

## La qualità ambientale di sale operatorie nella regione Campania: i risultati di un monitoraggio pluriennale

P. Montuori\*, C. Sarnataro\*\*, P. Albertini\*\*\*, M.R. Basile\*\*, P. Mainardi\*, I. Russo\*, M. Pelosi\*\*, P. Sardelli\*\*\*, M. Triassi\*

*Parole chiave: Sale operatorie, inquinamento ambientale, Regione Campania*  
*Key words: Operating theatres, indoor pollution, Campania Region*

### Summary

#### *Environmental quality of the operating theatres in Campania: long lasting monitoring results*

*In this study the microbiological, physical and chemical results of an investigation concerning the environmental conditions of operating theatres in 38 public hospitals of the Campania Government are presented. The analysis of the results has been made by considering specific standards suggested by national and international regulations. The results showed that 84% of the operating theatres presented normal microbiological values, in relation to the total bacterial load, while 16% did not. By considering the microclimatic monitoring 55% of the operating theatres showed normal values while 45% at least a microclimatic index did not. In relation to the concentrations of anaesthetics gases the survey pointed out that the nitrous oxides was within non prescribed environmental limits (50 ppm for N<sub>2</sub>O); while 15% of the halogenated was not in normal values.*

### Introduzione

Per la tutela della salute nei reparti operatori è necessario individuare ed applicare interventi di prevenzione e di protezione, collettiva ed individuale, attraverso misure di sicurezza e tecniche sia procedurali sia organizzative, che non possono prescindere dalla identificazione delle fonti di rischio e

dei pericoli di esposizione (1-6). Tali aspetti rientrano, di fatto, nel più generale sistema di gestione della sicurezza delle strutture sanitarie, oggi argomento centrale di tavoli tecnici e normative cogenti (10, 12, 16, 22, 24).

Per la specifica attuazione degli adempimenti legislativi in sala operatoria un puntuale indirizzo tecnico, che ha fornito gli operatori del settore di uno standard di

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

\*\* Azienda Sanitaria Locale NA2

\*\*\* Azienda Sanitaria Locale NA1

riferimento semplificato, è stato definito nelle "Linee Guida per la definizione degli standard di sicurezza e igiene ambientale del reparto operatorio", elaborate da un gruppo di lavoro "ad hoc" interdisciplinare istituito presso l'ISPESL e rielaborate dal Ministero della Salute nel 2002 (22, 24).

Esse riassumono il quadro normativo inerente alla sicurezza delle sale operatorie che comprende le raccomandazioni ISO 7730 del 1984, la Circolare del Ministero della Sanità n. 5/1989, il D. Lgs. 502/92 e successive modifiche, il D. Lgs. 626/94 e successive modifiche, il D.M. 64/98, il D.P.R. 37/97, la D.G.R. 7301/01 e le Linee Guida Ministeriali del 2002 (10, 12-16, 21, 22, 24).

Le Linee Guida si soffermano, in particolare, sul monitoraggio delle concentrazioni di gas anestetici volatili e definiscono gli standard per l'impianto di ventilazione della sala operatoria, che deve garantire condizioni termoigrometriche corrette per l'utente e il personale, assicurare un'idonea diluizione delle concentrazioni ambientali di gas anestetici e di agenti biologici nonché mantenere una bassa concentrazione di particolato (5, 7, 8, 11, 17-20).

Inoltre, nel contesto lavorativo della sala operatoria, si ritiene che gli indici di comfort termico di Fanger (PPD e PMV) possono essere impiegati quali validi indicatori, valutati sia per l'equipe operatoria che per l'operando, poiché condizioni microclimatiche non opportune si riflettono negativamente sulla salute dello staff chirurgico determinando riduzione di attenzione e di resistenza allo stress (21, 30). Di fatto, la valutazione dell'inquinamento ambientale in sala operatoria, per quanto riguarda i rischi di tipo chimico-fisico, deve essere incentrata su monitoraggio e gestione di una serie di fattori; alcuni dei quali gestibili con l'impiego di una corretta organizzazione del lavoro e con il rispetto di corrette procedure operative nonché con il coordinamento di attività di controllo; altri oggettivamente valutabili con metodiche

di rilevazione ad hoc e identificabili quali punti critici sui quali predisporre immediati interventi correttivi. Tra questi ultimi rientra sicuramente la rilevazione dei livelli di conformità delle concentrazioni ambientali del protossido d'azoto ed alogenati e dei principali parametri microclimatici (10, 12, 16, 28, 30).

Altro aspetto importante in sala operatoria è la verifica delle procedure di sanificazione ambientale attraverso l'esecuzione di campionamenti biologici, atti a controllare i livelli di inquinamento microbiologico ambientale che assume particolare importanza soprattutto per la qualità dell'aria (22, 23, 24, 28, 30).

Lo scopo del presente studio è stato quello di fornire un'analisi dell'andamento, da gennaio 2000 a dicembre 2006, delle condizioni ambientali delle sale operatorie in diverse strutture ospedaliere pubbliche della Regione Campania, per le quali il Dipartimento di Igiene e Scienze Mediche Preventive dell'Università degli Studi "Federico II" di Napoli da diversi anni effettua monitoraggi ambientali ordinari e straordinari.

## Materiali e metodi

*Strutture ospedaliere.* I rilevamenti sono stati effettuati presso 157 sale operatorie di 38 presidi ospedalieri afferenti a 9 AA.SS. LL. campane, 1 I.R.C.C.S., 3 Aziende Ospedaliere ed 1 Policlinico Universitario. Le sale operatorie sono state monitorate nel periodo compreso tra gennaio 2000 e dicembre 2006 con cadenza quadri o semestrale ed hanno riguardato la misura di parametri microbiologici, fisici e chimici. Complessivamente sono stati effettuati 3372 determinazioni microbiologiche, 1428 controlli del microclima, 1522 misure di ricambi aria/ora, 2625 verifiche sulla dispersione di gas anestetici.

*Monitoraggio microbiologico.* Il monitoraggio microbiologico è stato indirizzato

alla valutazione della carica batterica totale ed all'identificazione degli eventuali microrganismi presenti, riconosciuti dalla letteratura scientifica tra i principali indicatori di contaminazione microbiologica ambientale (*Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas* spp.) (30, 32). Il campionamento microbiologico dell'aria è stato effettuato utilizzando un apparecchio SAS (Surface Air System) della ditta PBI posizionato all'altezza di un metro in prossimità del tavolo operatorio prima della seduta operatoria o subito dopo la pulizia e la sanificazione della sala dopo che questa era rimasta chiusa e vuota per almeno 60 minuti. Il campionamento delle superfici e delle pareti è stato effettuato mediante l'utilizzo di piastre Rodac contenenti terreni selettivi (Mannitol Salt Agar – Pseudosel Agar) e non (Trypticase Soy Agar) (32). Il giudizio di conformità riguardo ai risultati dei rilievi microbiologici si è basato sugli standard dettati dalle "Linee Guida sugli Standard di Sicurezza e Igiene Ambientale del Reparto Operatorio" (22, 24).

*Monitoraggio fisico.* Il controllo fisico dell'ambiente è stato realizzato con il rilevamento e la misurazione dei principali parametri microclimatici – temperatura dell'aria, temperatura globotermometrica, velocità dell'aria, umidità relativa – con una stazione microclimatica Babuc A della Ditta LSI; gli indici microclimatici di comfort termico sono stati elaborati con il programma "Babuc" della medesima ditta. In particolare, ai fini della valutazione, si è tenuto conto di un carico metabolico (MET) moderato e di un isolamento termico del vestiario (CLO) di tipo standard. L'accuratezza delle sonde usate per le corrispondenti misure è: temperatura dell'aria  $\pm 0,13^{\circ}\text{C}$ , umidità relativa  $\pm 2\%$ , velocità aria  $\pm 0,04$  m/sec. Per quanto riguarda la disposizione delle apparecchiature, il cavalletto porta-sonde è stato sistemato il più possibile vicino al campo operatorio, ad almeno 1 metro dalla parete e 1,5 metro dal pavimento in un punto non soggetto a

rapidi spostamenti d'aria. Per il calcolo del numero di ricambi d'aria/ora è stata utilizzata una sonda anemometrica a ventolina della ditta LSI, collegata ad una centralina microclimatica "Babuc A" della medesima ditta, per la rilevazione della velocità dell'aria in uscita alle bocchette di aerazione. Il numero dei ricambi d'aria/ora è stato calcolato rapportando il volume d'aria per ora, immesso dall'impianto, al volume della sala operatoria. I giudizi di conformità sui rilevamenti microclimatici e le misurazioni dei ricambi di aria/ora sono stati espressi in riferimento ai limiti dettati dal DPR. 37/97, dalla D.G.R. n. 7301 del 31.12.2001 e dalle Linee Guida I.S.P.E.S.L. Per quanto riguarda, inoltre, gli indici di comfort termico si è fatto riferimento alle indicazioni fornite dalla Norma ISO 7730 (21).

*Monitoraggio chimico.* Il controllo chimico dell'aria ambientale è avvenuto tramite il rilevamento ed il dosaggio dei gas e vapori aerodispersi dei gas anestetici attualmente più utilizzati: protossido d'azoto e alogenati. I prelievi sono stati realizzati in posizione fissa con campionamenti in continuo utilizzando un rilevatore fotoacustico Bruel & Kjaer mod. 1302 collegato ad un campionatore multiplexer (Bruel & Kjaer mod. 1303), strumentazione che consente di ottenere, oltre al dato medio di concentrazione, la determinazione ambientale in tempo reale degli anestetici utilizzati, in più zone della sala operatoria mediante un rilevatore multipunto accessorio. Tale apparecchio consente di rilevare qualunque gas in grado di assorbire nell'infrarosso con una sensibilità di circa 0.001 ppm compensando automaticamente l'interferenza provocata da variazioni di temperatura nella cella di analisi e dalla presenza di vapore acqueo nel campione di aria. Le misure sono state eseguite ponendo il sistema di rilevazione all'altezza di 160 cm circa dal pavimento, a livello delle vie respiratorie dell'equipe operatoria, nella posizione in cui il personale staziona maggiormente. I

campionamenti sono stati effettuati prima e durante tutta la seduta operatoria mediante rilevazioni ad intervallo di 2 minuti, in modo da poter determinare sia la concentrazione media degli anestetici sia eventuali picchi di inquinamento. Per i limiti del protossido d'azoto si è fatto riferimento alla Circolare n° 5/89, che individua in 50 ppm quello per le sale operatorie costruite o ristrutturato dopo il 1989 e in 100 ppm quello per le sale operatorie costruite prima di tale data; per l'alogenato è stato adottato il valore limite di 2 ppm (ceiling) raccomandato dal N.I.O.S.H. (10, 25, 26).

### Risultati e considerazioni

*Strutture ospedaliere.* Il prospetto generale delle strutture ospedaliere e delle sale operatorie monitorate, nonché quello delle diverse tipologie specialistiche, numero di controlli e relativi risultati, è descritto rispettivamente nella Tabella 1 e nelle Tabelle 2 e 3.

Dall'esame della Tabella 1 si può rilevare che nell'arco degli anni 2000-2006, è stato controllato in 38 strutture ospedaliere pubbliche, rappresentative del 58% del totale delle strutture pubbliche della regione Campania, un totale di 157 sale operatorie, corrispondenti al 74% e 95% del totale delle sale operatorie pubbliche esistenti rispettivamente nella provincia di Napoli e Caserta.

*Monitoraggio microbiologico.* Come riportato in Tabella 2 i risultati dei controlli microbiologici mostrano che, su un totale di 3372 rilevazioni, il 16% è risultato non conforme relativamente alla carica microbica totale. Il superamento dei valori limite della stessa carica microbica è stato riscontrato nel 9% dei campioni d'aria, nel 13% dei campioni di superfici e nel 22% dei campioni di pareti. Non è stato riscontrato in nessuno dei rilievi la presenza di *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas* spp. In Fig. 1, invece, è riportato il livello di conformità dei controlli microbiologici distribuito per anno. Come si evince dalla figura, l'andamento delle percentuali non conformi riscontrate per superfici e pareti è stata pressoché costante negli anni, verosimilmente a testimonianza che le procedure di pulizia e sanificazione hanno raggiunto livelli di buona efficacia, mentre i campionamenti dell'aria hanno mostrato un andamento più difforme, probabilmente correlato con carenze di manutenzione atte a garantire l'efficienza dei filtri e dell'impianto di condizionamento (22, 24, 27, 29, 33).

*Monitoraggio fisico.* I risultati dei monitoraggi effettuati per i controlli fisici sono riportati nella Tabella 3, in cui i dati sono messi a confronto con i limiti convenzionalmente assunti a riferimento (10, 12, 16, 22, 24). Relativamente al monitoraggio microclimatico, su un totale di 1428 determinazioni, la percentuale non a norma della temperatura dell'aria è stata del 18%,

Tabella 1 - Strutture ospedaliere pubbliche e sale operatorie della Campania monitorate nel periodo 2000-2006.

	Strutture Ospedaliere Pubbliche		Sale Operatorie	
	Totali N.	Monitorate N. (%)	Totali N.	Monitorate N. (%)
Campania	66	38 (58)	270	157 (58)
Napoli	32	26 (81)	149	111 (74)
Avellino	5	3 (60)	23	9 (39)
Benevento	5	1 (20)	21	5 (24)
Caserta	10	8 (80)	21	20 (95)
Salerno	14	1 (7)	56	12 (21)

Tabella 2 - Risultati dei controlli microbiologici effettuati nel periodo 2000-2006 presso le sale operatorie della Campania.

Tipo di controllo microbiologico	Totale controlli N.	Non a norma * N. (%)	Range Non a norma	Media + DS Non a norma
<i>Carica microbica totale</i>				
Aria (u.f.c./m <sup>3</sup> )	1218	115 (9)	38 – 175	58.0 + 23.3
Superfici (u.f.c./cm <sup>2</sup> )	974	124 (13)	0 – 12	1.0 + 2.0
Parete (u.f.c./cm <sup>2</sup> )	1180	264 (22)	0 – 32	0.7 + 2.2
<i>Staphylococcus aureus</i>				
Aria (u.f.c./m <sup>3</sup> )	1218	-	-	-
Superfici (u.f.c./cm <sup>2</sup> )	974	-	-	-
Parete (u.f.c./cm <sup>2</sup> )	1180	-	-	-
<i>Pseudomonas spp.</i>				
Aria (u.f.c./m <sup>3</sup> )	1218	-	-	-
Superfici (u.f.c./cm <sup>2</sup> )	974	-	-	-
Parete (u.f.c./cm <sup>2</sup> )	1180	-	-	-

\* Aria; valore di riferimento in condizione di riposo ed a flusso turbolento o unidirezionale: < 35 UFC/m<sup>3</sup>. Superfici; valore di riferimento per pareti e piani di lavoro: < 0.5 UFC/cm<sup>2</sup>

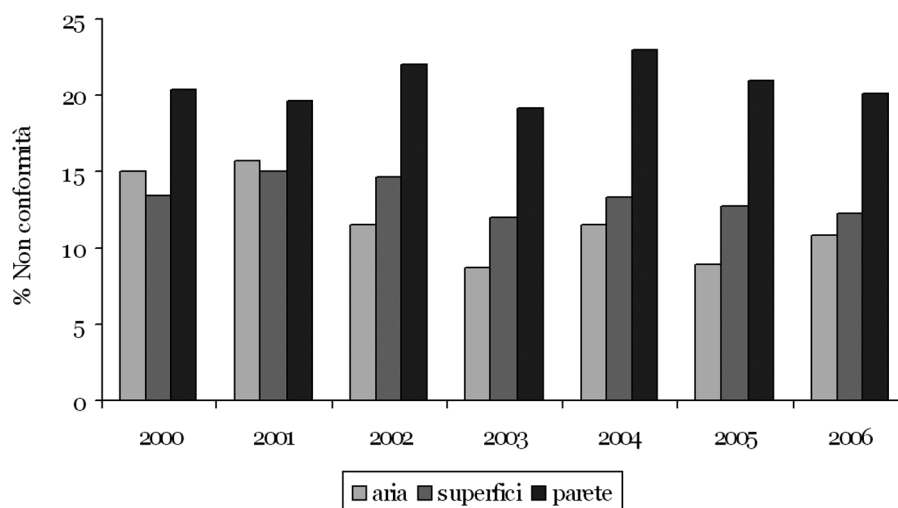


Fig. 1 - Livello di non conformità dei controlli microbiologici distribuita per anno.

Tabella 3 - Risultati dei controlli effettuati nel periodo 2000-2006 presso le sale operatorie della Campania.

Tipo di controllo	Totale controlli N.	Non a norma N. (%)	Range Non a norma	Media + DS Non a norma
Monitoraggio microclimatico	1428	647 (45) *		
Temperatura secca (°C)	1428	252 (18)	24.1-29.7 (a) 17.4-19.8 (b)	25.1 + 2.6 (a) 19.1 + 0.5 (b)
Umidità relativa (%)	1428	524 (37)	60.1-88.0 (a) 23.3-39.9 (b)	62.8 + 12.9 (a) 30.7 + 8.6 (b)
Velocità aria (m/s)	1428	367 (26)	0.16-0.42 (a) 0.0-0.04 (b)	0.23 + 0.00 (a) 0.02 + 0.01 (b)
PMV	1428	186 (15)	+ 0.54-1.31 (a) - 0.51-0.98 (b)	+ 0.82-0.28 (a) - 0.73-0.21 (b)
PPD (%)	1428	186 (15)	11.0-40.3	28.9 + 15.3
Ricambi aria/ora	1522	306 (20) **	2.8-14.3	9.4 + 2.9
Dispersione				
Ambientale Gas Anestetici	2625	429 (16) ***		
Protossido d'azoto (ppm)	1409	373 (26)	50.6-394.0	136.3 + 71.6
Alogenato (ppm)	1216	180 (15)	2.1-159.2	7.6 + 15.5

\* Limiti adottati: Temperatura secca (20-24°C); Umidità relativa (40-60%); Velocità aria (0.05-0.15 m/s); PMV (+ 0.5); PPD (<10%)

(a) inidonei superiori al limite superiore

(b) inidonei inferiore al limite inferiore

\*\* Limite adottato: > 15 ricambi aria/ora

\*\*\* Limite adottato: TLV-TWA di 50 ppm per il protossido d'azoto e TLV-Ceiling di 2 ppm per l'alogenato

per l'umidità relativa e la velocità dell'aria sono rispettivamente pari al 37% e 26%. Relativamente agli indici di comfort termico elaborati, il PMV ed il PPD hanno presentato una percentuale di non conformità del 15%, di cui il 10,9% attribuibile ad uno stress da caldo. L'andamento delle percentuali di non conformità riscontrate nella rilevazione dei principali parametri microclimatici, come si può evidenziare nella Fig. 2, sembrerebbe dimostrare un leggero trend di miglioramento, probabilmente dovuto agli interventi tecnici effettuati negli anni e finalizzati all'adeguamento agli standard previsti dalla legge, anche se il 45% di non conformità attribuite al totale delle rilevazioni sembra ancora alto e probabilmente dovuto ad una inadeguatezza

degli impianti e ad una inopportuna manutenzione degli stessi.

Nella stessa Tabella 3 vengono riportati i valori dei ricambi di aria/ora che presentano una percentuale non conformità del 20%.

*Monitoraggio chimico.* Per quanto attiene lo studio dell'inquinamento chimico, come riportato in Tabella 3, sono stati effettuati complessivamente 2625 determinazioni di gas anestetici, di cui 1409 per il protossido di azoto e 1216 per l'alogenato. Dall'analisi dei risultati si evince che è stata riscontrata per le rilevazioni di protossido d'azoto una percentuale di non conformità pari al 26%, in riferimento al limite assunto pari ai 50 ppm previsti per le sale operatorie costruite o ristrutturate dopo il 1989. Per quanto ri-

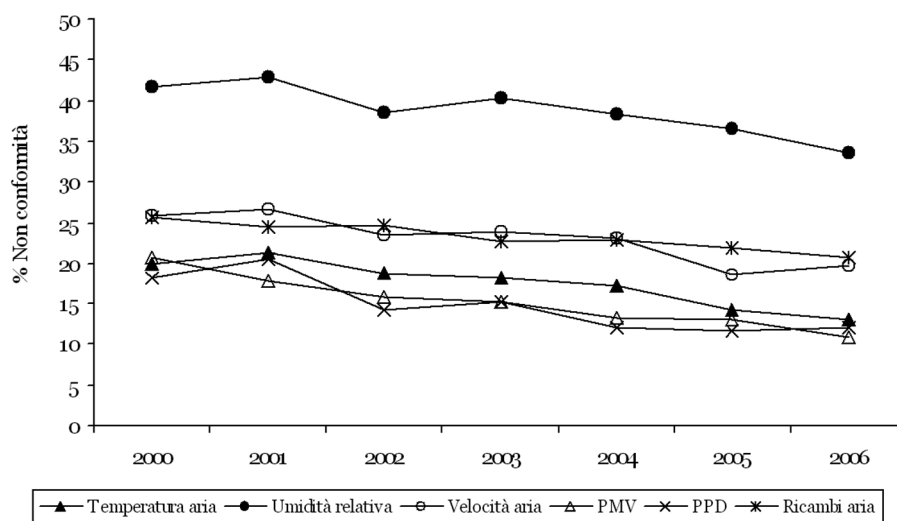


Fig. 2 - Livello di conformità dei controlli dei parametri microclimatici, indici di comfort termico e ricambi d'aria distribuiti per anno.

guarda l'alogenato, invece, la percentuale di non conformità riscontrata è stata più bassa (15%), mentre i rilevamenti risultati opportuni hanno mostrato una media di 0.6 ppm, certamente inferiore al limite di 2 ppm indicato dal NIOSH (10, 25, 26). Nella Fig. 3a e 3b viene riportata, rispettivamente, la distribuzione dei valori medi di protossido di azoto e di alogenato riscontrato nelle rilevazioni effettuate durante il periodo di studio; per entrambi i gas anestetici, si conferma da un lato la riduzione dei livelli di inquinamento negli anni, ma dall'altro si evince come si riscontrino ancora frequentemente valori superiori al limite di riferimento, da attribuirsi alla dispersione nel sistema di erogazione-evacuazione dei gas; infatti, osservando i range di concentrazione riscontrati, si può vedere come vi siano ancora sale operatorie con inquinamento estremamente elevato, a fronte di un dato medio inferiore ai limiti (10, 22, 26).

Nella Fig. 4 è riportata la dispersione ambientale di protossido d'azoto (a) ed alogenato (b) riscontrata nelle sale opera-

torie monitorate, suddivisa per specialità chirurgica. Come si evince dalla Fig. 4a, nelle sale operatorie di neurochirurgia e di otorino-laringoiatria si è riscontrata una maggiore percentuale di non conformità per il protossido d'azoto; in particolare, le rilevazioni effettuate in quelle di neurochirurgia sono risultate non a norma quasi nel 90% dei casi, mentre in quelle di otorinolaringoiatria nel 30%. Nelle sale operatorie di chirurgia pediatrica e di chirurgia d'urgenza è risultata una percentuale di non conformità rispettivamente del 19% e del 17%, mentre in quelle di chirurgia generale del 11%; le sale operatorie di ortopedia e di maxillofaciale hanno mostrato una percentuale di non conformità rispettivamente del 10% e 9%. Per quanto riguarda i rilevamenti dei gas anestetici alogenati (Fig. 4b), la maggior percentuale di non conformità si è riscontrata nelle sale operatorie di chirurgia pediatrica e cardiocirurgia (entrambe pari al 27%), mentre in quelle di neurochirurgia è stata del 10%; nelle sale operatorie di otorinolaringoiatria e di ginecologia è stato rilevato il 5% di non



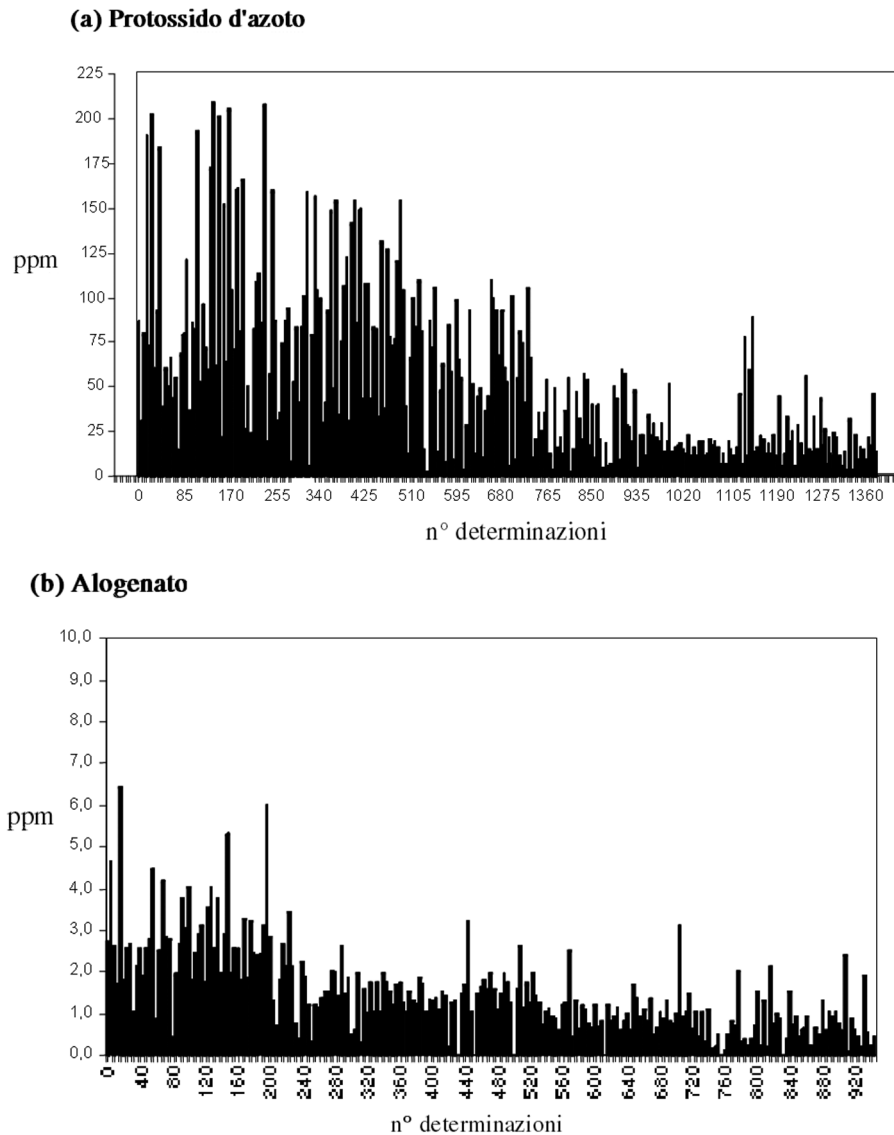


Fig. 3 - Distribuzione dei valori medi di protossido di azoto (a) e di alogenato (b) riscontrato in tutte le rilevazioni effettuate.

conformità. Nelle restanti sale operatorie (pari al 69%), i rilevamenti ambientali di alogenato si sono mostrati sempre al di sotto dei limiti considerati. L'elevata concentrazione ambientale di gas anestetici rilevata in tali blocchi operatori è probabilmente attribuibile, in particolare per quelle di neurochirurgia,

alle peculiari modalità di effettuazione degli interventi chirurgici mentre, nelle sale operatorie in cui si effettuano interventi di otorinolaringoiatria e di chirurgia pediatrica, la causa dell'elevata concentrazione dei gas anestetici è probabilmente riconducibile alla particolare tecnica anestesiológica adotta-



ta, la quale prevede l'induzione attraverso l'utilizzo costante di maschere che possono comportare una scarsa aderenza al viso del paziente e quindi l'eccessiva dispersione di gas nell'ambiente (9, 20, 31). In linea generale la percentuale totale di non conformità del 26% e del 15% rispettivamente per il protossido d'azoto e gas alogenati, escludendo le sale operatorie della neurochirurgia, otorinolaringoiatria e chirurgia pediatrica, sarebbe verosimilmente da attribuire alla inevitabile immissione di gas nell'ambiente dovuta alle manovre anestesiolgiche, alla possibilità di perdite da parte di sistemi di erogazione centralizzata dei gas, ad un inefficiente piano di manutenzione dei raccordi del circuito di erogazione ed evacuazione dei gas e ad un eventuale inefficienza dei sistemi di evacuazione (10, 30).

## Conclusioni

Benché siano state riscontrate in tutti gli ospedali della Regione Campania concentrazioni di gas anestetici mediamente contenute e parametri microclimatici mediamente adeguati, esiste una situazione difforme all'interno delle singole realtà che suggerisce, quanto meno, di mantenere alta l'attenzione sulla sorveglianza degli standard igienico-ambientali in sala operatoria. Si può asserire, con l'evidenza dei risultati, che i monitoraggi ambientali effettuati ad intervalli di mesi l'uno dall'altro hanno senz'altro permesso di rilevare e segnalare tempestivamente situazioni a rischio, consentendo interventi mirati su disfunzioni tecnico-impianistiche o comportamenti errati del personale, ma non sono sufficienti a garantire un costante rispetto dei limiti previsti dalle normative specifiche di settore; per tale motivo sarebbe sostanzialmente auspicabile un monitoraggio a frequenza almeno quadrimestrale e costante, in grado di segnalare in maniera più efficace le condizioni vigenti nelle sale operatorie e

di seguire l'appropriatezza degli interventi effettuati, indispensabili al raggiungimento di un adeguato standard di qualità (24). In particolare, allo stato attuale, risulta prioritario contenere l'inquinamento ambientale da gas anestetici, considerato soprattutto che lo scarso utilizzo del protossido d'azoto può creare dei deficit sia nei controlli che nelle manutenzioni: di conseguenza, in caso di emergenza, possono non essere garantiti tutti gli standard di sicurezza relativi all'impiego del protossido. Inoltre, non minore attenzione va posta alle condizioni microclimatiche, che possono determinare sia il rischio di insorgenza di infezioni ospedaliere, sia le concentrazioni ambientali dei gas anestetici stessi; infatti un adeguato funzionamento dell'impianto di condizionamento e ricambi d'aria può garantire un'adeguata evacuazione dei gas anestetici, anche in caso di anomalie di funzionamento degli apparecchi di erogazione degli stessi, specialmente nel caso di un malfunzionamento dei sistemi di evacuazione (16, 22, 24).

Quindi, affinché si possa ottenere nei reparti operatori un adeguato standard di qualità ambientale, è necessario mettere in atto le principali misure preventive di tipo tecnico, procedurale ed organizzativo. Le misure tecniche più importanti da attuare possono essere così riassunte: corretto funzionamento dell'impianto di condizionamento per garantire almeno 15 ricambi d'aria/ora; periodica manutenzione degli impianti, delle apparecchiature anestesiolgiche e dei componenti che fanno parte del circuito di anestesia per eliminare le cause più comuni di perdite accidentali, idonei sistemi di raccolta e convogliamento all'esterno dei gas espirati dal paziente; maggior ricorso alle tecniche anestetiche a bassi flussi di gas fresco con le quali viene notevolmente ridotta la quota di anestetico inalatorio espulsa dal sistema (32).

Le misure procedurali più efficaci a garantire il minor livello di inquinamento chimico

sono: effettuare le operazioni di caricamento dei vaporizzatori al di fuori della seduta operatoria, limitando per quanto possibile la dispersione in aria degli anestetici; evitare l'apertura dei circuiti finché il paziente non è collegato; verificare che la maschera impiegata sia ben aderente; svuotare il contenuto del pallone nel sistema di raccolta ed eliminazione degli anestetici prima di estubare il paziente; controllare la funzionalità dell'impianto di evacuazione verificando che il flussimetro in dotazione al disaccoppiatore indichi una portata sufficiente in relazione al tipo di sistema usato (10, 30).

Infine, per quanto attiene le misure organizzative, è certamente proficuo mettere in atto un iter per: assicurare la disponibilità di pezzi di ricambio per le parti facilmente usurabili; predisporre ed attuare un piano di monitoraggio della qualità dell'aria delle sale operatorie che consenta di verificare l'efficacia delle misure adottate ed il persistere dei risultati raggiunti; garantire la partecipazione ai monitoraggi, se effettuato da esterni, di personale qualificato in sinergia con gli uffici tecnici competenti; formare ed aggiornare continuamente il personale delle sale operatorie sui rischi specifici per la sicurezza, responsabilizzandolo circa le proprie funzioni di controllo e verifica delle procedure di sicurezza in sala operatoria.

Comunque, specialmente per l'inquinamento da gas anestetici, il miglioramento che si può notare tra le condizioni iniziali del periodo preso in esame e quelle finali dimostra l'importanza dei sistemi di monitoraggio finalizzati ad ottenere le condizioni ambientali corrette per un buon funzionamento delle sale operatorie e per il rispetto delle norme.

Il coinvolgimento partecipato delle professioni sanitarie, tecniche e gestionali è fortemente auspicabile ed altresì indispensabile risulta la loro fattiva collaborazione affinché si possano garantire elevati livelli di sicurezza e protezione degli ambienti di lavoro.

In tal senso riveste un ruolo fondamentale il rapporto con l'Università, che ha consentito nella presente esperienza di utilizzare l'attività di monitoraggio come strumento ed occasione per la formazione continua degli operatori e per il miglioramento continuo della qualità.

### Riassunto

Nel presente lavoro vengono illustrati i risultati di un'indagine riguardante le condizioni ambientali delle sale operatorie in diverse strutture ospedaliere pubbliche della Regione Campania, condotte nell'ambito di un programma di monitoraggi ambientali, che comprendeva la misura dei parametri microbiologici, fisici e chimici. L'analisi dei risultati è stata fatta in riferimento a standard specifici dettati dalle normative nazionali ed internazionali.

In base a tale classificazione, è risultato che solamente il 16% delle sale operatorie considerate presentava valori microbiologici, relativamente alla carica microbica totale, al di fuori delle indicazioni proposte, mentre nel restante 84% risultavano accettabili. Relativamente al monitoraggio microclimatico è risultato che il 55% delle sale operatorie considerate presentava valori microclimatici conformi, mentre nel restante 45% almeno un indice microclimatico appariva al di fuori delle indicazioni richieste.

Per quanto attiene le determinazioni di gas anestetici si evince che è stato riscontrato per le rilevazioni di protossido d'azoto un livello di non conformità pari al 26%, in riferimento al limite assunto pari ai 50 ppm; per quanto riguarda l'alogenato, invece, la percentuale non a norma riscontrata è stata del 15%.

### Bibliografia

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®). Guide to Occupational Exposure Values. Compiled by ACGIH. Cincinnati, 2006. Ohio 45240-4148.
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®). Threshold Limit Values (TLVs) for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. 2004.
3. ASHRAE (American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). ASHRAE Standard 62-73: Standards for Natural and Mechanical Ventilation. New York, 1973.

4. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). ASHRAE 62-1989: Standards for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, 1989.
5. Ariano E et al. Inquinamento ambientale da gas anestetici e microclima nelle sale operatorie dell'ospedale di Lodi. Atti del Seminario Regionale "I rischi ospedalieri", dicembre 1993.
6. Boivin JF. Risk of spontaneous abortion in women occupationally exposed to anaesthetic gases: a meta-analysis. *Occup Environ Med* 1997; **54**(8): 541-8.
7. Catenacci G. Rischio da microclima. In: Franco G. Compendio di Medicina del Lavoro e Medicina Preventiva degli Operatori Sanitari. Padova: Ed. Piccin, 1995: 231-6.
8. Cattaneo AD, Rovatti M, Ferraiolo G, Zattoni J. Inquinamento delle sale operatorie con gas e vapori anestetici. Fonti di inquinamento e loro controllo. *Acta Anesth Ital* 1984; **35**: 497-507.
9. Chang WP, Kau CW, Hseu SS. Exposure of anaesthesiologists to nitrous oxide during pediatric anesthesia. *Ind Health* 1997; **35**(1): 112-8.
10. Circolare Ministeriale n° 5. Esposizione professionale ad anestetici in sala operatoria. Roma, 14 marzo 1989.
11. Daglio M, Tattamanti F, Viacos D, Dionigi R. Controllo microbiologico ambientale nelle sale operatorie. *Tec Osp* 1990; **10**: 94-7.
12. Decreto del Presidente della Repubblica del 14 gennaio 1997, n° 37. Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ed alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio per le attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private. GURI n° 42 del 20 febbraio 1997.
13. Decreto Legislativo del 19 marzo 1996, n° 242. Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 19 settembre 1994, n° 626, recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. GURI n° 104 del 6 maggio 1996 (Suppl Ord).
14. Decreto Legislativo del 19 settembre 1994, n° 626. Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. GURI n° 265 del 12 novembre 1994.
15. Decreto Legislativo del 30 dicembre 1992, n° 502. Riordino della disciplina in materia sanitaria, a norma dell'articolo 1 della legge 23 ottobre 1992, n° 421. GURI n° 305 del 30 dicembre 1992 (Suppl Ord).
16. Deliberazione della Giunta Regionale del 31 dicembre 2001, n° 7301. Modifiche ed integrazioni alla delibera di Giunta Regionale n° 3958 del 7 agosto 2001 contenente "Definizione dei requisiti strutturali tecnologici ed organizzativi minimi per l'autorizzazione alla realizzazione e dell'esercizio delle attività sanitarie e socio-sanitarie delle strutture pubbliche e private e approvazione delle procedure di autorizzazione". BURC n° 2 dell'11 gennaio 2002.
17. Donatoni L, Brisotto R, Maschio M, Perosa A, Trani G, Zanello. Valutazione del rischio da agenti biologici in ambito ospedaliero: aspetti metodologici. *Ann Ig* 1998; **10** (Suppl. 2): 302.
18. Fargnoli JM, Arvieux CC, Copp F, Girardet P. Efficiency and importance of airway filters in reducing microorganism. *Anesth Analg* 1992; **74**: 393.
19. Hoerauf KH, Funk W, Hart M, Hobbahn J. Occupational exposure to sevoflurane, halotane and nitrous oxide during pediatric anaesthesia. *Anaesthesia* 1997; **52**(3): 215-9.
20. Hoerauf KH, Koller C, Jakob W, Taeger K, Hobbahn J. Isoflurane waste gas exposure during general anaesthesia: the laryngeal mask compared with tracheal intubation. *Br J Anaesth* 1996; **77**(2): 189-93.
21. ISO Standard 7730. Moderate thermal environments. Determinations of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva: Ed. International Standardization Organization, 1984.
22. Istituto Superiore Prevenzione e Sicurezza del Lavoro (ISPESL). Linee Guida sugli standard di sicurezza e di igiene ambientale dei reparti operatori. Documento derivato dal precedente ed approvato dal Consiglio Superiore di Sanità il 26 luglio 2002.
23. Melino C. Lineamenti di igiene del lavoro. Roma: Società Editrice Universo, 1992.
24. Ministero della Salute. Linee guida sugli standard di sicurezza e di igiene ambientale del reparto operatorio. 2002.
25. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to waste anesthetic gases and vapours. Publication n. 77/1977: 140.
26. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Guidance for Indoor Air Quality Investigations. Cincinnati, 1987.

27. Orlando P, Cristina ML, Sartini M, Quaglia E, Perdelli F. Risultati dell'intervento per il miglioramento della qualità e della sicurezza in sala operatoria. *Ann Ig* 1997; **9**: 455-62.
28. Melino C, Messineo A, Rubino S, Allocca A. *L'ospedale: igiene, prevenzione e sicurezza*. Roma: Società Editrice Universo, 1996.
29. Peduto VA, Napoleone M. Poisoning caused by chronic exposure to volatile anesthetics. Molecular mechanisms and risk anesthetics. *Minerva Anesthesiol* 1989; **55**(12): 487-500.
30. Pizzurra M, Pasquarella C, D'Alessandro D, Savino A. *La prevenzione dei rischi in sala operatoria*. Roma: Società Editrice Universo, 1999.
31. Tran N, Elias J, Rosenberg T, Wylie D, Gaborieau D, Yassi A. Evaluation of waste anesthetic gases, monitoring strategies, and correlation between nitrous oxide and health symptoms. *Am Ind Hyg Assoc J* 1994; **55**(1): 36-41.
32. Triassi M, Montuori P, Arnese A, Campatola C, Amodio Cocchieri R. Studio sulla qualità ambientale di sale operatorie in Campania. *Ann Ig* 2001; **13**: 247-57.
33. Vannini GC, Damiani G, Capelli G. Il controllo del rischio negli ambienti ospedalieri. *Ann Ig* 1996; **8**: 121-7.

Corrispondenza: Dott. Paolo Montuori, 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: pmontuor@unina.it