

TECNOLOGIE DI RILEVAZIONE DEI GAS ANESTETICI IN SALA OPERATORIA

Monica Sivo

Collaboratrice Ufficio Tecnico
e Reparto Nefrologia e Dialisi
Ospedale S. Carlo Borromeo (MI)

Scopo dell'articolo è quello di fornire una panoramica relativa alle tecnologie attualmente in uso alle normative vigenti riferite alla rilevazione del livello di contaminazione ambientale da gas anestetici in sala operatoria. Tale rilevazione ha per scopo sia di controllare l'efficacia delle misure preventive messe in atto, sia di svelare eventuali perdite insospettite. Si esamina inoltre un principio di misura basato, a differenza degli altri sistemi attualmente in commercio, sul metodo della Fotoacustica ad Infrarossi.

Una prova di fattibilità con un'apparecchiatura che utilizza tale principio di misura era stata proposta in un precedente articolo (L. Lodola, D. Vlacos, B. D'Acquino, M. Doglio, L. Rolandi "Monitoraggio dei gas anestetici nelle sale operatorie" Tecnica Ospedaliera n. 3/1992).

L'odierna pratica anestesilogica prevede nella maggior parte dei casi, l'uso dei gas anestetici quali Alotano, Etrano, Isoflurano, e Protossido di Azoto. Inevitabilmente parte di questi agenti viene dispersa nell'aria ambiente per motivi pratici e tecnici. Gli studi finora compiuti sugli effetti dell'esposizione cronica a tracce di anestetico volatile sono relativamente contraddittori, ma suggeriscono comunque la necessità di ridurre al minimo l'inquinamento. Al fine di ridurre le possibili cause di inquinamento è necessario agire in termini di prevenzione, sia imponendo di seguire una serie di norme comportamentali agli addetti alle sale operatorie, sia intervenendo sui criteri di una corretta impostazione ingegneristica in fase progettuale.

La verifica del livello di contaminazione ambientale da gas anestetici (Protossido di Azoto e Alogenati) nelle sale operatorie è prevista dal 3° Contratto Sanità - D.P.R. n. 384 del 28 novembre 1990, dove l'articolo 24 comma 6 recita:

"Per gli operatori esposti all'azione dei gas anestetici gli enti provvedono all'installazione ed attivazione di opportuni impianti di decontaminazione delle camere operatorie, nonché all'esecuzione di visite e controlli trimestrali e all'adeguata protezione delle lavoratrici gestanti e

degli epato-pazienti".

Il limite tecnico per le esistenti sale operatorie suggerito dalla Circolare n. 5 del Ministero della Sanità, D.G.S.I.P. - DIV.III - n. 403/13.2/380 del 14 marzo 1989 "Esposizione professionale ad anestetici in sala operatoria", è di 100 p.p.m. (parti per milione) per il Protossido di Azoto, in sale operatorie preesistenti al decreto e 50 p.p.m. per sale operatorie costruite dopo l'emanazione dello stesso.

Non esistono a tuttora notizie fondate su eventuali future rielaborazioni legislative relative al problema in questione/ tranne un probabile disegno di legge per rendere obbligatoria la rilevazione. Questo è anche quanto emerge dalla relazione "Proposta per il monitoraggio ambientale e biologico e per la sorveglianza sanitaria degli esposti a gas anestetici" del settembre 1992 di un gruppo di studio istituito nel novembre 1990 dall'Associazione Lombarda di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale, gruppo che si è occupato appunto della "valutazione dell'esposizione professionale ad anestetici per inalazione".

In tale relazione si afferma che "Il gruppo di studio, avendo esaminato a lungo il problema dei "valori limite di esposizione" suggeriti dalle normative vigenti e da enti di prevenzione nazionali ed internazionali, ritiene che allo stato attuale non esistano ancora elementi conoscitivi che permettano di stabilire un valore limite accettabile, come peraltro non esistono sufficienti dati per stabilire "livelli di azione".

In attesa che queste lacune conoscitive vengano colmate, si ritiene opportuno far riferimento per il Protossido di Azoto al valore "limite tecnico", esplicitamente indicato nella circolare del Ministero della Sanità, di 50 p.p.m. per le sale di nuova costruzione, e di 100 p.p.m. per le sale operatorie già esistenti ed al valore di 3-5 p.p.m. per Isoflurano ed Alotano, a cui indirettamente fa riferimento la medesima Circolare". Ci si attiene pertanto alla Circolare sopracitata.

Metodologie di indagine per la rilevazione

Per meglio inquadrare il problema sono state esaminate e visionate soluzioni adottate in altri Ospedali. Da tale indagine e dalla letteratura sono emersi due principi sui quali si basano le diverse metodologie per la rilevazione: 1) Media "spaziale": rilevazione in "n" punti di ogni sala per un certo intervallo di tempo (ad esempio cinque ore) e calcolo della media ponderata su questi punti. 2) Medico "temporale": rilevazione in 1 punto di ogni sala per un breve intervallo di tempo (ad esempio cinque minuti) ripetuta ad intervalli regolari (ad esempio quindici minuti) nell'arco delle ventiquattro ore e calcolo della media ponderata per ogni sala nell'arco di tempo desiderato.

La Fotoacustica per la rilevazione dei gas

Il fenomeno conosciuto come Effetto Fotoacustico corrisponde all'emissione di un suono prodotto da un campione di gas racchiuso in uno spazio, il quale assorbe delle radiazioni provenienti da una sorgente intermittente di luce. Quando un gas viene irraggiato con della luce, questo assorbe una parte dell'energia luminosa incidente, in proporzione alla concentrazione del gas. L'energia luminosa assorbita, si trasforma immediatamente in calore provocando un aumento della pressione. Quando la luce incidente viene modulata ad una certa frequenza, l'aumento della pressione è periodico alla frequenza di modulazione. Le onde della pressione o onde sonore, sono facilmente misurabili con un microfono. Queste possono essere udite se la loro frequenza è compresa tra i 20 Hz e i 20 kHz. L'intensità del suono emesso dipende da un numero di fattori: la natura e la concentrazione della sostanza e l'intensità della luce incidente. La selettività che può essere ottenuta in spettroscopia è dovuta al fatto che determinate sostanze assorbono la luce di specifiche lunghezze d'onda le quali sono una caratteristica di questa sostanza. Il microfono è un ottimo rivelatore della fluttuazione della pressione perché ha un'alta sensibilità e stabilità e un'ampia gamma dinamica. Poiché il microfono rivela le fluttuazioni piuttosto che i cambiamenti costanti della pressione, il fascio di luce incidente del sistema fotoacustico di misura, è modulato in maniera da ottenere dei livelli della pressione varianti nella camera di misura. La ricerca e lo sviluppo dei microfoni a condensatore, effettuati negli ultimi cinquant'anni, ha portato ad ottenere come risultato finale, un sensibile trasduttore ad alta precisione, affidabile, stabile e con caratteristiche ben definite. Queste caratteristiche lo rendono un rivelatore ideale per gli strumenti che vengono esposti agli agenti atmosferici e che sono lasciati incustoditi per lunghi periodi di tempo. La quantità dell'energia di luce assorbita può essere misurata direttamente, misurando il suono emesso dall'assorbimento della luce. Se nella camera di misura non è presente nessun gas non verrà emesso alcun segnale sonoro.

I metodi convenzionali ad infrarosso misurano indirettamente l'energia assorbita tramite la misura della quantità di luce trasmessa. Nel caso si abbia a una bassa concentrazione o il campione non assorba intensamente la luce, quasi la stessa quantità di luce verrà trasmessa in presenza o meno del campione. Poiché viene misurata la differenza tra due segnali quasi uguali, il rapporto segnale/rumore della tecnica della spettroscopia di trasmissione è più povero rispetto a quello del metodo fotoacustico. A causa dell'alta linearità di un microfono di precisione, la risposta della cella fotoacustica è lineare su un'ampia gamma dinamica, normalmente sei ordini di grandezza.

Questo permette allo strumento di essere utilizzato sia per il monitoraggio della quantità di tracce delle sostanze inquinanti che si trovano generalmente nell'aria che per il monitoraggio delle alte concentrazioni che si trovano alla sorgente. Quando si misurano dei gas tossici è essenziale che i risultati siano estremamente precisi. L'accuratezza delle misure di un sistema basato sul metodo Fotoacustico risulta essere tale anche dopo lunghi periodi. La riproducibilità è dell'1 % della lettura con una deriva della gamma del 2,5% della lettura dopo tre mesi. A differenza della maggior parte delle tecniche di monitoraggio, la camera di misura di un sistema Fotoacustico è a tenuta stagna e perciò l'aria sarà analizzata per campioni piuttosto che continuamente. Ciononostante questo non interferisce sul tempo di risposta perché, grazie all'alta sensibilità disponibile, possono essere usate delle camere di misura molto piccole, 3 cm³. I campioni saranno prelevati frequentemente e per questa ragione si potrà misurare la concentrazione reale dell'aria. I tempi di risposta di entrambi i metodi sono paragonabili.

Metodologia di tipo 1

Le apparecchiature che si utilizzano per il calcolo della media con metodologia di tipo 1 sono quelle portatili di piccole e medie dimensioni, per l'uso delle quali è sempre necessaria una persona. Tra queste rientrano:

- Miran 1B2 della Contec
- Binos 1.2 della Rosemount
- AGA-TA2 della Rancon.

Miran 1B2

Il Miran 1B2, analizzatore ambientale portatile, è uno spettrometro a singolo raggio controllato da un microprocessore da usarsi per misurare concentrazioni di gas o vapori in aria ambiente. La struttura di tale apparecchiatura consente il controllo ambientale senza la necessità di reagenti chimici o altri accessori.

Una pompa di campionamento interna aspira un campione d'aria nella cella di analisi ed inoltre, quando la misura è stata completata, pulisce la cella velocemente ed in modo facile e completo. L'analizzatore pesa 13,6 kg ed è dotato di un'utile cinghia da spalla che in aggiunta ad una conveniente posizione del manico consente un eccellente bilanciamento facilitandone l'uso continuo

durante il rilevamento in aria ambiente. La batteria ricaricabile al nichel-cadmio fornisce potenza per quattro ore di funzionamento continuo.

Batterie aggiuntive possono estendere la durata operativa in incrementi di quattro ore.

Binos 1.2

Il Binos è un fotometro ad infrarossi non dispersivo impiegato ormai in migliaia di esemplari per la misura di concentrazioni di gas nelle più svariate applicazioni. L'impiego del Binos per la misura dei gas e vapori di narcosi dà in questo campo di applicazione una serie di vantaggi: dimensioni estremamente contenute, detector ultra veloce, indicazioni in tempo reale, portatile, esiste una versione a 220 V ca e a 12 V ca, deriva di sensibilità estremamente contenuta 0.3% per settimana, deve essere calibrato molto raramente, cella di misura esente da componenti organici, garantisce un'assoluta stabilità chimica e meccanica, viene controllato per le perdite con metodi da ultravacuo, modulare, si possono aggiungere successivamente celle o parti elettroniche non previste all'ordinazione, è pronto per la lettura 1 minuto dopo l'accensione.

Un interessante accessorio consente di avere, oltre al valore istantaneo, un valore mediato su un intervallo di tempo stabilito, indicazione utile per il controllo dell'esposizione del personale delle sale operatorie.

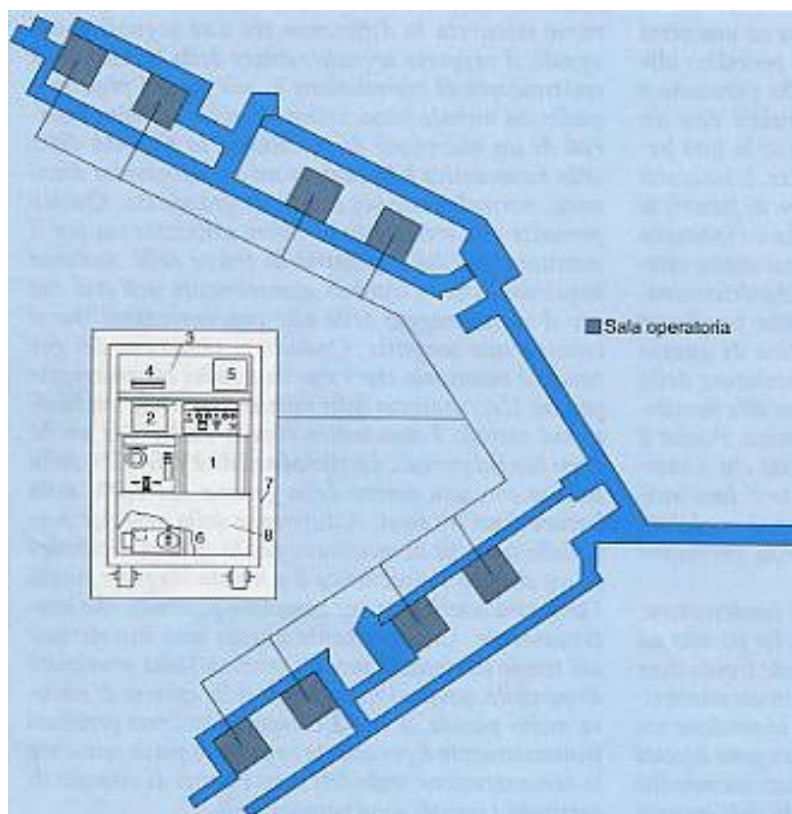


Fig. 1 - Studio di fattibilità di un sistema che permette il monitoraggio continuo automatico multisala con AGA-MP 93.

- 1) Analizzatore AGA-TA-2PC;
- 2) pannello controllo manuale per selezionare dieci barre di campionamento;
- 3) sistema acquisizione, elaborazione, archiviazione dati;
- 4) floppy-disk;
- 5) monitor;
- 6) pompa di campionamento;
- 7) armadio ammortizzato;
- 8) alloggiamento valvole di selezione linee e sistema di calibrazione.

AGA-TA 2

È costituito da un analizzatore a raggi infrarossi a singolo raggio, a singolo percorso ottico con doppio rilevatore sensibilizzato per Protossido di Azoto e Anestetici Alogenati. Il rivelatore è del tipo a microflusso insensibile a vibrazioni, consentendo così la trasportabilità dello strumento senza modificare la calibrazione dei canali di misura. La specificità di risposta ai gas anestetici è garantita da una camera di compensazione, riempita con Azoto inquinato da possibili interferenti (Ossido di Etilene, Alcoli Formaldeide), inserita fra le lampade IR e le celle di riferimento e misura.

Metodologia di tipo 2

Le apparecchiature invece che si utilizzano per il calcolo della media con metodologia di tipo 2 sono quelle che permettono il cosiddetto "monitoraggio continuo automatico multi-sala" (sulle ventiquattro ore). Vi sono due tipologie di sistemi: uno è composto da una o più unità atte alla selezione, analisi, e misurazione dei gas (e successive elaborazioni con software adeguato), poste all'esterno dei blocchi operatori, in posizione baricentrale, e da tubi di dimensioni ridotte in teflon, o simile, che arrivano nelle varie sale operatorie (ad esempio 1 per sala) in posizione più prossima all'anestesista, come richiesto alla Circolare n. 403/13.2/380 del 14-3-1989. Tra le apparecchiature che consentono di svolgere tale procedura rientrano:

- mod. 1312 e mod. 1303 della Bruel&Kjaer (Airnova) (vedi fig. 2).
- AGA MP-93 della Rancon (vedi fig. 1). L'altro sistema è costituito da più unità (tante quante le sale operatorie), poste all'interno delle sale (appese ad una parete) e collegate tra loro da un'unità computerizzata centrale posta invece all'esterno delle sale in posizione baricentrale. Tra questi rientrano:
 - GD200 della Simrad Optronics (Hospital Programs) (vedi fig. 3).
 - Mod. 6244 della B & C Electronics (vedi fig. 3).

Mod. 1312-1303 Bruel&Kjaer

Il sistema è composto da un monitor multiplo di gas, 1312, e da uno o due dosatori e esaminatori di campioni multipunto, che permettono di monitorare campioni d'aria prelevati da 8/16 differenti postazioni, con l'ausilio di un computer, usando un software disponibile.

Il monitor multiplo di gas della Bruel&Kjaer, 1312, è un analizzatore di gas altamente preciso, affidabile e stabile, controllato da un microprocessore. Il suo principio di misura è basato, a

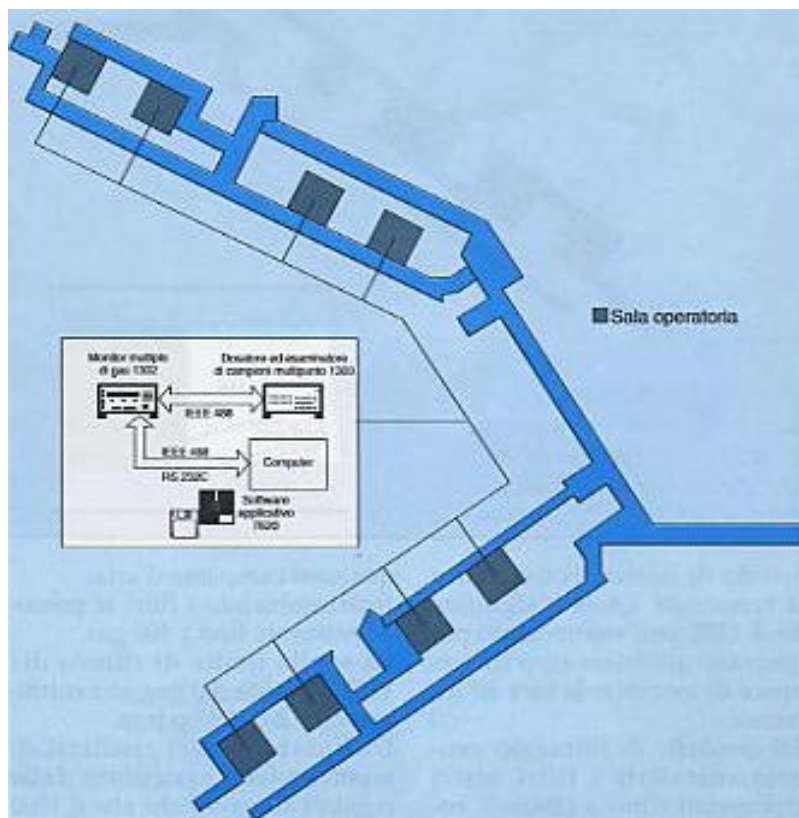


Fig.2 Studio di fattibilità di un sistema che permette il monitoraggio continuo automatico multisala con mod. 1312-1303

differenza degli altri sistemi attualmente in commercio, sul metodo di misura Fotoacustica ad Infrarossi. Questo significa che il 1312 può essere usato per misurare qualsiasi tipo di gas capace di assorbire la luce ad infrarossi.

Nel carosello di filtraggio vengono installati i filtri ottici appropriati (fino a cinque), cosicché il 1312 può misurare selettivamente la concentrazione di questi gas e vapore acqueo di qualsiasi campione d'aria. Intercambiando i filtri si possono misurare fino a 400 gas.

La soglia limite di rilievo del 1312 dipende dal gas, ma comunemente è di 10^{-3} p.p.m. L'affidabilità dei risultati di misura viene assicurata dalle regolari autoverifiche che il 1312 effettua sul suo funzionamento. La precisione viene assicurata dall'abilità del 1312 di compensare ogni misura dalle fluttuazioni della temperatura, dall'interferenza del vapore acqueo e dall'interferenza di altri gas presenti conosciuti. I risultati di misura vengono rappresentati sullo schermo da 2x40 (30 s. per un gas e 105 s. per 5 gas e vapore acqueo) e sono costantemente aggiornati.

Durante il monitoraggio, il 1312 effettua analisi statistiche correnti delle concentrazioni dei gas misurati. Vengono calcolati il valore medio, lo scarto standard, le massime e le minime concentrazioni di ogni gas monitorato; il valore medio è lo stesso del valore medio ponderato nel tempo (TWA = Time Weighted Average = Media Ponderata nel Tempo), richiesto dalla Circolare

n. 403/13.2/380 del 1989, durante il periodo totale di monitoraggio. Questi risultati sono automaticamente memorizzati nella memoria del 1312 e possono essere stampati in seguito.

Il monitor 1312 può essere controllato a distanza tramite computer, sia con l'interfaccia RS 232C, che con l'interfaccia IEE 488. Il software applicativo della Bruel&Kjaer 7620 permette ad un computer IBM AT o PS/2-50 (o maggiore) di controllare a distanza sia solo il monitor multiplo di gas 1312 che, alternativamente, il 1312 insieme ad uno o più dosatori e esaminatori di campioni multipunto 1303.

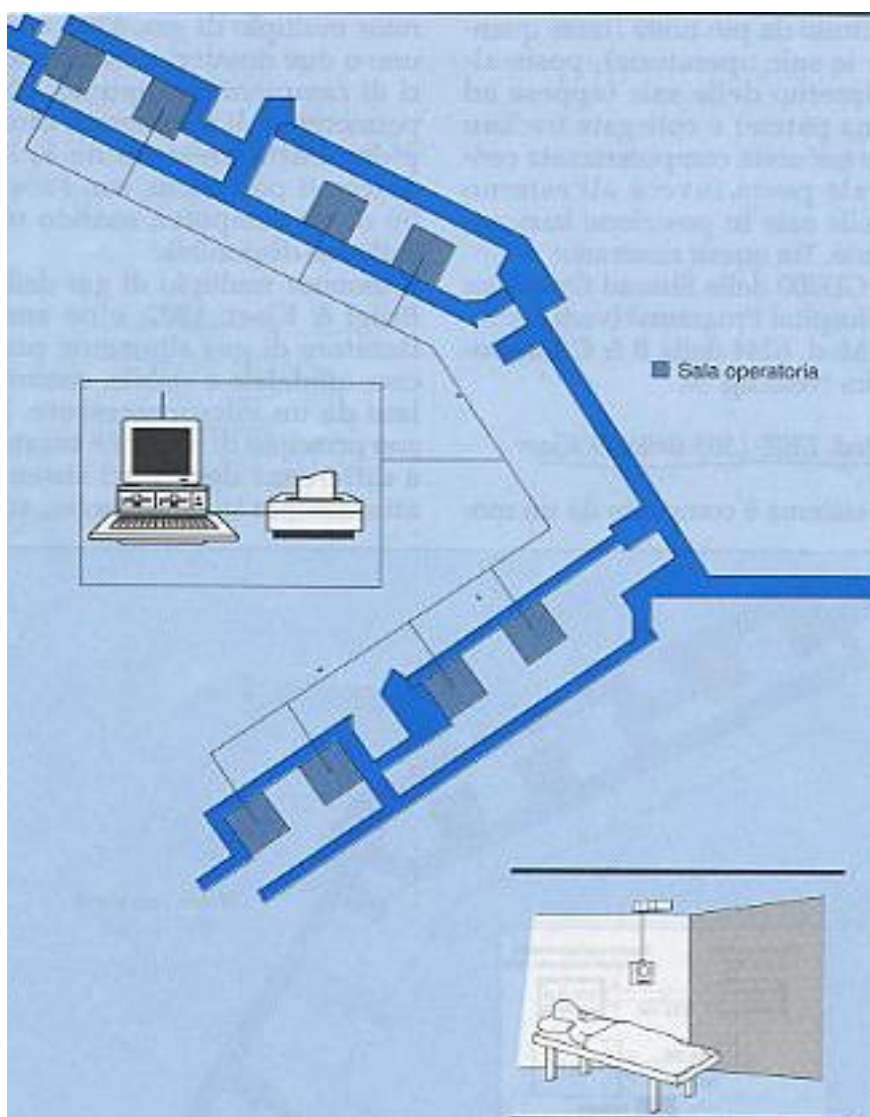


Fig. 3 – Studio di fattibilità di un sistema che permette il monitoraggio continuo automatico multisala con GD200 o mod. 6244.

	Miran 1B2	Binos 1.2	AGA-TA2	M.1302-1303	AGA MP-93	GD 200	M.6244
Analizzatore Esterno Sala				Si	Si		
Analizzatore Fisso Interno Sala						Si	Si
Analizzatore Portatile Piccole Dimens.	Si	Si					
Analizzatore Portatile Medie Dimens.			Si	Si	Si		
Sistema Multisala Tipo "A"				Si	Si		
Sistema Multisala Tipo "B"						Si	Si
Possibilità PC Software	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Media Temporale	Si	Si	Si				
Media Spaziale				Si	Si	Si	Si
Tecnica Fotoacustica				Si			
Rilevazione di 1 gas	Si	Si				Si	Si
Rilevazione di 2 gas			Si		Si		
Rilevazione di 5 gas				Si			
Opz. fino a 400							

* Tipo "A": sistema costituito da un analizzatore posto all'esterno delle sale operatorie, in posizione baricentrale e da tubi di dimensioni ridotte in teflon, o simile, che arrivano nelle varie sale operatorie in posizione, più prossima all'anestesista (vedi figg. 1, 2).

** Tipo "B": sistema costituito da più analizzatori (tanti quanti le sale operatorie) posti all'interno di ogni sala operatoria (appesi ad una parete) e collegati tra loro da un'unità computerizzata centrale posta all'esterno dei blocchi operatorie in posizione baricentrale (vedi fig. 3).

Tab. 1 – Schema riassuntivo delle caratteristiche dei sistemi descritti.

Il software applicativo controlla l'intero sistema. Il 1312 funziona immediatamente, non necessita cioè del tempo di riscaldamento.

AGA MP-93II sistema AGA MP-93 è conforme alle caratteristiche previste dalla Circolare n. 403/13.2/380 del 14-3-1989 del Ministero della Sanità. Tale sistema è realizzato in struttura integrata in modo da consentire la messa in esercizio senza ulteriori interconnessioni (ad esclusione delle linee di campionamento). È completo, secondo le raccomandazioni degli igienisti, di un sistema di archiviazione dei dati con floppy-disk in formato MS-DOS (IBM compatibile).

Questa particolarità rende il sistema in grado di funzionare automaticamente archiviando i dati per successive elaborazioni. Il modulo di elaborazione consente di parametrizzare il monitoraggio digitando: dati sulle caratteristiche della sala operatoria, dati sul tipo di intervento, dati sui flussi Ossigeno e Anestetici, dati sull'equipe chirurgica e relativi tempi di esposizione. L'AGA MP-93 può essere installato all'esterno delle sale operatorie e permette anche il controllo delle perdite con una linea dedicata commutabile.

Il sistema consente di misurare contemporaneamente due gas, Protossido di Azoto e Anestetici Alogenati, di effettuare le misure senza interferenze dovute all'umidità e agli alcoli, di effettuare le misure campionando aria ambiente a bassa portata (500 mi/min) senza modificare la rappresentatività del campione, di effettuare la calibrazione a bassa portata con bombole o con sistema statico volumetrico.

GD 200 Simrad Optronics

Tale sistema si basa sulla misura dell'assorbimento della radiazione infrarossa che passa attraverso un volume di gas. Esso è costituito dalle seguenti tre unità:

GD 200 Unità sensore, AU 200 Unità di allarme locale, CU 200 Unità centrale computerizzata. Per applicazioni multi-punto le unità possono essere interconnesse con anelli di comunicazione seriale a un'unità centrale computerizzata. Allarmi visivi possono dare un segnale al personale presente, quando i livelli di concentrazione superino un certo livello di soglia.

Mod. 6244 B & C Electronics

Il modello 6244 è un monitor per gas a Spettrometria a Infrarossi Non Dispersivo costituito da una centralina completa, dotata di sensore a diffusione incorporato, indicatore analogico e due soglie on-off di allarme regolabili sulla scala 0-1000 p.p.m. Tali apparecchiature possono essere interconnesse per un'applicazione multi-sala a un'unità centrale computerizzata, utilizzando un sistema di acquisizione locale.

Tale sistema di acquisizione dati è adattabile ad ogni tipo di applicazione, data la sua grande flessibilità nell'accettazione ed elaborazione dei segnali analogici e digitali; perciò può essere considerato un'importante innovazione nel campo degli impianti di processo e nel laboratorio dove sia richiesta un'archiviazione dei dati ed una visione di insieme del funzionamento e di allarme in tempo reale. E inoltre possibile sviluppare una grafica personalizzata che rappresenti sullo schermo gli elementi essenziali dell'impianto con la visualizzazione dei valori delle misure effettuate durante l'acquisizione. Il sistema è costituito da: una scheda da inserire nel personal computer, un software applicativo ACQ-Base, un box esterno di interconnessione in-out. Il software applicativo ACQ-

Base comprende un menu di funzionamento che, fra l'altro, presenta: la visualizzazione degli ingressi analogici e degli in/ out digitali, la visualizzazione dei valori analogici min. e max. e medi acquisiti, la visualizzazione degli allarmi analogici, la visualizzazione degli ingressi/uscite digitali, la visualizzazione dei grafici delle misure e dei disegni.

A richiesta, è disponibile il pacchetto applicativo ACQ-Icone che, oltre alle caratteristiche del pacchetto ACQ-Base possiede un potente quanto semplificato generatore di routine matematiche e di processo per cui l'utente attraverso delle icone grafiche è in grado di condizionare i dati sia in termini matematici (derivate, integrali, medie, ecc.) che gestionali (intervalli, tipi di grafici, soglie di allarme, ecc.).

Si segnala inoltre che, ove non esistano Uffici Tecnici in grado di affrontare e risolvere il problema delle rilevazioni in proprio, è possibile ricorrere "in service" a società, che forniscono un supporto tecnico di buona qualità finalizzato alla salvaguardia della salute e della sicurezza degli operatori e dei pazienti in ambito ospedaliero. A tale scopo effettuano: il rilievo dell'inquinamento dei gas anestetici (Protossido di Azoto) in sala operatoria (utilizzando apparecchiature portatili), la misura del ricambio efficace fornito dai sistemi di condizionamento delle sale operatorie e l'analisi finale del microclima in sala operatoria.

Conclusioni

Poiché dalla Circolare Ministeriale n. 5 del Ministero della Sanità del 1989 emerge comunque che il valore del limite di Protossido e Alogenati è il T.L.V. - T.W.A- (Threshold Limit Value = Valore Limite Iniziale, Time Weighted Average = Media Ponderata nel Tempo) ossia il "valore del limite di esposizione, media ponderato" (per otto ore giornaliere - per quaranta ore settimanali), calcolato, per quanto riguarda i tempi e le modalità del campionamento e delle analisi, secondo schemi standard, e utilizzando, ad esempio, uno stesso punto rilevazione e non più punti diversi, ne deriva che il metodo suggerito per il calcolo della media è quello descritto al punto 2, salvo diverse indicazioni in future normative delle quali, peraltro, come già precedentemente esposto non si ha alcuna notizia fondata.

È inoltre da preferire un sistema automatico multi-sala che migliora l'igienicità dell'ambiente operatorio, con l'assenza sia dell'operatore che dell'apparecchiatura, e che riduce l'ingombro in sala operatoria e l'impiego di manodopera.

Tra le apparecchiature di tipo 2, si consiglia di prendere in considerazione quelle che sono in grado di misurare concentrazioni sia di Protossido, sia di Alogenati, dato che anche nella relazione del Gruppo di Studio dell'Associazione Lombarda di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale

precedentemente citato si afferma:

"La prassi di misurare quale unico indicatore di esposizione le concentrazioni di Protossido di Azoto, sia per il monitoraggio ambientale che biologico, è stato giudicato molto utile per semplificare l'esecuzione delle indagini. Per una più precisa valutazione dell'esposizione è però necessario effettuare anche la determinazione ambientale e/o biologica degli altri anestetici utilizzati". Valutate quindi le varie soluzioni, si segnala il sistema della Bruel&Kjaer, unico sistema attualmente in commercio che si basa su un diverso metodo di misura, quello della Fotoacustica ad Infrarossi (tutti gli altri esposti in precedenza si basano, infatti, sul metodo della Spettrometria ad Infrarosso), che, rispetto al metodo tradizionale ad infrarossi, presenta i seguenti vantaggi:

- minor deriva dello zero;
- maggiore precisione di misura su range variabili;
- captazione veloce e precisa del campione da analizzare;
- rilevazione di concentrazioni di cinque gas contemporaneamente e, con la sostituzione di filtri adeguati/ possibilità di arrivare fino a 400 gas;
- possibilità di misurare ed evidenziare per 100.000 volte il limite inferiore di rilevamento (nell'Infrarosso, oltre 1000 p.p.m. il campo di misura non è più registrabile).

Per informazioni più approfondite si veda il riquadro a pag. 3 - 4.

Inoltre, la rilevazione della concentrazione dei gas anestetici risulta ottimizzata se si affianca ad un sistema continuo automatico multi-sala un'apparecchiatura portatile per la rilevazione di perdite locali, misura indispensabile per poter individuare le reali fonti di inquinamento per poter successivamente provvedere alla loro eliminazione e con il quale effettuare anche misurazioni incrociate.

Bibliografia

- Associazione Lombarda di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale: Gruppo di Lavoro sulla Esposizione Professionale ad anestetici per inalazione "Proposta per il monitoraggio ambientale e biologico e per la sorveglianza sanitaria degli esposti a gas anestetici". 1992.
- Atti Convegno dell'Associazione Lombarda di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale "Rischi professionali da anestetici per inalazione". Brescia 12/5/1992.
- Atti III Convegno Nazionale della Contaminazione Ambientale "Rischi da gas anestetici" Milano, 23/5/1984.
- Bruel&Kjaer. "La fotoacustica per la rilevazione dei gas".
- DGSIP-DIV III n. 403/13.2/380 Circolare del Ministero della Sanità del 14/3/1989 "Esposizione professionale ad anestetici in sala operatoria".
- Grossi P. "Inquinamento da gas anestetici in sala operatoria".