

# **MONITORAGGIO AMBIENTALE DELLE CONDIZIONI DI ESPOSIZIONE A GAS ANESTETICI IN AMBIENTE OSPEDALIERO**

R. Brisotto, M.G. Munafò, L. Combatto, Riavez R., Bergamasco V., Perin G., Piovesan P.

Servizio Medicina del Lavoro USL 8, Udine

## **INTRODUZIONE**

Scopo del presente lavoro è stato quello di quantificare e definire il grado di esposizione a gas e vapori anestetici all'interno delle sale operatorie di uno stabilimento ospedaliero presente sul territorio di competenza.

Il monitoraggio ambientale è stato effettuato mediante una tecnica in continuo relativamente recente che verrà successivamente descritta.

## **MATERIALI E METODI**

Le sale operatorie dello stabilimento ospedaliero indagato sono riunite in un unico blocco cui afferiscono le varie divisioni chirurgiche ivi operanti, ognuna delle quali opera in una sala distinta.

L'impianto per il ricambio d'aria risulta del tipo a tutta aria esterna senza ricircolo, secondo quanto indicato dalla Circolare Ministeriale LL.PP. 13011 del 22.11.74, e a pressione positiva. L'impianto garantisce, secondo l'Ufficio Tecnico dello stabilimento ospedaliero, 10 ricambi di aria all'ora.

Tutte le sale operatorie incluse le sale risveglio sono collegate allo stesso impianto.

Le apparecchiature di anestesia sono dotate di evacuazione attiva dei gas con scarico all'esterno.

L'anestesia per inalazione viene comunemente effettuata tramite il protossido d'azoto, che proviene dall'impianto centralizzato dell'Ospedale, in miscela arricchita in ossigeno e nei composti "alogenati" alotano ed isofluorano che risulta il più impiegato.

L'anestesia gassosa viene eseguita di norma mediante intubazione endotracheale per lo più in circuito non ri-respirato. L'uso della maschera è limitato e quasi sempre a supporto dell'anestesia endovenosa impiegata soprattutto per gli interventi in ginecologia. Il numero di anestesie eseguite per intubazione con impiego di solo alogenato è limitato a circa 2.5 % dei casi.

Per l'esecuzione del monitoraggio degli anestetici è stato utilizzato l'apparecchio MULTI GAS MONITOR 1302 della ditta Bruel&Kjaer, uno strumento che sfrutta la rilevazione fotoacustica dei gas.

Questo metodo di rilevazione si basa sul principio dell'assorbimento dei gas nel campo delle frequenze dell'infrarosso (I.R.). L'analizzatore consente di dosare simultaneamente tutti gli anestetici aereodispersi con una cadenza di campionamento variabile in funzione della lunghezza del tubo di campionamento usato e del numero dei gas da misurare.

Nel nostro caso il prelievo è stato effettuato ad intervalli di 100 secondi circa. Tutti i dati acquisiti sono stati conservati in una memoria elettronica interna allo strumento e successivamente trasferiti in un calcolatore per le elaborazioni grafiche e statistiche.

Si è proceduto al monitoraggio, per lo più in contemporanea utilizzando un'unità campionatrice multipunto, dell'area occupata dall'anestesia e dal chirurgo, posizionando l'estremità distale del tubicino collegato allo strumento sopra descritto in prossimità della "zona respiratoria" di questi operatori. Sono stati inoltre effettuati campionamenti in alcune sale risveglio per la valutazione dell'inquinamento determinato dai pazienti con l'aria espirata al termine degli interventi chirurgici. Per ogni campione d'aria prelevato si è proceduto alla misura delle concentrazioni del protossido d'azoto, dell'anestetico alogenato e, come misura ulteriore della validità dei ricambi d'aria che vengono effettuati e del grado di inquinamento "umano" per il possibile sovraffollamento all'interno delle sale, dell'anidride carbonica.

Oltre ai filtri per il protossido d'azoto, per l'alogenato e per l'anidride carbonica, nello strumento, che può ospitare in un apposito carosello fino ad un massimo di sei filtri, è stato alloggiato un filtro ottico specifico per compensare l'interferenza provocata dal vapor d'acqua presente nel campione d'aria prelevato; è noto infatti che l'acqua assorbe nello spettro I.R..

Al fine di evitare e comunque limitare al massimo fenomeni di interferenza determinati dalla presenza di contaminanti di altra natura spesso presenti in sala operatoria quali ad esempio alcool isopropilico, alcool etilico ed aldeidi, componenti di diverse soluzioni disinfettanti, sono state date precise indicazioni affinché ne fosse evitato l'uso.

Interferenze di questo tipo possono risultare particolarmente marcate nel caso in cui si proceda alla disinfezione di ampie superfici del paziente, situazioni che possono verificarsi specialmente nelle sale Chirurgia Generale ed Ortopedia.

Si precisa infine anche che, in considerazioni delle basse concentrazioni di anestetici presenti, è stata utilizzata la "cross-interference", sistema che permette di compensare le interferenze reciproche tra le sostanze in esame in oggetto dell'indagine. Il valore del numero di ricambi d'aria presentato dall'Ufficio Tecnico Ospedaliero è stato verificato con il metodo del "decadimento della

concentrazione di gas tracciante”. Come gas inquinante di riferimento su cui valutare la curva di decadimento si è scelto il protossido d’azoto.

Le prove sono state eseguite al termine delle operazioni chirurgiche senza la presenza di personale ed a porte chiuse.

Tenendo presente che la distribuzione dei gas all’interno di una sala operatoria ben difficilmente è uniforme, sono stati scelti 3 punti di verifica attorno al tavolo operatorio.

Per lo scopo si è impiegato lo stesso spettroscopio fotoacustico utilizzato per il monitoraggio delle sale, abbinato ad un campionatore multipunto in grado di prelevare alternativamente, in media ogni 120 secondi, l’aria da ogni singolo punto tramite specifiche tubazioni. Il valore del numero di ricambi d’aria è stato calcolato mediando i risultati ottenuti per i vari punti.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

L’analisi delle concentrazioni medie degli anestetici che sono state riscontrate ha permesso di evidenziare complessivamente il basso livello di contaminazione delle sale indagate.

A paziente incubato, infatti, le concentrazioni medie del protossido d’azoto risultano abbondantemente al di sotto del limite raccomandato dal N.I.O.S.H. (25 ppm come valore T.W.A.).

Valori medi superiori a tale limite sono stati riscontrati solamente nel corso di sedute operatorie condotte con la somministrazione degli anestetici mediante maschera, a causa delle cospicue perdite che con tale sistema si verificano, come già da tempo abbondantemente documentato dalla letteratura.

Va però sottolineato che anche con l’adozione di questa tecnica, i valori medi riscontrati risultano discretamente al di sotto dei limiti proposti dal Ministero della Sanità con la Circolare n°5/1989.

Anche l’analisi dei valori massimi supporta il rilievo di una situazione di sostanziale scarsa contaminazione: fatta eccezione per le sedute in cui si è proceduto alla somministrazione degli anestetici con maschera tutti i monitoraggi effettuati hanno evidenziato valori di picco inferiori ai 50 ppm.

L’analisi statistica dei valori ottenuti ha permesso di ricavare i dati che vengono riportati nella tabella (il calcolo è stato eseguito solamente per la posizione “anestesista in sala operatoria” e con esclusione delle sedute in cui si è proceduto alla somministrazione degli anestetici con maschera e di quelli in cui è stato somministrato unicamente l’anestetico alogenato) :

	ALOGENATO	PROTOSSIDO D'AZOTO
Media Ponderata (1)	0.27	3.99 ppm
D. S.	0.037	0.62
P	0.05	0.05
n	9	9
t (n-1)	2.306	2.306
L. C. 95%	0.185-0.355	2.57-5.41

(1) Media dei valori di concentrazione medi ponderati per i rispettivi periodi di campionamento.

Analoghe considerazioni possono essere effettuate anche per i valori evidenziati per i composti alogenati.

Tutte le concentrazioni medie, infatti si situano al di sotto di 0.5 ppm (valore massimo proposto dal N.I.O.S.H. in caso di uso contemporaneo di alogenati e protossido d'azoto), anche se in tutte le sedute monitorate si rilevano situazioni di picco che eccedono questo limite.

Relativamente alle sale risveglio il calcolo ha evidenziato una concentrazione media ponderata di 4.96 ppm per il protossido d'azoto e di 0.26 ppm per l'alogenato, valori quindi non trascurabili se confrontati con quelli riscontrati all'interno delle sale. Tali livelli di concentrazione sono anche determinati dal fatto che ad una stessa sala risveglio (pur essendo tutte le sale operatorie dotate di una sala risveglio propria) confluiscono, per problemi di carenza di personale, pazienti provenienti da più sale operatorie, per cui si possono avere situazioni di relativo sovraffollamento. Un breve commento meritano anche i valori riscontrati dell'anidride carbonica, le cui concentrazioni medie fluttuano di poco intorno al valore di 500 ppm (TLV-TWA = 5.000 ppm) per cui viene evidenziata ulteriormente la validità del sistema di ricambio dell'aria. La modesta variabilità dei valori medi monitorati testimonia inoltre l'affidabilità del sistema di rilevamento utilizzato.

L'analisi dettagliata delle varie sedute monitorate ci consente di apportare le seguenti considerazioni:

- la costante assenza di accumulo degli anestetici erogati che si osserva in tutte le sedute monitorate fornisce un'ulteriore conferma dell'efficacia degli accorgimenti adottati (ricambi d'aria e sistemi di evacuazione attiva dei gas) e degli elevati livelli di sicurezza posseduti dalle macchine di anestesia nel loro insieme garantiti evidentemente da un accurato protocollo di verifica e da una corretta condotta dell'anestesista.
- picchi costanti si osservano inoltre al momento dell'estubazione del paziente (a seguito

dell'emissione di elevate concentrazioni degli anestetici inalati con l'espilato) ed al momento del distacco del tubo del protossido nel corso delle pulizie di sala, dalla linea dell'impianto centralizzato ospedaliero di erogazione, in quanto, essendo il gas in pressione, la manovra descritta comporta comunque una perdita di durata brevissima attraverso l'attacco (a baionetta) che viene disinserito;

- in ogni seduta si nota, di poco precedentemente all' inizio, dell'erogazione dei gas, un picco di concentrazione sia per il protossido d'azoto che per l' alogenato. Questa situazione è verosimilmente legata al fatto che prima di dar corso all'anestesia per inalazione il paziente viene iperossigenato in maschera per cui è probabile che il flusso di ossigeno "lavi" la macchina di anestesia dai residui degli anestetici presenti;

- come situazione di evento "accidentale" monitorato, segnaliamo le situazioni verificatesi :

a) 02.07.1992 (sala di chirurgia) allorché, mediamente dopo l'inizio dell'erogazione degli anestetici, si verificava una perdita a seguito della mancata tenuta della cuffia del tubo orotracheale; essa veniva prontamente individuata dall'anestesista presente in sala che provvedeva all'immediata sistemazione del tubo. Si notava tuttavia che il decadimento degli anestetici procedeva lentamente per cui si sospettava che la perdita non fosse stata eliminata del tutto. Nel contempo però, ci si accorgeva che uno strumento radiologico era stato posto immediatamente davanti la bocchetta di ripresa, per cui si poteva avere un ostacolo al ricambio d'aria. Questa ipotesi si rivelava quella corretta, in quanto lo spostamento dello strumento determinava una più veloce normalizzazione della situazione;

b) il giorno 12.10.1992 (sala di Ginecologia) allorché, poco dopo l'inizio del secondo intervento, si verificava una perdita a seguito del distacco del raccordo al tubo endotracheale.

- un'altra situazione sicuramente da evidenziare è costituita dal picco dell' alogenato rilevato nelle sedute del 05-08-92 intorno alle ore 10.00 e del 12.10.92 verso le ore 12 a seguito del rabbocco del vaporizzatore con l' alogenato;

- a riprova della sensibilità della tecnica analitica utilizzata segnaliamo la situazione registrata in data 17.07.92 presso la sala risveglio dell'O.R.L.: si nota un brusco aumento della concentrazione di protossido

d'azoto poco dopo le ore 11-00. Questa situazione particolare è stata determinata dall'ingresso in sala di un paziente per il quale era stato utilizzato, in fase di anestesia anche il protossido d'azoto ; precedentemente erano stati portati in sala altri due pazienti per i quali era stato utilizzato solamente il forano. Da notare che sino a quel momento i valori della concentrazione del protossido d'azoto permangono costantemente a livelli "di fondo".

Va segnalato inoltre il picco iniziale per il protossido d'azoto registrato nel corso della seduta

del 12.10.92, pur in assenza dell'erogazione di tale gas; come detto precedentemente questa situazione è verosimilmente da attribuire al "lavaggio" della macchina d'anestesia a seguito della somministrazione di ossigeno in maschera.

Sono a questo punto d'obbligo alcune considerazioni in merito al tipo di tecnica analitica che è stata utilizzata e della quale si può dare, sulla base di quanto espresso in precedenza, un giudizio complessivo più che soddisfacente. Deve essere rimarcato innanzitutto che lo strumento utilizzato permette un monitoraggio in tempo reale dei valori di inquinamento presenti in sala e quindi una immediata rilevazione di situazioni ambientali anomale.

E' stato così possibile, seguire le varie sedute operatorie e correlare l'andamento delle concentrazioni degli anestetici con precise situazioni di lavoro (inizio erogazione gas, estubazione, rabbocco alogenato, ecc.) o con l'occorrenza di evenienze "accidentali" (perdite) che sono risultate comunque rare.

Fra gli svantaggi, quello più importante è dato dalla possibile evenienza di fenomeni di interferenza che si possono verificare a seguito dell'utilizzo in sala di sostanze che presentino spettri di assorbimento all'I.R. simili a quello del gas da monitorare. Va rilevato però che il carosello di filtraggio permette l'alloggiamento di ulteriori due filtri che permetterebbero così di compensare le interferenze, non di tutti i contaminanti naturalmente, ma di almeno due (i più rappresentati).

Per quanto riguarda la velocità ed il ricambio d'aria delle sale operatorie i risultati sperimentali ottenuti col "metodo del decadimento della concentrazione" hanno confermato l'ordine di grandezza del numero (N) dei ricambi d'aria presunto dall'Ufficio Tecnico Ospedaliero anche se l'impianto risulta sbilanciato:

#### SALA O.R.L.

- prova n.1 N. = 10.5
- prova n.2 N. = 9.5

#### SALA CHIRURGIA

- prova n.1 N. = 11.5
- prova n.2 N. = 12.0