.	$y = 0.915x + 15,1$	$r = 0.952$	$n = 66$

Legenda: I.R. = campionamento attivo, analisi in infrarosso  
 G.C. = campionamento attivo, analisi gas-cromatografica  
 CPD = campionamento passivo, analisi gas-cromatografica  
 n = numero di prelievi

Tab. 5 - Valori medi di TWA degli operatori delle sale operatorie, ottenuti con tre metodi.

POSIZIONE	METODO	N <sub>2</sub> O (ppm)	RANGE
Anestesista	Bag-G.C.	296,3 ± 135,3	100,2 - 546,7
Anestesista	Bag-I.R.	289,1 ± 138,0	96,7 - 545,0
Anestesista	CPD-G.C.	290,2 ± 171,2	89,7 - 538,3
Infermiere	Bag-G.C.	246,2 ± 116,0	106,8 - 475,2
Infermiere	Bag-I.R.	236,4 ± 110,5	103,2 - 440,1
Infermiere	CPD-G.C.	220,9 ± 129,8	88,9 - 441,7
Chirurgo	CPD-G.C.	231,9 ± 154,5	67,8 - 491,5
Atrio	Bag-G.C.	84,2 ± 48,2	27,1 - 244,0
Atrio	Bag-I.R.	77,6 ± 43,1	40,2 - 233,1
Atrio	CPD-G.C.	73,9 ± 49,6	33,2 - 220,5

- (1) LASSEN H.C.A., HENRIKSEN E., NEUKICH F., KRISTENSEN H.S.: Treatment of tetanus: severe bone-marrow depression after prolonged nitrous oxide anaesthesia. *Lancet* 1: 527-529, 1956.
- (2) BRUCE D.L., EIDE K.A., LINDE H.Z., ECKENHOFF J.E.: Causes of death among anesthesiologists: a 20 years survey. *Anesthesiology* 29: 565-569, 1968.
- (3) BRUCE D.L., BACH M.J.: Psychological studies of human performance effected by traces of enflurane and nitrous oxide. *Anesthesiology* 42: 194-196, 1975.
- (4) VENABLES H., CHERRY N., WALDRON H.A., BUCK L., EDLING C., WILSON H.K.: Effects of trace levels of nitrous oxide on psychomotor performance. *Scand. J. Work Environ. Health* 9: 391-396, 1983.
- (5) KOBLIN D.D., WASKELL L., WATSON J.E., STOCKSTAD E.L.R., EGER E.I.: Nitrous oxide inactivates methionine synthetase in human liver. *Anesth. Analg.* 61: 75-78, 1982.
- (6) NIOSH: Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to waste anesthetic gases and vapours. DHEW (NIOSH) Pu. N. 77-140, 1977.
- (7) ACGIH: Threshold limit values and biological exposure indices for 1987-1988. Cincinnati, Ohio, p. 41.
- (8) SHARER M.N., NUNN J.F., ROYSTON J.P., CHANARIN I.: Effects of chronic exposure to nitrous oxide on methionine synthetase activity. *Br. J. Anaesth.* 55: 693-701, 1983.
- (9) FISEROVA-BERGEROVA V.: Toxicity and threshold for nitrous oxide. *Atti del Convegno: Rischio professionale da anestetici per inalazione. Monitoraggio e prevenzione. Pavia 16.4.1988, p. 41-59*
- (10) SWEDISH NATIONAL BOARD OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. *Pubbl. AFS 1: 1981.*
- (11) MINISCI S., RICCI E.: Inquinamento da gas anestetici nelle sale operatorie. *Med. Lavoro* 73: 187-197, 1982.
- (12) GORI G.P., TREVISAN A., POLATO R., CALZAVARA V.: Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) pollution in surgical areas. 1st international Congress on Industrial Hygiene. Rome 5-9 october 1986, p. 68-69.
- (13) SONANDER H., STENQVIST O., NILSSON K.: Urinary N<sub>2</sub>O as a measure of biologic exposure to nitrous oxide anaesthetic contamination. *Ann. Occup. Hyg.* 27: 73-79, 1983.
- (14) GHITTORI S., IMBRIANI M., HUANG J.: Misura delle concentrazioni ambientali ponderate di protossido d'azoto mediante adattamento di un campionatore passivo a diffusione (CPD). *Med. Lavoro* 77: 547-552, 1986.