

**69° Congresso Nazionale  
Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale**

**SVILUPPO DELLA MEDICINA DEL LAVORO  
NELLA SOCIETÀ IN RAPIDO CAMBIAMENTO**

**Montesilvano (PE), 26-28 ottobre 2006**

***a cura di Paolo Boscolo, Mario Di Gioacchino,  
Luca Di Giampaolo, Andrea Antonucci***

**RELAZIONI**



M. Bovenzi, F. Rui, F. D'Agostin, C. Negro

## I compiti del Medico Competente alla luce della Direttiva Europea 2002/44/CE sulle vibrazioni meccaniche e del Decreto applicativo 187/2005

Unità Clinica Operativa di Medicina del Lavoro, Dipartimento di Scienze di Medicina Pubblica, Università degli Studi di Trieste, Centro Tumori, Trieste

**RIASSUNTO.** La Direttiva europea 2002/44/CE e il D.Lgs. 187/2005, che recepisce la Direttiva nella legislazione italiana, stabiliscono le prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni meccaniche. La prevenzione delle patologie agli arti superiori e alla colonna vertebrale causate dalle vibrazioni richiedono l'implementazione di misure amministrative, tecniche e sanitarie. La sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a vibrazioni comprende controlli medici preventivi e periodici a intervalli regolari. Gli obiettivi principali della sorveglianza sanitaria sono: (i) l'informazione dei lavoratori sui rischi associati all'uso di macchine e/o utensili vibranti e sui mezzi di prevenzione attualmente disponibili; (ii) la valutazione del loro stato di salute generale; (iii) l'individuazione precoce dei sintomi e segni clinici che possono essere causati da una prolungata esposizione a vibrazioni; (iv) il giudizio di idoneità alla mansione specifica; (v) la verifica dell'efficacia dei mezzi di prevenzione tecnica e dei dispositivi di protezione individuale; e (vi) l'eventuale diagnosi e denuncia di malattia professionale.

**Parole chiave:** sorveglianza sanitaria, valutazione del rischio, vibrazioni meccaniche.

**ABSTRACT.** THE ROLE OF THE OCCUPATIONAL HEALTH PHYSICIAN IN THE IMPLEMENTATION OF THE EUROPEAN AND ITALIAN REGULATIONS ON MECHANICAL VIBRATION AT WORK. The European Directive 2002/44/EC and the Italian Decree 187/2005 establish the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from mechanical vibration. Excessive exposure to hand-arm vibration from powered processes or tools can cause disorders in the vascular, neurological and musculoskeletal systems of the upper limbs. Long-term occupational exposure to intense whole-body vibration is associated with an increased risk for disorders of the lumbar spine and the connected nervous system. The prevention of injuries or disorders caused by mechanical vibration at the workplace requires the implementation of administrative, technical and medical procedures. The role of the occupational health physician in the implementation of the health surveillance of vibration-exposed workers is discussed in the light of the requirements established by the European and Italian regulations. The health surveillance of vibration-exposed workers consists of pre-employment medical screening and subsequent clinical examinations at regular intervals. The aims of health surveillance are to make the worker aware of the hazards connected with exposure to mechanical vibration, to obtain baseline health data for comparison with the findings of subsequent periodical health examinations, to verify the presence of pathological conditions which may increase the risk of adverse health effects due to vibration exposure, to make a diagnosis of occupational or work-related disease, and to check the long-term effectiveness of preventive measures.

**Key words:** health surveillance, mechanical vibration, risk assessment.

### Introduzione

L'esposizione a vibrazioni meccaniche in ambiente lavorativo può essere dovuta ad un'ampia varietà di processi e operazioni svolti nell'industria manifatturiera, nel comparto estrattivo, nell'industria delle costruzioni, nel settore agricolo-forestale e nei servizi di pubblica utilità (6). Una prolungata esposizione ad elevati livelli di vibrazioni generate da macchine industriali e agricole, da veicoli di trasporto, da utensili portatili, o da manufatti impugnati e lavorati su macchinario fisso, può provocare disturbi e lesioni a carico degli arti superiori e della colonna vertebrale (5).

La Direttiva dell'Unione Europea sulle vibrazioni 2002/44/CE (4) e il D.Lgs. n. 187/2005, che recepisce la Direttiva nella nostra legislazione (3), definiscono le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio come: "le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al sistema mano-braccio nell'uomo, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari"; e le vibrazioni trasmesse al corpo intero come: "le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide".

Sulla base delle rilevazioni del 3<sup>rd</sup> European Survey on Working Conditions (European Foundation, Dublin 2001), è stato stimato circa il 23.6% dei lavoratori europei è esposto a vibrazioni meccaniche. Per l'Italia tale stima è di circa il 26%, di cui l'11% con esposizione giornaliera continua o quasi continua a utensili vibranti, l'8% con tempo di esposizione tra 3/4 e 1/2 del turno di lavoro, e infine il 7% con esposizione corrispondente a circa 1/4 del turno di lavoro. In Europa, i settori lavorativi con maggior frequenza di esposizione a vibrazioni sono rappresentati dall'industria delle costruzioni, la manifattura di prodotti metallici, il comparto cave e miniere, i trasporti terrestri, l'agricoltura e la silvicoltura-foreste.

### Effetti delle vibrazioni meccaniche

L'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio da utensili portatili è associata ad un aumen-

tato rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche a carico del sistema mano-braccio (5, 6). L'insieme di tali lesioni è definito *sindrome da vibrazioni mano-braccio*. La componente vascolare della sindrome è rappresentata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud definita "vibration-induced white finger" dagli autori anglosassoni; la componente neurologica è caratterizzata da un neuropatia periferica prevalentemente sensitiva; la componente osteoarticolare comprende lesioni cronico-degenerative a carico dei segmenti ossei ed articolari degli arti superiori, in particolare a livello dei polsi e dei gomiti. Alcuni studi hanno anche riportato un aumentato rischio di alterazioni muscolo-tendinee e di intrappolamento dei tronchi nervosi degli arti superiori nei lavoratori che usano utensili vibranti.

Un'esposizione prolungata ad elevati livelli di vibrazioni trasmesse al corpo intero da macchine e/o veicoli industriali, agricoli o per il trasporto pubblico è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di disturbi e lesioni a carico del rachide lombare (5, 6). In alcuni studi è stato anche segnalato che l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero può causare alterazioni del distretto cervico-brachiale, dell'apparato gastroenterico, del sistema venoso periferico, dell'apparato riproduttivo femminile e del sistema cocleo-vestibolare, ma l'associazione tra le vibrazioni al corpo intero e lesioni a questi organi o apparati non è stata ancora adeguatamente documentata (5). Recenti revisioni della letteratura epidemiologica concordano nell'attribuire una forte evidenza epidemiologica all'associazione tra patologie del rachide lombare ed esposizione professionale a vibrazioni trasmesse al corpo intero (1, 5). In particolare, è stato evidenziato un aumentato rischio di lombalgie e lombosciatalgie, alterazioni degenerative della colonna vertebrale (spondiloartrosi, spondilosi, osteocondrosi intervertebrale), discopatie e ernie discali lombari e/o lombosacrali negli autisti di macchine e veicoli. Il rischio di insorgenza di patologie del rachide lombare sembra aumentare con l'aumentare della durata e dell'intensità dell'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero.

### La valutazione dell'esposizione alle vibrazioni meccaniche

Nella Direttiva Europea 2002/44/CE (4) e nel D.Lgs. 187/2005 (3), l'indicatore di esposizione alle vibrazioni meccaniche è rappresentato dal **valore dell'esposizione giornaliera alle vibrazioni normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, A(8)**.

Per le vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio (parte A dell'Allegato I del D.Lgs. 187, 2005), A(8) è calcolato mediante l'equazione:

$$A(8) = a_{hv} (T_e/T_0)^{1/2} \quad (\text{m/s}^2 \text{ r.m.s.})$$

ove  $a_{hv}$  rappresenta la radice quadrata della somma dei quadrati (valore totale) dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali  $x, y, z$  ( $a_{hw_x}, a_{hw_y}, a_{hw_z}$ ), [ovvero  $a_{hv} = (a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2)^{1/2}$ , in  $\text{m/s}^2$  r.m.s.], in conformità con lo stan-

dard ISO 5349-1, 2001;  $T_e$  è la durata dell'esposizione giornaliera alle vibrazioni (ore);  $T_0$  è la durata di riferimento di 8 ore.

Per le vibrazioni trasmesse al corpo intero (parte B dell'Allegato I del D.Lgs. 187/2005), la valutazione dell'esposizione si basa sul calcolo dell'esposizione giornaliera A(8) espressa come l'accelerazione continua equivalente su 8 ore, calcolata utilizzando il più elevato dei valori quadratici medi ( $\text{m/s}^2$  r.m.s.) delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali  $x, y, z$  [ $(1.4a_{wx}, 1.4a_{wy}, a_{wz})$ , per un lavoratore seduto o in piedi] in conformità con lo standard ISO 2631-1, 1997.

È opportuno ricordare che nella Direttiva Europea 2002/44/CE, l'esposizione giornaliera alle vibrazioni trasmesse al corpo intero può essere anche espressa come il più elevato dei Valori della Dose di Vibrazioni [VDV in  $\text{m/s}^{1.75}$  (metodo della quarta potenza)] determinati lungo i tre assi ortogonali  $x, y, z$ . L'indicatore di esposizione VDV non è stato recepito nel D.Lgs. 187/05.

Nella Direttiva Europea e nel D.Lgs. 187/2005, il **valore d'azione giornaliero, A(8)**, è fissato a **2.5  $\text{m/s}^2$  r.m.s.** per le vibrazioni mano-braccio e a **0.5  $\text{m/s}^2$  r.m.s.** per le vibrazioni trasmesse al corpo intero. Il **valore limite di esposizione giornaliero, A(8)**, è fissato a **5  $\text{m/s}^2$  r.m.s.** per le vibrazioni mano-braccio e a **1.15  $\text{m/s}^2$  r.m.s.** per le vibrazioni al corpo intero. Per completezza di informazione, si riporta che nella Direttiva Europea il valore di azione giornaliero per le vibrazioni al corpo intero, in termini di VDV, è di 9.1  $\text{m/s}^{1.75}$ , mentre il valore limite di esposizione è di 21  $\text{m/s}^{1.75}$ .

### I compiti del medico del lavoro-competente

L'articolo 7 del D.Lgs. 187/2005 stabilisce che i lavoratori esposti a livelli di vibrazioni superiori ai valori d'azione devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria. La sorveglianza deve essere effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente con adeguata motivazione riportata nel documento di valutazione dei rischi e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza dei lavoratori. L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza sanitaria diversi rispetto a quelli forniti dal medico competente. I lavoratori esposti a vibrazioni sono altresì sottoposti alla sorveglianza sanitaria, quando si verificano congiuntamente le seguenti condizioni: (a) l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni è tale da rendere possibile l'individuazione di un nesso tra l'esposizione in questione e una malattia identificabile o effetti nocivi per la salute, (b) è probabile che la malattia o gli effetti sopraggiungano nelle particolari condizioni di lavoro del lavoratore, (c) esistono tecniche sperimentate che consentono di individuare la malattia o gli effetti nocivi per la salute.

Le disposizioni dell'articolo 7 del D.Lgs. 187/2005 suggeriscono, pertanto, che la sorveglianza sanitaria possa essere effettuata anche in situazioni lavorative in cui l'esposizione alle vibrazioni sia inferiore ai valori di

azione, ma sussistano le condizioni sopraelencate. In questa ottica, risulta evidente il ruolo fondamentale che il medico competente, quale esperto e conoscitore del fattore umano e delle alterazioni precoci dello stato di salute conseguenti all'esposizione a vibrazioni, dovrà ricoprire, in collaborazione con gli altri attori della prevenzione, nella fase della valutazione del rischio specifico allo scopo di programmare un'efficace sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti.

Nel caso di riscontro di patologie attribuibili alle vibrazioni meccaniche, il datore di lavoro deve tener conto del parere del medico competente nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio, e deve prendere adeguate misure affinché sia effettuata una visita medica straordinaria per tutti gli altri lavoratori che hanno subito un'esposizione simile.

Per quanto riguarda la sorveglianza sanitaria, infine, l'articolo 8 del D.Lgs. 187/2005 stabilisce che sia istituita e aggiornata una documentazione sanitaria individuale, e in particolare il medico competente deve istituire e aggiornare una cartella sanitaria e di rischio per ciascuno dei lavoratori esposti a vibrazioni meccaniche. Nella cartella devono essere anche riportati i valori di esposizione individuali comunicati dal datore di lavoro per il tramite del servizio di prevenzione e protezione.

La sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a vibrazioni meccaniche ha le seguenti finalità:

- (i) l'informazione dei lavoratori sui motivi e le finalità dei controlli sanitari preventivi e periodici;
- (ii) l'informazione dei lavoratori sui rischi associati all'uso di macchine e/o utensili vibranti e sui mezzi di prevenzione attualmente disponibili;
- (iii) la valutazione del loro stato di salute generale;
- (iv) l'individuazione precoce dei sintomi e segni clinici che possono essere causati da una prolungata esposizione a vibrazioni;
- (v) il giudizio di idoneità alla mansione specifica;
- (vi) la verifica dell'efficacia dei mezzi di prevenzione tecnica e dei dispositivi di protezione individuale;
- (vii) l'eventuale diagnosi e denuncia di malattia professionale.

Il programma di sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti a vibrazioni meccaniche è gestito e condotto dal medico competente nominato dal datore di lavoro (D.Lgs. 626/94, art. 16). Il medico competente, avendo partecipato alla valutazione dei rischi, è tenuto a conoscere le caratteristiche del processo lavorativo, nonché le macchine utilizzate dai lavoratori, e, in accordo con le disposizioni dell'articolo 17 del D.Lgs. 626/94, deve eseguire i sopralluoghi degli ambienti di lavoro, annotando ogni eventuale modificazione delle condizioni di rischio specifico.

È compito del medico competente redigere con periodicità regolare un rapporto, in forma di riepilogo epidemiologico di dati anonimi, sullo stato di salute dei lavoratori esposti a vibrazioni e discutere con il datore di lavoro, i preposti ed i rappresentanti dei lavoratori le possibili associazioni tra i quadri clinici emersi dalla sorveglianza sanitaria periodica e l'esposizione a vibrazioni meccaniche. In tale contesto, il medico competen-

te dovrà suggerire possibili soluzioni tese a migliorare le condizioni di lavoro e di salute dei lavoratori esposti. È anche compito del medico competente coadiuvare il datore di lavoro e il servizio di prevenzione e protezione nella scelta di nuove macchine e/o utensili da introdurre nel ciclo lavorativo, nonché dare un parere esperto sulla efficacia dei dispositivi di protezione individuale per i lavoratori. Collabora inoltre con gli altri soggetti aziendali della prevenzione nell'assicurare l'informazione e la formazione dei lavoratori, adeguata e specifica per l'azienda, sui rischi da vibrazioni meccaniche e sulle misure di prevenzione.

La sorveglianza sanitaria deve essere eseguita in conformità ai principi e alle pratiche che disciplinano la medicina del lavoro. I controlli medici preventivi e periodici devono comprendere la storia (anamnesi) personale, lavorativa e sanitaria del soggetto, un esame obiettivo completo, ed eventuali altre indagini specialistiche secondo il giudizio clinico del medico competente. Le informazioni relative ai dati personali e sanitari dei lavoratori esposti devono essere trattate e conservate dal medico competente e i suoi collaboratori nel rispetto delle regole del segreto professionale e delle disposizioni della normativa sulla privacy.

Le Linee Guida della SIMLII dedicate ai "*Disturbi e patologie da esposizione a vibrazioni meccaniche negli ambienti di lavoro*" forniscono informazioni aggiornate e suggerimenti utili per un corretto svolgimento delle procedure connesse con la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti (2). Gli scopi delle linee guida della SIMLII sono l'aggiornamento, l'accreditamento e la formazione continua del medico del lavoro, finalizzati a garantire lo svolgimento di una corretta attività professionale. Nelle Linee Guida SIMLII vengono anche proposti alcuni criteri per la formulazione del giudizio di idoneità lavorativa specifica e per la diagnosi e la denuncia delle malattie professionali causate dall'esposizione a vibrazioni meccaniche. A tale proposito, è opportuno ricordare che nel D.M. 27 aprile 2004 (G.U. no. 134, 10 giugno 2004), che riporta l'aggiornamento dell'elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia ai sensi dell'art. 139 del D.P.R. 1124/65 e ss.mm., le patologie da vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio sono inserite nella lista I (gruppo 2 - malattie da agenti fisici), ovvero la lista contenente le malattie la cui origine lavorativa è considerata di elevata probabilità. In particolare sono citate le seguenti patologie:

- sindrome di Raynaud secondaria (angioneurosi delle dita delle mani);
- osteoartropatie (polso, gomito, spalla);
- sindrome del tunnel carpale;
- altre neuropatie degli arti superiori;
- tendiniti-tenosinoviti del segmento mano-polso.

Nel medesimo decreto ministeriale, le patologie da vibrazioni trasmesse al corpo intero "per le attività di guida di automezzi pesanti e conduzione di mezzi meccanici" sono inserite nella lista II (gruppo 2 - malattie da agenti fisici), ovvero la lista contenente le malattie la cui origine lavorativa è considerata di limitata probabilità. In particolare sono citate le seguenti patologie:

- spondilodiscopatie del tratto lombare;
- ernia discale lombare.

Nella lista ufficiale delle malattie professionali riconosciute dall'Unione Europea (2003/670/EC) sono inserite le malattie vascolari e osteoarticolari causate dall'esposizione a vibrazioni mano-braccio (Allegato I, voci 505.01 e 505.02), mentre le "discopatie della colonna dorsolombare provocate da vibrazioni verticali ripetute dell'insieme del corpo" (Allegato II, voce 2.502) sono menzionate nell'elenco delle malattie di sospetta origine professionale che potrebbero essere inserite in futuro nell'Allegato I dell'elenco europeo.

L'angiopatia e l'osteotropatia da utensili vibranti sono riconosciute come malattie professionali dalla legislazione del nostro Paese (D.P.R. 336, 1994: (i) voce 52 della tabella delle malattie professionali nell'industria; (ii) voce 27 della tabella delle malattie professionali nell'agricoltura, limitatamente alle lavorazioni forestali con uso di motoseghe portatili).

È molto probabile che la nuova tabella delle malattie professionali amplierà il numero delle patologie associate all'esposizione a vibrazioni meccaniche e riconosciute di origine occupazionale in presenza di specifici requisiti relativi all'intensità e alla durata di esposizione.

## Bibliografia

- 1) Bernard P (ed). Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper limbs, and low back. US DHHS (NIOSH) Publication No 97-141, Cincinnati, OH, 1997.
- 2) Bovenzi M, Angotzi G, Apostoli P, Negro C, Versini W. Linee Guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie da esposizione a vibrazioni meccaniche negli ambienti di lavoro. Linee Guida per la formazione continua e l'accreditamento del medico del lavoro. Maugei Foundation books, Volume 5. PI-ME Editrice, Pavia 2003. ISBN 88-7963-158-6.
- 3) Decreto Legislativo No. 187 del 19 agosto 2005. Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche. Gazzetta Ufficiale No. 220 del 21 settembre 2005
- 4) Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of The Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Official Journal of the European Communities, L 177/13, 6.7.2002
- 5) European Committee for Standardization. Mechanical vibration - Guide to the health effects of vibration on the human body. CEN Report 12349. CEN, Brussels, 1996.
- 6) Griffin MJ. Handbook of human vibration. London, Academic Press, 1990.

**Richiesta estratti:** Prof. Massimo Bovenzi - Unità Clinica Operativa di Medicina del Lavoro, Dipartimento di Scienze di Medicina Pubblica, Università degli Studi di Trieste, Centro Tumori, Via della Pietà 19, 34129, Trieste, Italy - E-mail: bovenzi@units.it

F. Merluzzi<sup>1</sup>, E. Pira<sup>2</sup>, L. Riboldi<sup>3</sup>

## Direttiva Rumore

<sup>1</sup> Dipartimento di Medicina del Lavoro Università degli Studi di Milano

<sup>2</sup> Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro Università degli Studi di Torino

<sup>3</sup> Fondazione IRCCS Ospedale Maggiore Policlinico, Mangiagalli e Regina Elena - Milano

**RIASSUNTO.** Il 30.5.2006 è stato pubblicato nella Gazzetta Ufficiale il Decreto Legislativo 10 aprile 2006 n. 195, in attuazione della Direttiva Europea 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore). Il Decreto ricalca quasi per intero la Direttiva Europea mentre si discosta di molto dal precedente D.Lvo. 277/91, in particolare si sottolinea l'eliminazione dell'Allegato VI e dell'Allegato VII. Vengono commentati gli articoli del Capo I: 49-bis, 49-tris e 49-quater. Due sono i punti critici più importanti discussi. 1. Il decreto prevede che i livelli di esposizione siano calcolati, come per il passato, in termini di livello sonoro equivalente. Questa modalità di misura sottostima la lesività dei rumori impulsivi per cui ancora una volta si introduce una marcata imprecisione nella valutazione del rischio. 2. La sottrazione del potere di attenuazione dei DPI per il calcolo del valore limite di esposizione deve essere utilizzata esclusivamente a livello del singolo lavoratore e in nessun caso può influenzare gli obblighi della prevenzione ambientale. Inoltre il potere di attenuazione dei DPI è una grandezza difficilmente misurabile perché varia moltissimo nel tempo e da un soggetto all'altro. Vengono quindi valutate le ricadute sull'attività del medico competente, sottolineando la possibile valorizzazione della sua funzione alla luce di una maggiore responsabilizzazione nel contesto delle azioni per la prevenzione e la tutela della salute dei lavoratori.

**Parole chiave:** rumore, livelli di esposizione, DPI.

**ABSTRACT.** "THE ITALIAN DECREE 195/2006 ON THE PROTECTION OF WORKERS AGAINST RISKS ARISING FROM NOISE". The Italian decree 195/2006 incorporates the European Directive 2003/10/CE on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise). It is rather different to previous decree 277/1991, particularly as regard of the new exposure limit value and the elimination of annex VI and VII. We discuss here only two aspects that we consider relevant and quite critical: 1) the calculation of the exposure limit values as noise equivalent level: it is a method that underestimates the potential damage of impulsive noise, so the risk evaluation remains quite inaccurate. 2) to take account of the attenuation provided by the individual hearing protectors worn by the worker in determining the worker's effective exposure when applying the exposure limit values: this must not apply to the obligations of employer to control the risk at source avoiding or reducing exposure to the minimum. Furthermore the attenuation power of individual hearing protectors is difficult to measure because his variability during the time and among different subjects. Then we evaluate and discuss the new duties of Occupational Physician in this matter. The daily exposure limit values and action values are in fact in part modified as well as the methodology for organize the programs of prevention, health surveillance, information and formation of workers. As support for his activity we proposed the guidelines that The Italian Society of Occupational Health and Industrial Hygiene (SIMLII) has published in 2003, which provides recommendations for the health surveillance for the prevention of noise induced hearing loss at the workplace.

**Key words:** noise, exposure limit values, individual hearing protectors.

### Introduzione

Il 15 febbraio 2003 è stata emanata la Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 2003/10/CE *sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) durante il lavoro*.

Il governo italiano ha recepito la Direttiva come Decreto Legislativo 10 aprile 2006 n. 195 *Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici* che è stata pubblicato sulla G.U. n 124 del 30-5-2006. Questo Decreto a tutti gli effetti sostituisce il Capo IV "Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro" del noto D.Lvo. 277/91. Quest'ultimo era costituito da 12 articoli e 2 allegati (All. VI Criteri per la misurazione del rumore e All. VII Criteri per il controllo della funzione uditiva dei lavoratori) mentre il D.Lvo 159 è composto da 2 Capi e da 19 articoli ed è inserito nel D. Lvo. 626 come Titolo V bis (Art. 49 bis e seguenti).

Lo spirito e gli articoli del D.Lvo 195 sono diversi da quelli del D.Lvo 277 mentre sono quasi perfettamente sovrapponibili a quelli della Direttiva CE. Il 195 è un Decreto conciso e stringato che attribuisce al Medico Competente una maggiore discrezionalità e responsabilità.

In questa ottica sono stati tolti gli allegati tecnici nei quali erano definiti in termini precisi e cogenti le metodologie e le apparecchiature da utilizzare per la misura del rumore (All. VI) e per la valutazione dell'udito dei lavoratori (All. VII). Potrebbe essere considerato un segno di progresso però di fatto viene a mancare un preciso riferimento, fondamentale per consentire agli organi ispettivi di valutare la attendibilità dei risultati e la corretta applicazione della legge che solo in parte potrà essere sostituito dalle indicazioni contenute nelle Linee Guida.

### Le novità più importanti degli articoli 49-bis, 49-ter e 49-quater.

#### Articolo 49-bis

L'applicazione del D. Lvo. 195 è estesa a tutti gli esposti a rumore senza eccezioni; cambia soltanto la data dell'entrata in vigore che è differenziata per settore (vedi Art. 7).

**Articolo 49-ter**

Al punto a) vi è la novità della misura di picco dei rumori impulsivi in dBC mentre nel D.Lvo 277 era in dB lineare. Il filtro C introduce una ponderazione minima per le frequenze basse, sino a 50 Hz, e per quelle alte superiori a 2000 Hz. Si tratta in ogni caso di una attenuazione estremamente limitata incapace di variare in modo significativo la misura; questa scelta creerà però dei problemi pratici perché molti fonometri attualmente in uso non sono strutturati per la misura del picco con l'uso di filtri di ponderazione.

Al punto b) è stabilito che il livello dell'esposizione al rumore, e quindi il rischio di danno uditivo, deve essere misurata in termini di dBA Leq (livello sonoro equivalente) cioè come valore sonoro medio ponderato nel tempo, per turno di lavoro, secondo le formule contenute nella norma ISO 1999, analogamente a quanto già indicato nel Decreto 277; è specificato inoltre che tale modalità di misura si applica anche al rumore impulsivo.

Si ritiene importante ricordare che il livello equivalente correla abbastanza bene con il danno uditivo solo in presenza di rumori continui a livello stabile mentre tende a sottovalutare il rischio quando vi sia una componente impulsiva anche di limitata entità, soprattutto quando il rumore misurato supera 85 dBA Leq., e tende a sopravvalutarlo quando il rumore è interrotto da pause superiori ad un'ora in quanto consentono un recupero della fatica uditiva.

**Articolo 94-quater**

Sono riportati i:

- a) Valori limite di esposizione: rispettivamente Lex,8h = 87 dB(A) e 140 dB(C) picco;
- b) Valori superiori di azione: rispettivamente Lex,8h = 85 dB(A) e 137 dB(C) picco;
- c) Valori inferiori di azione: rispettivamente Lex,8h = 80 dB(A) e 135 dB(C) picco;

Rispetto al D.Lvo. 277 si notano alcune importanti differenze: il valore limite di esposizione scende significativamente da 90 a 87 dBA mentre il valore di picco aumenta in maniera infinitesimale da 140 dB lineare a 140 dBC; i valori inferiori e i valori superiori di azione rimangono invariati, 80 e 85 dBA; vengono però aggiunti i valori di picco, rispettivamente 135 dBC e 137 dBC. Questa modifica potrebbe risultare di non poco conto in quanto il limite di picco non è condizionato numericamente per cui potrebbe bastare una sola martellata per far scattare la azione.

Il contenuto di questo articolo è completato dal punto 2 dell'Art. 49-septies ove viene specificato che "il valore limite di esposizione da non superare deve essere calcolato tenendo conto del potere di attenuazione dei DPI indossati dal lavoratore".

Due considerazioni devono essere fatte.

Prima: il valore della attenuazione dei DPI, in dB, da sottrarre al rumore ambientale, è una grandezza dichiarata dalla ditta produttrice, valida nelle condizioni di utilizzo sperimentale in laboratorio mentre in ambiente di lavoro può subire marcate variazioni in meno, non controllabili, da soggetto a soggetto, nello stesso soggetto da un giorno all'altro e anche da un'ora all'altra nell'arco del turno la-

vorativo. Questo calcolo porterà una misura molto imprecisa del rischio.

Seconda: è necessario affermare con forza e molto chiaramente che la valutazione dei valori limite può essere fatta a protettori indossati solo in relazione al singolo lavoratore, per decidere cioè se il lavoratore stesso e non un altro può o non può lavorare in quel determinato posto di lavoro.

Questa sottrazione non deve in nessun modo modificare gli altri obblighi previsti dai diversi articoli del decreto. Se così non fosse si creerebbero situazioni paradossali contrarie allo spirito del D.Lvo. 626 che considera cogente la prevenzione primaria non sostituibile in alcun modo con l'uso di DPI e si realizzerebbe un marcato passo indietro peggiorativo rispetto al D.Lvo. 277 e ai livelli di sicurezza. Infatti applicare il limite di 87 dBA tenendo conto dell'attenuazione dei DPI (pari mediamente a 25 dB) significherebbe consentire negli ambienti di lavoro un limite di 105 dBA assolutamente improponibile.

A questo punto ci si deve domandare a che cosa serve il limite di 87 dBA calcolato sottraendo il valore di attenuazione dei DPI, tenuto conto che comunque il datore di lavoro deve attuare tutti i provvedimenti relativi all'ambiente, al controllo sanitario e alla formazione.

La risposta più probabile potrebbe essere questa: il decreto stabilisce che anche nei casi in cui, pur attivando tutto quanto previsto, il livello di rumore rimane superiore a 87dBA, è consentita la presenza del lavoratore purché munito di opportuni DPI, liberando il datore di lavoro da una situazione di inadempienza fornendogli quindi una sorta di scappatoia finale. Questo è quanto succedeva già con il decreto 277 però non era sancito esplicitamente dalla legge. Indubbiamente con questa novità il responsabile non potrà più essere sanzionato per aver superato i valori limite ma solo per non aver applicato per intero la normativa; questo certamente non gioverà alla prevenzione.

**Il medico del lavoro competente di fronte ai nuovi obblighi in tema di rumore**

Essendo la direttiva recepita come nuovo titolo all'interno del D.Lvo 626/94 ne consegue che:

1. questa direttiva e il suo recepimento stabiliscono obblighi per il datore di lavoro, non nuovi obblighi per il Medico Competente (MC)
2. tutto ciò che il D.Lvo 626 prevede per il MC vale anche in questo caso

È importante sottolineare due criteri esposti nelle premesse della direttiva:

- 1) si riconosce che abbiamo una carenza di conoscenze e quindi questa nuova norma (dal punto di vista del datore di lavoro) non è cogente per gli effetti non uditivi. Ma per il MC si perché è tenuto a segnalarli se li riscontra (DL 27.4.2004 nuova tabella malattie professionali)
- 2) si ritiene "necessario che un sistema di protezione contro il rumore si limiti a definire, senza entrare inutilmente nel dettaglio, gli obiettivi da raggiungere, i principi da rispettare e le grandezze fondamentali da utiliz-

zare". Ci pare un criterio apprezzabile per quanto riguarda le attività proprie del medico competente. Sembra preferibile infatti che il dettato legislativo si fermi sulla soglia del livello professionale senza pretendere di definire comportamenti per loro natura legati al contesto scientifico-professionale e quindi soggetti a cambiamenti e correzioni in rapporto alla evoluzione delle conoscenze nel tempo. Il medico competente deve esercitare la propria responsabilità, cercare i propri riferimenti culturali ed operativi, paragonare l'efficacia delle proprie azioni, sviluppare processi migliorativi della propria competenza nell'ambito scientifico e professionale, non nel dettato legislativo (che riguarda invece il datore di lavoro).

A questo riguardo pare appropriato quanto proposto dalla SIMLII nelle sue "Linee Guida per la prevenzione dei danni uditivi da rumore in ambiente di lavoro" del 2003, contenuti che questa direttiva sembra salvaguardare valorizzando e sostenendo la funzione e la responsabilità del MC.

Si può effettivamente esercitare la propria professione a supporto del datore di lavoro e dei lavoratori, e non solo "eseguire" delle direttive di legge. Occorre che il MC si assuma e sviluppi tutta la sua responsabilità, svolgendo tutti i compiti che gli sono propri.

I principi e gli obiettivi dichiarati sono la tutela e la sicurezza per tutti i lavoratori (anche gli ipersuscettibili) e per tutti gli effetti (dice "in particolare" per l'udito, ma non "solo"). Per realizzare tali obiettivi il MC ha delle grandezze di riferimento (valore limite e valori di azione) ed indicazioni circa gli strumenti con cui operare.

Nel dettaglio il testo della legge, per quanto attiene la valutazione e prevenzione del rischio, prevede:

1. delle azioni in cui è inevitabile il coinvolgimento del MC, ed a queste voci il datore di lavoro "deve prestare particolare attenzione"
2. delle valutazioni che solo il MC può contribuire a fare (ad esempio la presenza di altri possibili fattori di rischio ototossico)
3. una valutazione dei risultati della sorveglianza sanitaria finalizzata anche a rivalutare continuamente le condizioni di rischio e l'efficacia dei provvedimenti adottati

4. che l'adozione di misure di prevenzione e protezione sia adattata ai lavoratori particolarmente sensibili (criterio che solo il MC può definire)
5. una cura particolare nella adozione dei DPI (fra l'altro a valori di azione inferiori rispetto a quanto previsto dal D.Lvo 277) che implica necessariamente l'intervento del MC.

Per quanto attiene la valutazione e prevenzione degli effetti (sorveglianza sanitaria):

1. la direttiva da un criterio generale demandando agli stati membri di adottare misure specifiche con l'obiettivo comunque di conservare l'udito e fare diagnosi precoci di eventuali danni
2. la direttiva dice però (e la legge italiana lo recepisce) che la sorveglianza sanitaria va fatta obbligatoriamente sopra il limite di 85 dBA ed a richiesta o a giudizio del MC sopra gli 80 dBA (come per il D.Lvo 277)
3. vengono abrogate le indicazioni metodologiche e le periodicità definite dal D.Lvo 277, lasciando al MC discrezionalità nella decisione. Ma a questo riguardo ci sono le linee guida della SIMLII che propongono criteri per audiometria e visita (sia per le modalità che per la periodicità con cui effettuarle) che tenevano conto di quelli indicati nel D.Lvo 277 e che rimangono sempre valide come indicazione nell'ambito scientifico-professionale e sono quindi un riferimento chiaro. Introducono inoltre un criterio interessante, vale a dire la valutazione del peggioramento della funzione uditiva, che meriterebbe di essere più decisamente proposto.

Tre ulteriori osservazioni:

1. il riscontro di "anomalie" da parte del MC fa scattare provvedimenti specifici che il datore di lavoro deve attuare
2. situazioni di deroga devono essere controllate più intensamente anche dal punto di vista sanitario
3. la documentazione sanitaria va tenuta secondo i criteri generali del D.Lvo 626.

Per quanto attiene la informazione e formazione il compito del MC scatta sopra gli 80 dBA di esposizione (meglio rispetto al D.Lvo 277) ed in particolare, come detto, in relazione all'uso dei DPI.

F. Ottenga<sup>1</sup>, A. Giovanazzi<sup>2</sup>, L. Rossi

## Linee guida di sorveglianza sanitaria dopo la Direttiva Europea sui campi elettromagnetici

<sup>1</sup> Cattedra e Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro dell'Università di Pisa

<sup>2</sup> U.O.P.S.A.L. - Trento

**RIASSUNTO.** Le raccomandazioni della Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo indicano gli adempimenti per il medico del lavoro che si attenga alla conoscenza degli effetti di sufficiente evidenza scientifica dei campi elettromagnetici, effetti per i quali esiste un consenso rispetto agli agenti causali; non indicano invece gli adempimenti per gli effetti definiti come possibili nelle esposizioni ai rischi occupazionali. La sorveglianza sanitaria consiste nella valutazione dello "stato di salute" del lavoratore, indispensabile per la formulazione del giudizio di idoneità. L'esame clinico deve comprendere, oltre all'anamnesi e all'esame fisico, un insieme di accertamenti diagnostici di base (profilo diagnostico di laboratorio) che fornisce al medico un quadro clinico organico ed è in grado di evidenziare eventuali stati patologici latenti o condizioni di ipersuscettibilità individuale. Per tali scopi viene proposta una standardizzazione per la raccolta dei dati anamnestici e clinici che tenga conto delle diverse frequenze dello spettro elettromagnetico, e sono proposti protocolli diagnostici riguardanti gli organi critici. Vengono riferiti dati sulla periodicità delle visite e sui protocolli degli accertamenti complementari "minimi": per le radiazioni ELF, radiofrequenze e microonde sono proposte visite mediche biennali con profili ematologici e biochimici, elettrocardiogramma e visita oculistica. Si sottolinea infine come ciascun medico addetto alla sorveglianza sanitaria debba mantenersi doverosamente al passo con l'evoluzione del sapere scientifico, e debba porsi attivamente nella condizione di osservare i fenomeni di danno che eventualmente dovessero manifestarsi nei soggetti esposti per motivi professionali alle radiazioni elettromagnetiche: ciò fa parte dei doveri deontologici degli operatori di medicina del lavoro, nel rispetto del "principio di precauzione".

**Parole chiave:** sorveglianza sanitaria, campi elettromagnetici, principio di precauzione.

**ABSTRACT.** HEALTH SURVEILLANCE GUIDELINES AFTER THE EUROPEAN DIRECTIVE ON ELECTROMAGNETIC FIELDS. Directive 2004/40/CE of the European Parliament points out what an occupational physician has to do in case of scientifically evident effects of electromagnetic fields, meaning for evident effects, those one based on the agreement of the scientific community about their causal agents. The Directive, instead doesn't mention physician's tasks in case of possible effects for the exposure to occupational risk. Health surveillance is the estimation of the worker's state of health and it is indispensable to elaborate an evaluation of job-fitness. The clinical test must include the anamnesis, the medical examination and some diagnostic checks (diagnostic laboratory outline), which supply the occupational physician with a complete clinical picture showing any latent pathology or any conditions of individual hypersusceptibility. Anamnestic and clinical data are collected with a standardized system, all the several frequencies of the electromagnetic spectrum are analysed and the diagnostic protocols concerning eyes, skin, and hematopoietic system are established. Also data of periodical medical examinations and "minimum" complementary checks are established: for ELF, radiofrequencies and microwaves a medical examination with a hematological and biochemical analysis and eye test and electrocardiogram are necessary every two years. Every occupational physician engaged in health surveillance has to keep up with the evolution of the scientific knowledge and he must observe the possible health damages for workers exposed to electromagnetic radiations: this is a deontological responsibility of the occupational physicians to respect the "precautionary principle".

**Key words:** health surveillance, electromagnetic fields, precautionary principle.

### Introduzione

La definizione di linee guida per la sorveglianza sanitaria nella esposizione a campi elettromagnetici è stata oggetto di varie e autorevoli proposte negli ultimi anni.

Già nel congresso Nazionale AIRM svoltosi a Roma nel 2001 vennero presentate raccomandazioni per la sorveglianza medica dei lavoratori per possibili effetti da esposizioni a ELF, radiofrequenze e microonde ad opera di uno specifico gruppo di lavoro.

Successivamente le linee guida della SIMLII sulla sorveglianza sanitaria degli esposti per motivi professionali alle radiazioni non ionizzanti, edite nel 2003, hanno riportato le basi delle conoscenze per l'attività del medico del lavoro-competente che debba gestire le problematiche professionali relative agli effetti deterministici delle radiazioni non ionizzanti. Le raccomandazioni proposte in queste linee guida costituiscono adempimenti "minimi" da parte del medico che si attenga alla conoscenza degli effetti prodotti dagli agenti fisici in esame suffragati da sufficiente evidenza scientifica e per i quali esiste un consenso rispetto agli aspetti causali; non si riferiscono invece agli effetti definiti come possibili nelle esposizioni ai livelli normalmente riscontrabili in ambienti di vita. Mentre vi è infatti sufficiente concordanza scientifica per l'impostazione della sorveglianza sanitaria in relazione all'esposizione a campi dello spettro elettromagnetico come le radiazioni ottiche e i campi statici, e anche per gli effetti deterministici che conseguono ad alte dosi di ELF, radiofrequenze e microonde, si registrano diversità di impostazione scientifica per questi stessi rischi in relazione ai possibili effetti a lunga distanza nel tempo sulla salute dei lavoratori esposti. Per i rischi di natura stocastica e non stocastica non suffragati da sufficiente evidenza scientifica e rispetto ai quali non sono state ancora definite misure preventive specifiche (ove possibili), la sorveglianza sanitaria risulta molto difficile da gestire, soprattutto in presenza, anche solo ipotetica, di interferenze da altre patologie del lavoratore più o meno gravi.

### Aspetti legislativi

I riferimenti di legge per una giustificazione della sorveglianza sono il DPR 303/56 (art. 34), il DPR 336/94 (re-

golamento recante la nuova tabella delle malattie professionali alla voce 51), il recente Decreto Ministeriale 27/04/2004 (elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia all'Ispettorato del Lavoro: lista I, gruppi 2 e 5, voci 8-9-10-11), i D. Lgs. 277/91, 626/94, 242/96, la Circolare n. 38 del 27 maggio 1987 e i Decreti dell'agosto 1991 e 1993 del Ministero della Sanità (riguardanti le applicazioni della risonanza magnetica), il Decreto del Ministero dell'Ambiente 391/98 (esposizione alle sorgenti a radiofrequenza di tipo fisso) e la Legge 36/2001 (legge quadro sulla protezione dei campi elettrici e magnetici). Quest'ultima è basata sul principio di precauzione, e introduce la definizione di "limite di esposizione" per la tutela della salute dagli effetti acuti, di "valore di attenzione" quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine, e di "obiettivi di qualità" quali valori per la progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità sono stati stabiliti solo per la popolazione tramite due decreti attuativi dell'agosto 2003 (Tab. I), mentre nel caso dei lavoratori e delle esposizioni professionali i corrispondenti livelli non sono mai stati definiti. La legge fa cenno all'obbligo della sorveglianza sanitaria, non indicando peraltro il livello delle grandezze di riferimento (livelli di campi elettrici e magnetici e densità di potenza ai quali la sorveglianza debba essere proposta).

La recente Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29/04/2004 sulle prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici ha come scopo la protezione dei soli effetti considerati accertati: nel preambolo è esplicito il riconoscimento dell'assenza di evidenze tali da

ritenere scientificamente provati i possibili effetti a lungo termine, compreso il cancro. Quale riferimento tecnico scientifico per la definizione dei limiti di esposizione si assumono le linee guida dell'International Commission on Non-Ionizing Radiation (ICNIRP). La Direttiva è articolata in "valori limite di esposizione" e "valori di azione", i cui livelli numerici sono stati posti identici, rispettivamente, alle restrizioni di base e ai livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP (Tab. II).

Ai fini della prevenzione e della diagnosi precoce di qualunque effetto negativo per la salute imputabile all'esposizione ai campi elettromagnetici, una sorveglianza sa-

**Tabella I. Limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per le frequenze 100 kHz-300 GHz per la popolazione (DPCM 08 luglio 2003. G.U. 29 agosto 2003, n. 200)**

	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza (W/m <sup>2</sup> )
<b>Limite di esposizione</b>			
0.1-3 MHz	60	0.2	-
3-3000 MHz	20	0.05	1
Oltre 3000 MHz	40	0.01	4
<b>Valori di attenzione</b>			
<b>A TUTTE LE FREQUENZE</b> Da rilevare all'interno di edifici adibiti a permanenza non inferiori a 4 ore	6	0.016	0.10 (3 MHz - 300 GHz)
<b>Obiettivo di qualità</b>			
<b>A TUTTE LE FREQUENZE</b> Aree intensamente frequentate	6	0.016	0.10 (3 MHz - 300 GHz)

**Tabella II. Valori di azione (valori efficaci imperturbati) della Direttiva Europea 2004/40/CE per la protezione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici**

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μT)	Densità di potenza di onda piana equivalente S <sub>eq</sub> (W/m <sup>2</sup> )	Corrente di contatto, I <sub>c</sub> (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti, I <sub>L</sub> (mA)
0 - 1 Hz	-	1,63x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>5</sup>	-	1,0	-
1 - 8 Hz	20000	1,63x10 <sup>6</sup> /f <sup>2</sup>	2x10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	-	1,0	-
8 - 25 Hz	20000	2x10 <sup>4</sup> /f	2,5x10 <sup>4</sup> /f	-	1,0	-
0,025 - 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	-	1,0	-
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	-	1,0	-
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	-	0,4f	-
65 - 100 kHz	610	1600/f	2000/f	-	0,4f	-
0,1 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	-	40	-
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	-	40	-
10 - 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10	-	-
400 - 2000 MHz	3f <sup>0,2</sup>	0,008f <sup>0,2</sup>	0,01f <sup>0,2</sup>	f/40	-	-
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	-	-

nitaria deve essere attuata (art. 8) in caso venisse rilevata una esposizione superiore ai valori limite. Qualora venga rilevato un danno alla salute derivante da tale esposizione, il datore di lavoro effettua una rivalutazione dei rischi a norma dell'art. 4, e adotta le misure appropriate per garantire che il medico responsabile della sorveglianza sanitaria abbia accesso ai risultati della valutazione del rischio.

L'attuale scarsa conciliabilità fra la Direttiva e la Legge Quadro 36/01, sia in termini di impostazioni, di definizioni e di mancata separazione tra protezione da effetti noti su base scientifica e politiche di cautela, lascia oggi molti problemi aperti sulla sorveglianza sanitaria.

### La sorveglianza sanitaria dopo la Direttiva Europea 2004/40/CE

La sorveglianza sanitaria, in attuazione di quanto indicato dal D.Lgs. 626/94, va programmata e articolata sulla base di una accurata valutazione preliminare del rischio, che, tenendo conto anche dell'organizzazione del lavoro, possa consentire di quantificare l'esposizione in termini di entità e di durata.

Dopo l'approvazione della Direttiva Europea si pone la necessità di dare applicazione all'art. 8 della stessa in tema di sorveglianza sanitaria. Il comma 1 di tale articolo precisa che una "adeguata" sorveglianza sanitaria è effettuata ai fini della prevenzione e della diagnosi precoce di qualunque effetto negativo per la salute imputabile all'esposizione a campi elettromagnetici: viene citato l'art. 14 della Direttiva 89/391/CEE, in cui si precisa che per assicurare un "adeguato" controllo sanitario dei lavoratori vengono stabilite misure, conformi alla legislazione e/o prassi nazionali, che debbono consentire ad ogni lavoratore la possibilità di essere sottoposto ad un controllo sanitario ad intervalli regolari.

L'Associazione Italiana di Radioprotezione Medica (AIRM) già nel 1997 ha proposto linee guida con un protocollo, suddiviso in accertamenti complementari e accertamenti integrativi. In una recente revisione di un suo gruppo di lavoro, già pubblicata sugli atti degli ultimi congressi dell'Associazione, viene prevista una sorveglianza sanitaria obbligatoria, per la prevenzione degli effetti acuti, quando vi sia una esposizione superiore ai valori limite previsti dalla Direttiva Europea 2004/40/CE (Tab. II); viene proposto inoltre, in attesa di normative specifiche per gli ambienti lavorativi, non ancora presenti nella legislazione nazionale, che una sorveglianza sanitaria sui lavoratori sia attuata anche per gli effetti non accertati quando l'esposizione superi i valori di attenzione che i Decreti del Consiglio dei Ministri del 08/07/03 hanno previsto per la popolazione (Tab. III).

**Tabella III. Valori di attenzione per la popolazione espressi dai DPCM 08 luglio 2003 (G.U. 29 agosto 2003, n. 200)**

ELF 50 Hz: valore di attenzione per induzione magnetica	10 micro tesla
RF (100 KHz-300 GHz) valore di attenzione di campo elettrico	6 V/m

Viene confermata la necessità della effettuazione della valutazione ambientale del rischio con misurazioni negli ambienti di lavoro con metodi standardizzati. Viene auspicato inoltre che, in considerazione dei discussi effetti stocastici, nel corso della sorveglianza sanitaria siano opportune le rilevazioni degli aspetti anamnestici-semeiologici che possono indirizzare verso tali effetti e le raccomandazioni dell'osservanza delle norme di educazione sanitaria per la prevenzione e la diagnosi precoce di neoplasie, nonché eventuali indagini sistematiche in merito agli effetti avversi sulla salute riproduttiva. Tutto ciò per i lavoratori esposti consentirebbe di dare applicazione al principio di precauzione di cui all'art. 174, par. 2, del Trattato Istitutivo dell'Unione Europea.

Nella valutazione dello "stato di salute" del lavoratore l'esame clinico deve comprendere, oltre all'anamnesi e all'esame fisico, "test clinici e biologici ed indagini diagnostiche mirati al rischio ritenuti necessari dal medico competente". Tale "profilo diagnostico di laboratorio" fornisce al medico un quadro clinico organico in grado di evidenziare eventuali stati patologici latenti o malattie in stadio pre-clinico.

Le visite mediche avranno frequenza variabile, sulla base della valutazione del rischio e del giudizio del medico, in rapporto allo stato di salute dei lavoratori. Si individuano quale oggetto della sorveglianza sanitaria l'apparato oculare, la cute, il sistema emopoietico e, a discrezione del medico del lavoro-competente o autorizzato, il sistema neuroendocrino e il sistema riproduttivo. Un riferimento di base sintetico è esprimibile in una periodicità biennale delle visite, con protocolli caratterizzati da profili ematologici e biochimici, elettrocardiogramma e da controlli specialistici oculistici. Trattasi di indicazioni del tutto aspecifiche, ma sufficienti e valutare lo "stato di salute" dell'operatore, indispensabile per la formulazione del giudizio di idoneità.

In tale formulazione il medico del lavoro deve tener conto della capacità psico-fisica, dell'integrità biologica e della validità del lavoratore, per giungere alla valutazione complessiva dello "stato di salute" sopra citato. Nell'esaminare la criteriologia da adottare per la formulazione del giudizio di idoneità nell'esposizione a campi elettromagnetici occorre distinguere tre eventualità valutative al termine della sorveglianza preventiva e periodica: l'idoneità assoluta (assenza di condizioni patologiche che potrebbero portare danno nell'espletamento delle mansioni lavorative), una idoneità parziale (con determinate precauzioni o prescrizioni, in caso di iniziali alterazioni biologiche o cliniche, e con livelli di esposizione vicini o poco superiori ai limiti di riferimento o ai valori di azione) e una inidoneità (temporanea o permanente, quando sussistano condizioni patologiche sicuramente incompatibili con l'esposizione). In quest'ultimo caso si pone l'obbligo di individuare ed attuare in tempi brevi misure organizzative che permettano un rientro in livelli di esposizione accettabili.

### Bibliografia essenziale

- 1) AIRM. Linee Guida per la sorveglianza medica dei lavoratori esposti a radiazioni a radiofrequenza. Pubblicaz. AIRM n. 25. S.E. Cu. P.Ed., Roma 1997.

- 2) AIRM. Spettro elettromagnetico ed effetti sanitari: la sorveglianza medica. Atti XVII Congresso Nazionale AIRM. Pubblicazione AIRM n. 35, Tipar Ed., Roma 2002.
- 3) Commission of the European Communities. Communications from the Commission on the precautionary principle. C1. 199/62, 1999 [www.europa.eu.int/comm/off/con/health\\_consumer/precaution/htm](http://www.europa.eu.int/comm/off/con/health_consumer/precaution/htm)
- 4) Cooper TG. Occupational exposure to electric and magnetic fields in the context of the ICNIRP guidelines. Report NRPB-W24, 2002.
- 5) Decreto del Ministero dell'Ambiente 381/98. Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana, 10 settembre 1998.
- 6) Decreto Presidente Consiglio dei Ministri 08 luglio 2003. Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese fra 100 kHz e 300 GHz. G.U. 199-28 agosto 2003.
- 7) Decreto Presidente Consiglio dei Ministri 08 luglio 2003. Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generate dagli elettrodotti. G.U. n. 200-20 agosto 2003.
- 8) Direttiva 2004/40/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004 sulle norme minime per la salute e sicurezza in relazione all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'art. 16 della Direttiva 391/89/EEC). G.U.U.E. L 184 del 24 maggio 2004.
- 9) Finnish Institute of occupational Health. Electromagnetic fields in the work environment. Guidance for occupational exposure assessment. FIOH, Helsinki, 2002.
- 10) Giovanazzi A, L'abbate N, Ottenga F, Bellia M, Stanga A. Linee guida sulla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a radiazioni non ionizzanti: aggiornamenti. Atti XIX Congresso Nazionale AIRM. Pubblicazione AIRM n. 40, 337, 2005.
- 11) Gobba FM, Scaringi M, Bravo G, Randelli AM et al. Esposizione personale a campi magnetici a frequenza estremamente bassa in varie mansioni. Atti 68° Congresso Nazionale SIMLII, 128, 2005.
- 12) Grandolfo M. Normativa nazionale e internazionale per le esposizioni a campi elettromagnetici. Pubblicazione AIRM n. 33, 217. AIIEP Ed., S. Marino, 2001.
- 13) ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74: 494-522, 1998. Traduzione italiana disponibile al sito <http://www.icnirp.org>
- 14) ICNIRP/UNEP/WHO. Environmental Health Criteria 137. Electromagnetic Fields. WHO, Geneva, 1992.
- 15) L'Abbate N, Terrana T. Valutazione di rischio e sorveglianza medica nell'esposizione a campi elettrici e magnetici a bassissima frequenza. G Ital Med Lav Erg, 26, 4, 391, 2004.
- 16) Legge n. 36 del 22 febbraio 2001 - Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. G.U. 09 marzo 2001.
- 17) Mariutti GM. Le onde elettromagnetiche: interazioni con gli organismi viventi. Pubblicazione AIRM n. 33, AIIEP Ed., 2001.
- 18) National Institutes of Health (USA): [www.niesh.nih.gov-oc-factsheets/emf/](http://www.niesh.nih.gov-oc-factsheets/emf/) 2000.
- 19) NRPB. Health effects or radiofrequency electromagnetic fields (0-300 GHz). Documents of NRPB 14(2), 2003.
- 20) NRPB. Advice on limiting exposure to electromagnetic fields (0-300 GHz). Documents of the NRPB 15(2), 2004.
- 21) Ottenga F, Giovanazzi A. Guidelines of Italian Medical Radiation Protection Association about health surveillance in exposure to Non-Ionizing Radiation. Book of Abstracts 28<sup>th</sup> International Congress on Occupational Health, 437, Milan 2006.
- 22) Repacholi M.H. WHO's health risk assessment of ELF fields. Radiat. Prot. Dosimetry, 106(4), 297, 2003.
- 23) Righi E. Il giudizio di idoneità all'esposizione alle radiazioni non ionizzanti. Atti Convegno Nazionale "Il giudizio di idoneità al lavoro". Istituto Italiano di Medicina Sociale, 33-90, Roma 1995.
- 24) Rossi P, Vecchia P. Protezione dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici: orientamenti normativi nazionali e internazionali. Atti XXII Congresso Nazionale AIRP, Bari, 2003.
- 25) Rossi P. The new Eu Directive 2004/40/CE on EMF Occupational Risk. Book of Abstracts 28<sup>th</sup> International Congress on Occupational Health, 435, Milan 2006.
- 26) WHO. Electromagnetic Fields and public health, cautionary policies. WHO Background, 2000.
- 27) <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts-press/emf-precaution.html>
- 28) WHO: Promemoria n. 193, 2000. [www.who.int/peh-emf](http://www.who.int/peh-emf)
- 29) WHO: Progetto Internazionale CEM, 2002. [www.who.int/peh/emf](http://www.who.int/peh/emf)

**Richiesta estratti:** Franco Ottenga, Cattedra di Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Pisa - E-mail: [francosg@tin.it](mailto:francosg@tin.it)

G.B. Bartolucci<sup>1-3</sup>, D. Cottica<sup>2-3</sup>

## Caratterizzazione degli inquinanti aerodispersi e valutazione dell'esposizione

<sup>1</sup> Dipartimento di Medicina Ambientale e Sanità Pubblica, Università degli Studi di Padova

<sup>2</sup> IRCCS, Fondazione Salvatore Maugeri, Pavia e Padova

<sup>3</sup> Associazione Italiana degli Igienisti Industriali

**RIASSUNTO.** Gli Autori affrontano le problematiche relative alla valutazione dell'esposizione professionale secondo i principi della UNI EN 689/1997, che prevedono la definizione di una appropriata strategia di campionamento in funzione delle variazioni spazio-temporali degli inquinanti. Propongono uno schema di analisi preliminare per l'individuazione delle fonti e degli agenti chimici aerodispersi in ambiente di lavoro. Trattano in particolare alcuni aspetti specifici in relazione alla misura e caratterizzazione dimensionale e chimica delle polveri inorganiche (silice, particelle fini), organiche (polveri di legno) e delle fibre (amianto e materiali sostitutivi).

**Parole chiave:** valutazione dell'esposizione, polveri inorganiche, polveri organiche, fibre.

**ABSTRACT. CHARACTERIZATION OF AIRBORNE PARTICLES AND EXPOSURE ASSESSMENT.** The Authors draw the attention on the critical topics of the occupational exposure assessment according to the criteria of the UNI EN 689/1997: air sampling strategy to characterize spatial and time variability of pollutant concentrations. They present a preliminary scheme to identify the sources and the chemical agents in the workplace and lead into discussion of critical topics on sampling strategy, instruments and analysis for the measurement, the particle size distribution and the chemical characterization of inorganic particles (silica, ultrafine particles), organic (wood dusts) and fibers (asbestos, synthetic fibres).

**Key words:** exposure assessment, inorganic particles, organic particles, fibers.

### Premessa

La valutazione dell'esposizione professionale è uno dei principali compiti dell'Igienista Industriale che si deve porre alcuni fondamentali obiettivi: il primo è quello di stimare la concentrazione ambientale dell'inquinante tossico industriale in modo accurato e preciso in riferimento peraltro ai valori limite; il secondo è che da dette misure consegua una valutazione del rischio appropriata, collegata ai livelli di errore decisionale tollerabili e condivisibili in ambito scientifico e sociale; il terzo è che i costi economici siano ottimizzati in rapporto alle informazioni ottenute dalla esecuzione dei campionamenti e che consentano, nel caso di monitoraggi periodici, di massimizzare i benefici.

### Strategia di campionamento

Agli inizi degli anni '90 l'intensa elaborazione attivata dalla Associazione Italiana degli Igienisti Industriali (AI-DII) porta alla pubblicazione della prima Linea Guida nazionale sulle "Strategie di controllo dei fattori di rischio chimici negli ambienti di lavoro" (2), che ha costituito per molti anni il costante riferimento in Italia per la materia. Tale documento si basa su quattro schemi principali: lo **schema strategico** che definisce una analisi iniziale che porta a formulare ipotesi relative alla presenza degli agenti di rischio, alla loro generazione nell'ambiente di lavoro, alla loro propagazione negli stessi ambienti o in quelli vicini (analisi di processo, di impianto e di mansione); lo **schema di validazione** delle ipotesi che permette con semplici e poco costose attività di decidere sulla correttezza e adeguatezza delle ipotesi formulate; lo **schema delle priorità dell'intervento** che permette di definire i tempi degli accertamenti in relazione al rischio che si presume essere presente; infine lo **schema procedurale di controllo e valutazione** che applicando ai dati delle rilevazioni ambientali il test statistico OTL proposto da Tuggle (15) porta alle decisioni (valutazione dell'esposizione professionale, confronto con il valore limite adottato, programmazione di misurazioni periodiche). In tale schema viene integrata anche la valutazione sanitaria (visite mediche e dati di monitoraggio biologico), nella consapevolezza che le azioni di prevenzione devono considerare tutte le variabili in gioco.

Secondo la procedura AIDII è necessario eseguire preliminarmente una valutazione semi-quantitativa che utilizza indici e classificazioni “a priori” per la tossicità, l’esposizione e l’emissione dell’agente chimico nell’ambiente di lavoro; a seguito di una valutazione a priori approfondita si potranno assumere decisioni fondate circa: **cosa campionare** (sostanze presenti); **come campionare** (metodi di campionamento); **dove campionare** (posizioni di prelievo); **chi campionare** (numero dei soggetti esposti per gruppi omogenei); **per quanto tempo campionare** (durata del campionamento e periodi di campionamento).

Le strategie di campionamento devono essere individuate in funzione dello scopo delle misure ed indirizzano la scelta dei mezzi tecnici da impiegare per giungere all’acquisizione dei dati, alla loro valutazione, alla programmazione degli interventi di bonifica impiantistica e procedurale, alla scelta dei D.P.I., alla informazione e formazione mirata, alla definizione dei protocolli per la sorveglianza sanitaria.

Il recente D.Lgs 25/2002 contiene in allegato alcune norme UNI di riferimento per la misura degli agenti chimici (5), tra cui citiamo per la rilevanza nello specifico ambito trattato: la norma UNI EN 482/1998, che definisce i “Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici”, e soprattutto i requisiti di performance che la misura deve garantire (in particolare “l’incertezza globale”, che racchiude in un’unica formula accuratezza, precisione ed errori sistematici della misura); le UNI EN 1232/1999 e 12919/2001 sulle “Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova”; la UNI EN 689/1997 (“Valutazione dell’esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione”), che con una serie di esempi definisce i “Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici”; in essa viene definita la sequenza logica applicativa per il perseguimento dell’obiettivo di misura attendibile dell’esposizione di un gruppo omogeneo, come di seguito schematizzato:

- disamina delle informazioni fornite dal datore di lavoro e loro integrazione;
- identificazione dei gruppi omogenei d’esposizione (GOE);
- valutazione “qualitativa” dell’esposizione in termini di non accettabile, incerta, significativa, non significativa;
- scelta del numero di misure dell’esposizione perché siano attendibili;
- rappresentatività del campionamento;
- durata del campionamento;
- metodiche di campionamento e analisi;
- modulistica di campionamento;
- presentazione dei dati;

- valutazione dell’osservanza dei TLVs;
- analisi statistica dei risultati;
- valutazione dei risultati ai fini della frequenza delle misure periodiche.

Da questa norma, che peraltro definisce una metodologia per la valutazione del rischio esclusivamente per inalazione, risulta che il procedere a misurazione avviene solo in seguito alla effettuazione di accertamenti specifici mirati che escludano la possibilità di valutare il rischio e l’esposizione sulla base di dati osservabili e/o di esperienza documentata. Si deve cioè preliminarmente effettuare una “valutazione di base” per definire con certezza la presenza degli inquinanti nell’ambiente di lavoro e la loro rilevanza in relazione all’ambiente, all’impianto, alla mansione, anche alla luce di analogie con attività e documentazioni reperibili in letteratura; solo a questo punto può eventualmente scattare la necessità di una “valutazione approfondita” con effettuazione di specifiche misure strumentali, ed in questo caso con il vincolo di utilizzare metodologie affidabili.

Per quanto riguarda le misure ambientali bisogna ricordare che ogni fase di lavorazione può comportare condizioni diverse, ed in ciascuna di tali fasi possono esserci differenti condizioni di esposizione. La posizione reciproca lavoratore-sorgente di emissione e i parametri fisici quali velocità di emissione, corrente d’aria, variazioni meteorologiche possono esercitare una notevole influenza. La variabilità delle condizioni di esposizione che ne deriva è resa ancora maggiore dai comportamenti individuali. Per questi motivi, valutate le esposizioni potenziali attraverso l’esame delle attività lavorative, dei luoghi di lavoro, degli impianti e del processo è possibile definire i gruppi di lavoratori ad esposizione equivalente (GOE) da sottoporre a controllo.

L’obiettivo finale delle indicazioni per la standardizzazione dei metodi di misura è quello di garantire la rappresentatività spazio-temporale dei dati.

La tabella I indica il numero minimo di misure necessarie, in funzione della deviazione geometrica standard (GSD), per garantire che il rapporto tra la media dei valori misurati e il TLV rimanga inferiore ai valori indicati nella prima colonna. Quando le esposizioni sono vicine al TLV, il numero di misure necessarie per stimare con un alto livello di confidenza che l’esposizione media sia inferiore al TLV saranno in numero maggiore: per esempio la tabella mostra che per GOE con variabilità dell’esposizio-

**Tabella I. Numero minimo di misure necessarie, in funzione della deviazione geometrica standard (GSD), per ottenere un determinato rapporto tra media dei valori misurati e TLV**

Rapporto Media Valori Misurati/TLV	Numero campioni				
	Bassa variabilità		Moderata variabilità		Alta variabilità
	GSD=1.5	GSD=2	GSD=2.5	GSD=3	GSD=3.5
0.75	25	82	164	266	384
0.5	7	21	41	67	96
0.25	3	10	19	30	43
0.1	2	6	13	21	30

ne da moderata ad alta e media delle esposizioni vicine al TLV (media reale  $> 0.5$  del TLV) potrebbero essere necessarie 41 o più misure.

Il risultato che si ottiene dunque dalle rilevazioni e dalla analisi dei dati è la determinazione, per ogni GOE, di un profilo d'esposizione.

Due sono le distribuzioni importanti in igiene industriale: quella normale e quella log-normale. Il campionamento casuale e l'errore analitico associato con il monitoraggio dell'aria si presume abbiano distribuzione normale. Le fluttuazioni casuali nell'esposizione tra i diversi turni o nell'ambito dello stesso turno tendono a essere distribuite in modo log-normale ed il maggior peso nella variabilità dei dati è determinata da questo secondo aspetto. La media temporale della concentrazione degli inquinanti ambientali sarà quindi in genere descritta da una distribuzione di valori rappresentata graficamente da una curva asimmetrica; tale tipo di distribuzione, detto "log-normale", è caratterizzato dalla sua convertibilità in una distribuzione "gaussiana" o "normale" caratterizzata dalla simmetria dei due rami rispetto al suo massimo, attraverso la trasformazione logaritmica dei valori di concentrazione.

Nella pratica dell'igiene industriale si usa comunemente la trasformazione dei dati ambientali nei rispettivi logaritmi, e quindi in una distribuzione normale, con la quale l'elaborazione statistica è più semplice ed immediata. Naturalmente i valori di media e deviazione standard nella distribuzione "normalizzata" corrispondono alla media geometrica (GM) e GSD della distribuzione reale.

Nella distribuzione reale ("log-normale") è possibile individuare un valore di soglia (ad esempio il limite TLV-TWA) al di sopra del quale la concentrazione ambientale dell'inquinante configura una situazione di rischio per gli operatori esposti: risulta ovviamente importante che la zona che rappresenta le concentrazioni superiori al limite sia la più piccola possibile. In ogni caso è statisticamente dimostrabile che essa non potrà mai essere pari a zero, in quanto esiste sempre la possibilità, sia pure remota, che si verifichi un valore di concentrazione più elevato rispetto al limite stabilito.

La verifica della log-normalità di una distribuzione è un fattore essenziale nella verifica della correttezza della suddivisione iniziale in GOE, in quanto una deviazione significativa dalla distribuzione log-normale può essere indice di un raggruppamento dei lavoratori in gruppi non omogenei. Esistono diversi metodi per verificare se i dati sono distribuiti in modo log-normale, tra cui il diagramma di probabilità log-normale e il Test di Shapiro e Wilk (particolarmente adatto a campioni abbastanza piccoli, in numero  $< 50$ ), entrambi descritti nella norma UNI EN 689/1997 (appendice G - Analisi statistica dei dati).

Per valutare l'esposizione di lavoratori appartenenti ad un GOE è possibile limitare il numero dei soggetti controllati scegliendo casualmente  $N$  lavoratori in funzione del livello di fiducia  $1-\alpha$  a cui si vuole operare e alla percentuale di lavoratori  $\theta$  che si ritiene abbiano una esposizione più elevata degli altri.

## Procedura per le determinazioni gravimetriche

### Sistemi di campionamento

Le caratteristiche delle pompe aspiranti sono indicate nelle norme UNI EN 1232/1999 e UNI EN 12919/2001 già ricordate.

Requisito fondamentale è il flusso di campionamento che deve mantenersi entro  $\pm 5\%$  rispetto a quello nominale (in modo da contenere l'errore di valutazione del volume d'aria campionato); per alti volumi campionati e condizioni microclimatiche estreme di pressione e temperatura è opportuno correggere il volume misurato riconducendolo ai parametri standard di riferimento.

È evidente che per misure accurate è necessario disporre di strumenti di precisione per la taratura del flusso di campionamento (standard primari, misuratori elettronici) con i quali predeterminare e controllare durante ed alla fine del campionamento i flussi impostati.

### Scelta del selettore dimensionale

Il tipo di selettore ed il relativo portafiltro devono essere scelti in funzione del tipo di particolato aerodisperso e del rispetto del taglio granulometrico d'interesse (il che determina il relativo flusso nominale di campionamento). Sono disponibili numerosi selettori che consentono la raccolta di una o più classi granulometriche contemporaneamente e la successiva analisi con metodiche più o meno selettive (pesata, XRD, microscopia elettronica, micronalisi).

### Scelta del substrato filtrante

La selezione di un substrato filtrante è influenzata da numerosi fattori in funzione della specifica applicazione; i più importanti includono l'efficienza di raccolta delle particelle, la caduta di pressione attraverso il filtro alla portata richiesta e la compatibilità con il metodo analitico da impiegare.

Situazioni che presentano problemi di ottimizzazione della scelta del mezzo filtrante possono verificarsi soprattutto nei casi di determinazioni analitiche per la caratterizzazione di specifici componenti delle particelle. In tali casi spesso occorre mediare tra varie opzioni con l'intento di minimizzare gli effetti negativi.

Per la scelta dei substrati di raccolta in funzione della successiva tecnica analitica applicata è opportuno consultare la norma ISO 15767/2003. I filtri comunque devono garantire una porosità tale da rispettare un'efficienza di filtrazione del 99,5%.

### Durata del campionamento

La durata del campionamento deve non solo essere rappresentativa dell'andamento temporale dell'esposizione ma garantire la raccolta di una quantità di particolato tale da minimizzare l'errore di pesata e consentire di raggiungere, nelle eventuali successive analisi strumentali, limiti di rilevabilità del metodo (campionamento ed analisi) compatibili con il rispettivo TLV.

Viceversa un eccessivo tempo di campionamento può comportare un sovraccarico del filtro con effetti negativi

sia sulle eventuali successive analisi che sulla costanza del flusso di campionamento (perdite di carico).

### **Pesata dei filtri**

La "generica" determinazione per via gravimetrica della concentrazione delle polveri aerodisperse si basa sul principio della tara, per cui è fondamentale standardizzare le condizioni di pesata prima e dopo il campionamento. I filtri di norma vanno condizionati a temperatura e umidità costante, ad esempio nell'intorno di una temperatura di 20°C e di una umidità relativa del 50%, avendo cura di evitare variazioni superiori al 10% intorno a questi valori.

Per mantenere queste condizioni sarebbe opportuno disporre di un locale climatizzato dotato di apposito box di pesata termostato; i filtri devono rimanere nel box per un tempo sufficiente al loro condizionamento, generalmente da 24 a 72 ore. È anche opportuno predisporre di un idoneo dispositivo per la minimizzazione delle cariche elettrostatiche. La bilancia analitica per le pesate dovrà consentire una accuratezza non inferiore alla quinta, meglio sesta, cifra decimale.

---

### **Problematiche particolari per alcuni inquinanti**

#### **Silice libera cristallina**

La revisione adottata dagli Enti di classificazione internazionali circa la definizione della frazione respirabile (FR) e la cancerogenicità della silice libera cristallina (SLC) nonché la recente adozione di nuovi valori limite d'esposizione rendono necessario un attento riesame delle metodiche di determinazione e delle strategie di campionamento.

Al riguardo la norma UNI EN 481/1994 ("Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse") introdotta dal D.Lgs 25/2002 stabilisce le curve di efficienza dei selettori sulla base dei diametri aerodinamici delle particelle aerodisperse (10), il che impone una scelta competente riguardo ai selettori ed ai relativi flussi da utilizzare nel rispetto della Norma.

La letteratura è ricca di contributi sull'efficienza dei selettori disponibili in commercio e utilizzati nella pratica; detti lavori evidenziano come nelle stesse condizioni diversi selettori non forniscano risultati se non uguali almeno simili (11). Altri parametri rilevanti ai fini dell'attendibilità dei risultati sono il tipo di membrana ed il flusso di campionamento in relazione al rispetto del taglio granulometrico, affidabilità della pesata, formazione della "macchia centrale" ed influenza sull'analisi XRD. Tutto ciò pone il problema del controllo della qualità analitica dei dati, che in alcuni paesi è già stato affrontato (Workplace Analysis Scheme for Proficiency in Gran Bretagna - 14) ed in Italia è stato di recente promosso dall'INAIL in collaborazione con il "Network Italiano Silice" (NIS).

Inoltre, il valore limite di 0.025 mg/m<sup>3</sup> adottato dall'ACGIH nel 2006 (1), rende necessaria un'ulteriore revisione delle strategie di campionamento, con particolare riferimento alla strumentazione di prelievo e alla definizione di selettori particellari con più alte portate di aspirazione che consentano di raccogliere una maggiore quantità di

polvere ed aumentare il volume d'aria campionato cui far riferimento per la misura della concentrazione e del relativo Limite di Quantificazione (LDQ). Infatti con gli attuali sistemi di campionamento e analisi, in presenza di modeste concentrazioni di polveri aerodisperse, risulta difficile garantire dati analitici attendibili che possano essere quantitativamente confrontati con il nuovo TLV-TWA.

### **Particelle fini**

Il campionamento con selezione dimensionale del particolato ha progressivamente sostituito il campionamento delle polveri totali sia nei luoghi di lavoro che negli ambienti confinati, in relazione all'esigenza di misurare le diverse frazioni che possono interessare le varie zone dell'apparato respiratorio. Infatti l'efficienza del campionatore testa umana è in relazione al diametro aerodinamico delle particelle aerodisperse, che riveste particolare importanza ai fini della valutazione degli effetti tossici poiché determina il sito di deposizione delle particelle ove si sviluppano gli eventuali effetti patogeni.

Nel caso del prelievo della frazione toracica, definita negli USA PM<sub>10</sub>, e di quella fine (PM<sub>2.5</sub>) sono stati progettati e commercializzati selettori per campionamenti di tipo personale, basati su sistemi ad impatto monostadio che lavorano a basse portate comprese tra 2 e 4 L/min (PEM o Personal Environmental Monitor, SKC), abitualmente utilizzati per indagini indoor ma che danno prestazioni del tutto simili ad analoghi sistemi abitualmente impiegati per la misura del particolato in ambiente urbano (12). Esistono poi impattori a cascata, il Sioutas ad esempio che opera a un flusso di 9 L/min (13), in grado di separare e raccogliere particelle di aerosol negli intervalli > 2.5 µm, 1.0-2.5 µm, 0.50-1.0 µm, 0.25-0.50 µm e < 0.25 µm. La composizione chimica delle varie sottofrazioni varia in funzione delle fonti di origine e può essere quindi di estremo interesse la sua caratterizzazione: i componenti maggiormente presenti sono composti organici quali IPA, solfati e nitrati, metalli pesanti; sono presenti inoltre composti di natura biologica quali pollini, spore fungine, endotossine.

In questi ultimi anni vi è un crescente interesse per le particelle ultrafini (PUF) o con dimensioni nanometriche (PN), cioè particelle nell'intervallo dimensionale inferiore a 0.1 µm (o 100 nm). Tuttavia, fino a che non saranno disponibili informazioni sui meccanismi di azione biologica associati alle PN, non vi è certezza sulla più appropriata tecnica di misura per determinare l'esposizione a tali particelle. Numerosi sono infatti i parametri con potenziale rilievo sanitario che occorrerebbe conoscere per caratterizzare l'esposizione alle PN: oltre alle informazioni tradizionali sulla massa e la sua caratterizzazione, sarebbero necessari dati sulla distribuzione dimensionale, sul numero e/o sull'area e sul chimismo superficiale delle particelle. Oggi sono disponibili commercialmente strumenti, come lo Scanning Mobility Particle Sizers (SMPS), che forniscono informazioni su numero e dimensioni delle particelle, con misura della distribuzione dimensionale da 3 a 800 nm; come pure strumenti, come l'epifaniometro, che consentono la misura diretta dell'area superficiale attiva delle particelle (almeno per dimensioni inferiori a 100 nm).

## Polveri di legno

La Normativa vigente nel nostro Paese (D.Lgs 66/2000) fissa un valore limite di soglia ponderato per un periodo di 8 ore lavorative (TLV-TWA) pari a  $5 \text{ mg/m}^3$ ; la valutazione si riferisce ad un campionamento personale della frazione inalabile e comprende l'esposizione a polveri prodotte durante le lavorazioni su legno di latifoglie (legno duro classificato come cancerogeno). Al contrario, l'ACGIH ha fissato una serie di TLVs differenziati in funzione della tipologia di legno e dei diversi effetti sulla salute: nessun limite indicato per rovere e faggio, classificati come cancerogeni umani certi (A1), né per betulla, teak, mogano e noce, classificati come cancerogeni umani sospetti (A2);  $0.5 \text{ mg/m}^3$  per cedro rosso, accompagnato dalla notazione SEN (sensibilizzante);  $1 \text{ mg/m}^3$  per le altre specie. Anche in altri paesi Europei sono fissati valori limite più bassi rispetto a quello italiano, come ad esempio in Germania dove la DFG ha fissato il limite di  $2 \text{ mg/m}^3$ .

Numerosi Autori hanno evidenziato problemi nel campionamento della frazione inalabile delle polveri stesse, per il quale peraltro nel Decreto non viene data alcuna specifica indicazione. Al momento, l'unico selettore certificato a livello europeo, disponibile sul mercato italiano, è lo IOM (Institute of Occupational Medicine); per quanto riguarda invece i selectori a cono funzionanti secondo la convenzione della velocità frontale di 1.25 m/s, risulta certificato solo il modello GSP (di produzione tedesca) ma non i modelli di progettazione nazionale. Alcuni autori, sia a livello italiano che internazionale, hanno eseguito confronti fra diversi selectori ma non sono giunti a conclusioni univoche: in particolare un modello progettato di recente negli Stati Uniti (Button sampler) sembra dare maggiori garanzie nel taglio delle polveri raccolte, in quanto evita di campionare quelle di più grandi dimensioni (i cosiddetti "proiettili") che non rientrano tra quelle inalabili (4, 9).

Il D.Lgs 66/2000 specifica inoltre che "se le polveri di legno duro sono mescolate con (altre) polveri di legno, il valore limite si applica a tutte le polveri di legno presenti nella miscela in questione". Per differenziare le diverse tipologie di polveri di legno è possibile utilizzare dei traccianti chimici (sostanze specifiche per i vari tipi di legno): tali marker potrebbero essere sostanze specifiche ad azione tossica o semplicemente dei costituenti chimici caratteristici, possibilmente ben individuabili dal punto di vista analitico, in grado di differenziare la quota di legno duro presente nella miscela. Alcuni ricercatori hanno di recente proposto metodiche per la ricerca di terpeni, tannini e acido gallico come marker dell'esposizione ad alcuni legni duri (6, 7, 8).

## Fibre

Per quanto riguarda l'amianto le modalità tecniche per l'esecuzione delle misure ambientali sono ben definite (vedi quanto contenuto nell'ormai abrogato D.Lgs 277/1991 e nel Decreto Ministeriale del 6/9/1994 e successive indicazioni), con analisi strumentale che può essere eseguita sia in microscopia ottica in contrasto di fase (MOCF) che in microscopia elettronica a scansione (SEM), che consente insieme al preciso conteggio la possibilità di identificare i vari tipi di fibra con la microanalisi. La più importante re-

cente novità è costituita dall'abbassamento del valore limite in ambiente di lavoro a  $0.1 \text{ ff/cc}$  per tutte le fibre (D.Lgs n. 257 del 25/7/2006 in recepimento della Direttiva 2003/18/CE), in analogia a quanto definito fin dal 1998 dall'ACGIH.

I materiali contenenti fibre artificiali vetrose e ceramiche sono i più diffusi tra i tecnologicamente alternativi a quelli contenenti amianto, e sono stati regolamentati dalla Direttiva 97/69/CE. La Circolare n. 4 del 15/3/2000 del Ministero della Sanità ha fornito importanti note esplicative su contenuti ed applicazione del Decreto di recepimento di detta Direttiva; in particolare è stata definita la classificazione delle fibre artificiali in due gruppi sulla base del loro contenuto in ossidi di metalli alcalini ed alcalino terrosi:

- **lane minerali** con contenuto di ossidi > 18% in peso, cancerogene di III categoria ed accompagnate dalle frasi di rischio R40 (può provocare effetti irreversibili) e R38 (irritante per la pelle);
- **fibre ceramiche refrattarie** con contenuto di ossidi < 18% in peso, cancerogene di II categoria ed accompagnate dalle frasi di rischio R49 (può provocare il cancro per inalazione) e R38.

Peraltro la classificazione di cancerogeno non si applica (in base alla nota "R") alle fibre il cui diametro geometrico medio ponderato rispetto alla lunghezza meno due errori standard risulti maggiore di  $6 \mu\text{m}$  (in quanto si considera che non siano respirabili per l'uomo). È allo studio un protocollo ufficiale per la misura di tale parametro, che definisca metodiche di trattamento del campione e di misura delle fibre.

Risulta quindi evidente che per la valutazione dell'esposizione a tali fibre (per le quali l'ACGIH 2006 fissa un TLV-TWA pari a  $0.2 \text{ ff/cc}$  per le fibre ceramiche refrattarie e  $1 \text{ ff/cc}$  per tutte le altre fibre) sono necessarie analisi preferibilmente in SEM che consentano di distinguerle chimicamente e di definirne le esatte dimensioni (tenendo presente che la lavorazione può alterare i parametri dimensionali delle fibre contenute nei materiali massivi).

## Conclusioni

La valutazione dell'esposizione ad inquinanti aerodispersi è una procedura tecnica di stretta pertinenza dell'Igienista Industriale, che pone una serie di problematiche relative alle strategie di campionamento ai fini della conformità rispetto ai valori limite ed alla qualità dei dati analitici; in particolare sono stati evidenziati con alcune esemplificazioni gli aspetti attualmente più problematici e che richiedono ulteriori ricerche e standardizzazioni.

È necessario tuttavia che anche il Medico del Lavoro conosca in maniera approfondita questi aspetti, in quanto è auspicabile ed utile la sua piena collaborazione con l'Igienista Industriale: tra l'altro ciò è anche richiesto dalla legge, in quanto l'art. 17 del D.Lgs 626/1994 riporta al punto 1h) che il medico competente "partecipa alla programmazione del controllo dell'esposizione dei lavoratori i cui risultati gli sono forniti con tempestività ai fini delle valutazioni e dei pareri di competenza". Oltre a questo, è stata

anche richiamata la necessità che il Medico del Lavoro, sia che operi come medico competente che in strutture pubbliche con compiti di vigilanza, abbia gli strumenti culturali per controllare la qualità ed affidabilità della valutazione dell'esposizione fatta da altri (3).

---

## Bibliografia

- 1) ACGIH. 2006 TLVs and BEIs Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. Cincinnati, Ohio, 2006.
- 2) AIDII. Guide operative di igiene industriale. Strategie di controllo dei fattori di rischio chimici negli ambienti di lavoro. Milano, 1990.
- 3) Bartolucci GB, Bovenzi M, Cassano F, Cortesi I, Cottica D, Giachino GM, Manno M, Mutti A, Nano G, Pira E, Scapellato ML, Selis L, Soleo L, Apostoli P. Linee Guida per la valutazione del rischio. In: Apostoli P, Imbriani M, Soleo L, Abbritti G, Ambrosi L. (Eds) Linee Guida per la formazione continua e l'accreditamento del medico del lavoro. Pavia, Tipografia PIME Editrice, 2004, Volume 9.
- 4) Bonfiglio E, Carrieri M, Scapellato ML, Maccà I, Bartolucci GB, Gori G. Valutazione dell'efficienza di tre tipi di preselettori per la frazione inalabile nel campionamento delle polveri di legno. 11° Convegno di Igiene Industriale "Le Giornate di Corvara", Corvara (BZ) 21-23 marzo 2005.
- 5) Cottica D. Le norme UNI allegato al D.Lgs. n. 25/2002: il campionamento in igiene industriale. Ig Ind 2003; 28: 16-26.
- 6) Edman K, Lofstedt H, Berg P, Eriksson K, Axelsson S, Bryngelsson I, Fedeli C. Exposure assessment to  $\alpha$ - and  $\beta$ -pinene;  $\Delta^3$ -carene and wood dust in industrial production of wood pellets. Ann Occup Hyg 2003; 47: 219-226.
- 7) Gori G, Bonfiglio E, Carrieri M, Lazzarin M, Cecchinato C, Scapellato ML, Maccà I, Bartolucci GB. I tannini e l'acido gallico come indicatori di esposizione a polveri di legno duro. G Ital Med Lav Erg 2005; 27: 332-334.
- 8) Mammela P, Tuomainen A, Savolainen H, Kangas J, Vartiainen T, Lindroos L. Determination of gallic acid in wood dust as an indicator of oak content. J Environ Monitoring 2001; 3: 509-511.
- 9) Marconi A. Campionamento delle frazioni dimensionali di rilevanza sanitaria per le polveri di legno. Ig Ind 2002; 27: 110-121.
- 10) Marconi A, Sala C. Evoluzione nei sistemi di campionamento delle particelle aerodisperse. Norme di riferimento e strumentazione. 21° Congresso Nazionale AIDII, Como, 25-27 giugno 2003, 127-134.
- 11) Santantonio P, Cavariani F, Cottica D, Maldera R, Marconi A, Verdel U, Casciani M. La valutazione dell'esposizione a polveri contenenti silice: metodologie di campionamento per la valutazione del rischio occupazionale. 20° Congresso Nazionale AIDII, Viterbo, 19-21 giugno 2002, 306-314.
- 12) Scapellato ML, Bonfiglio E, Benassi A, Tieppo P, De Bortoli A, Serraino S, Carrieri M, Maccà I, Gori G, Bartolucci GB. Studio di validazione dei selettori per il campionamento personale di  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$ : confronto fra selettori PEM e teste di prelievo CEN-ARPAV. G Ital Med Lav Erg 2005; 27: 362-366.
- 13) Singh M, Misra C, Sioutas C. Field evaluation of a personal cascade impactor sampler. Atmos Environ 2003; 37: 4781-4793.
- 14) Stacey P, Tylee B, Bard D, Atkinson R. The performance of laboratories analysing alpha-quartz in the Workplace Analysis Scheme for Proficiency (WASP). Ann Occup Hyg 2003; 47: 269-277.
- 15) Tuggle RM. Assessment of occupational exposure using one-side tolerance limits. Am Ind Hyg Assoc J 1982; 43: 338-346.

**Richiesta estratti:** *Giovanni Battista Bartolucci - Dipartimento di Medicina Ambientale e Sanità Pubblica, Università degli Studi di Padova - E-mail: giovannibattista.bartolucci@unipd.it*

A. Marconi

## Particelle fini, ultrafini e nanoparticelle in ambiente di vita e di lavoro: possibili effetti sanitari e misura dell'esposizione inalatoria

Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria, Istituto Superiore di Sanità, Roma

**RIASSUNTO.** L'evidenza sperimentale più recente ha fornito risultati che indicano come l'esposizione a particelle aerodisperse con dimensioni più fini, comprese quelle ultrafini o nanometriche (PN, dimensioni < 100 nm) di origine secondaria negli ambienti lavorativi e di vita (scarichi diesel, fumi di saldatura, particelle ultrafini in aria urbana), sia responsabile di effetti negativi per la salute. Benché i meccanismi di azione biologica non siano ancora sufficientemente noti, la considerevole base di dati sanitari e ambientali sulle particelle aerodisperse negli ambienti lavorativi e di vita ha fornito indicazioni sulle caratteristiche che possono influenzare la tossicità e la relazione dose-risposta. Diversamente dalle particelle con dimensioni supermicrometriche, per le quali l'esposizione è caratterizzata tradizionalmente in termini di massa, i parametri apparentemente più rilevanti nel caso delle particelle più fini, ed in particolare delle PN (o ultrafini), comprendono il numero, la morfologia, la solubilità, l'area superficiale e la sua reattività chimica. Il rapido sviluppo del settore delle nanotecnologie, basato sull'impiego di una varietà di tipi di PN (generate intenzionalmente e dotate di proprietà uniche e specifiche), configura ulteriori scenari di esposizione le cui caratteristiche sono ad oggi ancora sconosciute. La preoccupazione dei potenziali effetti sanitari derivanti dall'esposizione inalatoria alle PN ha accelerato in questi ultimi anni l'attività di studio per individuare la strumentazione appropriata a caratterizzare l'esposizione associata alle diverse potenziali sorgenti di particelle con dimensioni nanometriche. In questa breve rassegna vengono descritti i principali problemi attualmente esistenti per affrontare le esigenze di misurazione dei livelli di concentrazione/esposizione biologicamente rilevanti nell'atmosfera degli ambienti lavorativi in cui sono presenti sorgenti di particelle molto fini ed, in particolare, nanometriche (generate intenzionalmente o non).

**Parole chiave:** aerosol, particelle ultrafini, particelle nanometriche, nanotecnologie, salute, rischio, inalazione, esposizione, misura dell'esposizione, ambiente.

**ABSTRACT.** Recently, experimental evidence has shown that exposure to very fine particles including those ultrafine or nanometric (NP, size < 100 nm) may cause severe health effects after inhalation in ambient and occupational environments (ultrafine particles in urban air, diesel emissions, welding fumes). Although the toxicological mechanisms for these effects have not yet been explained, the considerable body of existing data on occupational and environmental impact of airborne particles provides indications on the characteristics that influence toxicity and dose-response relationships. While for supermicrometric particles it is sufficient measuring exposure in terms of mass, for very fine particles, and in particular for NP, the characteristics that are more biologically relevant include the number, size, surface area, shape, solubility, and chemical reactivity. The rapidly developing field of nanotechnology, based on the use of a variety of NP (engineered or intentionally produced and with unique and specific properties), will certainly create new exposure scenarios which actually are largely unknown. The concern of potential health impact from the exposure to NP, during the last years has accelerated the development of systems for characterizing the exposures associated to the different potential sources of particles in the submicrometer and nanometer size ranges in both the environment and the workplace. In this review the current problems for characterizing the biologically relevant exposure to very fine and nanometric particles are discussed mainly in the context of occupational aerosols.

**Key words:** aerosol, ultrafine particles, nanoparticles, nanotechnology, health, risk, inhalation, exposure, exposure measurement, environment.

### Introduzione

Sin dagli inizi degli anni '90 è emersa l'evidenza tossicologica che indicava come gli effetti biologici associati all'inalazione delle particelle molto piccole non fossero dipendenti solo dalla massa delle particelle. Ad esempio alcuni studi sulle particelle di politetrafluoroetilene con dimensioni molto al di sotto di 0,1 µm hanno mostrato che concentrazioni aeree non elevate di questo materiale, supposto inerte ed insolubile, potevano essere fatali per i ratti (1). Successivamente si sono moltiplicati gli studi che hanno confermato l'aumento di tossicità da parte di materiali insolubili con il diminuire delle dimensioni delle particelle, a parità di massa. Inoltre i modelli sperimentali animali hanno segnalato che, oltre ai classici processi di epurazione polmonare attivi per le particelle fini e grossolane, nel caso delle particelle nanometriche (PN) o ultrafini (PUF) possono agire meccanismi di trasferimento ad organi extrapulmonari e di attraversamento della barriera cellulare (2). Contemporaneamente numerosi studi epidemiologici, per lo più eseguiti sulla popolazione generale, hanno evidenziato una serie di effetti sanitari negativi associati all'esposizione a particelle aerodisperse con caratteristiche dimensionali fini (< 2,5 µm) ed ultrafini (< 0,1 µm) (3).

Globalmente, quindi, l'attuale evidenza sperimentale ed epidemiologica pone a carico delle particelle aerodisperse più fini la responsabilità di una varietà di patologie, non solo nei riguardi dell'organo respiratorio, ma anche di altri organi, i quali verrebbero colpiti in particolare dalle particelle appartenenti alla classe dimensionale ultrafine.

Queste evidenze sono alla base delle preoccupazioni sui potenziali rischi sanitari associati al settore in rapida crescita delle nanotecnologie, incentrato sull'impiego di particelle ed oggetti a scala nanometrica deliberatamente costruiti.

Mentre esiste una non trascurabile quantità di informazioni, anche se non definitive, sui livelli di esposizione a particelle fini prodotte da processi di combustione, saldatura, o da emissioni diesel, sono essenzialmente molto scarse e del tutto preliminari quelle relative alle PUF ed ancor più alle particelle nanometriche costruite (PNC) ed utilizzate nel settore delle nanotecnologie. Ciò è dovuto anche alle difficoltà d'impiego di strumenti di nuova concezione, in grado di misurare i diversi parametri (area ed

attività di superficie, numero di particelle, solubilità) ritenuti più rilevanti rispetto alla massa ai fini dell'anticipazione del rischio sanitario.

In questa rassegna verranno esaminati i problemi salienti connessi con la misura dei parametri più rappresentativi per gli effetti sanitari dell'esposizione inalatoria alle particelle con dimensioni estremamente fini.

### Produzione, caratteristiche chimico-fisiche e classificazione

Particelle con dimensioni molto fini e nanometriche esistono in modo esteso in natura. Esse vengono prodotte dai vulcani, microbi, alghe, e dai vari processi di cottura e combustione. Un passo critico nel processo di sviluppo di appropriati sistemi di monitoraggio dell'esposizione alle particelle aerodisperse è la definizione delle dimensioni di specifico interesse delle particelle stesse. In attesa di una definitiva e generale categorizzazione delle particelle con dimensioni nanometriche, cioè particelle con dimensioni inferiori a 0,1 µm (o 100 nm), si può fare riferimento alla loro origine, che può essere suddivisa in naturale e antropica. A quest'ultima appartengono le PNC (o intenzionali) e quelle non intenzionali, generalmente denominate PUF (Tabella I). Le PNC comprendono una vasta classe di materiali a scala nanometrica con la comune caratteristica di avere almeno una delle dimensioni critiche inferiore a 100 nm (4). Le differenze tra le particelle nanometriche di origine antropica non intenzionali e quelle costruite sono la natura polidispersa e chimicamente complessa (composizione elementare, solubilità, presenza di composti organici più o meno volatili e di inorganici più o meno solubili) delle prime, di fronte alle caratteristiche di monodispersione, precisa composizione chimica e forma solida delle seconde.

Le nanoparticelle ultrafini (PUF) definite casuali (incidentali), sono quelle generate dai processi fotochimici e di combustione o, in generale, originate come prodotti secondari di numerose operazioni, spesso svolte negli impianti industriali (saldatura, fusione e trattamento di metalli). Queste particelle sono già largamente presenti nell'atmosfera degli ambienti di vita e di lavoro (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13).

Le PNC, dotate di caratteristiche chimico-fisiche molteplici ed estremamente specifiche, sono alla base dell'e-

mergente settore delle nanotecnologie, le quali vengono ritenute portatrici di una rivoluzione in diversi settori industriali e scientifici, tra cui risalta quello relativo ai progressi nella diagnosi, prevenzione e cura del cancro (14, 15, 16, 17). Il settore delle nanotecnologie è attualmente in rapida crescita ed è previsto il suo significativo impatto anche sugli ambienti di lavoro, ma sono ancora molte le incertezze sui potenziali rischi sanitari eventualmente derivanti dalle particolari ed uniche caratteristiche delle PN costruite, le stesse, d'altra parte, che ne determinano il grande interesse commerciale.

È stato stimato che attraverso i processi di combustione (inclusi i diesel) vengono prodotti circa 50.000 kg/anno di materiali nanometrici. Per confronto, i dati disponibili indicano che nel 2003 la produzione mondiale di nanotubi di carbonio (NTC) non ha superato 3000 kg, ma è noto che il Giappone ha pianificato un'espansione di questa produzione fino ad arrivare a 120.000 kg/anno nel 2008 (18). I livelli di produzione hanno rilievo anche per la valutazione dell'adeguatezza dell'attuale quadro normativo di tutela sanitaria, in quanto il regime previsto dal sistema europeo REACH richiede la registrazione di sostanze chimiche prodotte o importate annualmente in quantità superiori ad una tonnellata.

Nell'intervallo dimensionale nanometrico <100 nm i materiali possono presentare proprietà sostanzialmente diverse da quelle possedute dagli stessi materiali con dimensioni maggiori. Tipicamente aumentano il rapporto tra area superficiale e massa ed il numero per unità di massa e ciò comporta una maggiore reattività chimica, più resistenza o una più efficiente conducibilità elettrica e potenzialmente anche una più accentuata attività biologica.

### Effetti sanitari

Malgrado l'incompletezza delle conoscenze sui fattori essenziali per la stima dei rischi sanitari associati all'esposizione a PN (o PUF), i risultati degli studi sugli animali o gli umani realizzati finora, possono fornire la base per anticipare ipotesi preliminari sulla risposta biologica e sui possibili effetti negativi per l'uomo da parte di questa classe di particelle.

Tabella I. *Diversi tipi e sorgenti occupazionali di Particelle Nanometriche (PN)/Ultrafini (UF), non esaustiva*

Sorgente di PN/UF	Tipologia di particelle PN/UF	Applicazione/uso
Combustione (non intenzionali)	Particelle emesse da motori (diesel, benzina) Ceneri volanti	Varie attività lavorative (inquinamento atmosferico)
Processi a caldo (non intenzionali)	Particelle metalliche da saldatura o fusione. Particelle prodotte da processi meccanici ad alta velocità	Varie operazioni lavorative
UF/PN artificiali in massa (intenzionali)	TiO <sub>2</sub> Nero di carbone Silice amorfa ( <i>fumed</i> ) Allumina, Ossidi di Fe	Cosmetici Pigmenti, pneumatici, toner; Pitture, riempitivi
PN costruite (intenzionali)	Nanotubi di C Fullereni Nanofilamenti Nanocristalli Ossidi ceramici, metalli	Somministrazione di farmaci, materiali compositi, rinforzo, componenti elettronici, schermi elettromagnetici, monitor piatti, batterie

Gli studi sperimentali su animali hanno mostrato che dosi in massa equivalenti di PUF insolubili sono più potenti di particelle di maggiori dimensioni con simile composizione nell'induzione di infiammazione polmonare, danno ai tessuti, e tumore polmonare (19, 20, 21, 22, 23). Recenti studi hanno anche evidenziato la capacità da parte di PUF di  $TiO_2$  e di polistirene (microsfere fluorescenti) di accedere direttamente agli organi intracellulari (proteine, organelli, DNA) tramite meccanismi diffusivi e adesivi, evitando evitando i consueti processi endocitici (24).

Gli studi epidemiologici su lavoratori esposti a particelle fini e PUF hanno riportato decrementi nella funzione polmonare, sintomi respiratori negativi, patologie ostruttive croniche, e fibrosi (25, 26, 27). Inoltre, alcuni studi hanno riscontrato aumento di incidenza di cancro polmonare tra i lavoratori esposti a PUF emesse dai diesel (28, 29) o dai fumi di saldatura (27, 30). Le implicazioni di questi studi, tuttavia, sono ancora incerte poiché altri studi non hanno ottenuto gli stessi risultati ed il contributo preciso della frazione ultrafine agli effetti negativi osservati è ancora in discussione e materia di attive ricerche.

Anche gli studi epidemiologici nella popolazione generale hanno mostrato associazioni tra livelli atmosferici di particelle fini ed ultrafini ed incrementi di morbilità e mortalità per patologie respiratorie e cardiovascolari (31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39), ed hanno inoltre fornito fondate indicazioni di possibili effetti cancerogeni per il polmone (40).

Benché gli studi sperimentali sulle PNC siano appena agli esordi, alcuni risultati preliminari indicano un'attività tossica differenziata in funzione della specifica forma da esse posseduta, in analogia con quanto è conosciuto nel caso delle fibre minerali. Ad esempio nanotubi di carbonio (NTC), che possono raggiungere rapporti di allungamento  $> 100$  e lunghezza  $> 5 \mu m$ , a singola parete (SWCNT) instillati nei polmoni di animali hanno prodotto fibrosi, granulomi, e tossicità nell'interstizio polmonare con effetti infiammatori più o meno transitori (41, 42). Anche i primi studi *in vitro* hanno indicato una accentuata citotossicità molto maggiore da parte dei SWCNT, rispetto a quella dei NTC a parete multipla o dei fullereni (43, 44). In questi studi resta da valutare il possibile contributo delle impurezze metalliche derivanti dal processo di generazione dei nanotubi.

Un quadro aggiornato complessivo sui potenziali effetti tossici dei NTC, anche in relazione alla rilevanza per l'esposizione occupazionale, viene illustrato in una recentissima rassegna da Donaldson et al. (45).

I risultati degli studi *in vivo* hanno anche fornito indicazioni che le PUF ed i fullereni possono essere traslocati in altri organi, direttamente o no, attraverso il flusso sanguigno, le vie linfatiche ed anche il nervo olfattivo (46, 47, 48), producendo effetti ossidativi nel cervello di alcune specie ittiche (49).

Queste evidenze hanno indotto alcuni ricercatori ad ipotizzare potenziali effetti mutageni ereditari associati all'esposizione alle particelle più fini (50).

## Esposizione

La via di esposizione più comune alle particelle aerodisperse negli ambienti lavorativi è quella inalatoria. Come avviene per altri tipi di particelle, la deposizione di PN (o PUF) nel tratto respiratorio è determinata dalle loro dimensioni, anche se i meccanismi sono essenzialmente diffusivi. Conformemente al modello di deposizione accreditato (52) è prevista una sostanziale deposizione delle PN in tutte le diverse regioni polmonari, in modo predominante nella regione alveolare, ma anche nelle regioni tracheo-bronchiale ed extra-toracica (51, 52) (Figura 1). Inoltre è stato notato che la deposizione delle PN risulta più uniforme rispetto alle particelle micrometriche (53). Da considerare che gli agglomerati di PN si depositeranno in funzione del loro diametro e non di quello delle PN costituenti.

Occorre, altresì, notare che, a seguito della deposizione, il destino delle PN dipende dalla loro biopersistenza e dal loro potenziale trasloco ad altri organi e tessuti. Sono tuttora in corso ricerche per determinare i fattori che regolano tali fenomeni ed i meccanismi che contribuiscono all'agglomerazione e de-agglomerazione delle PN, nonché il loro ruolo nell'attività tossica dopo l'inalazione (11).

Oltre alla via inalatoria, è stato suggerito che anche le vie di esposizione ingestiva e dermica possono avere un rilievo importante durante l'attività lavorativa comportante la manipolazione di PNC (11, 15, 54).

Mentre numerose sono le occasioni di esposizioni ambientali alle PUF (5, 6, 7, 8), esistono molte circostanze comportanti esposizione a PUF anche in molti ambienti lavorativi, in particolare nel caso di processi di combustione, saldatura, emissioni diesel, trattamento a caldo di metalli, o manipolazione di materiali con dimensioni ultrafini, come nero di carbone ed alcuni ossidi metallici (Si, Ti, Zn, Mg) (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61). Diverse condizioni lavorative sono in grado di generare livelli di esposizione spesso più elevati di quelli tipici ambientali, quando l'esposizione viene espressa in termini numerici piuttosto che in massa di particelle. Nella Tabella II sono riportati i livelli tipici di PUF in termini di concentrazione numerica associati a varie attività lavorative (61).

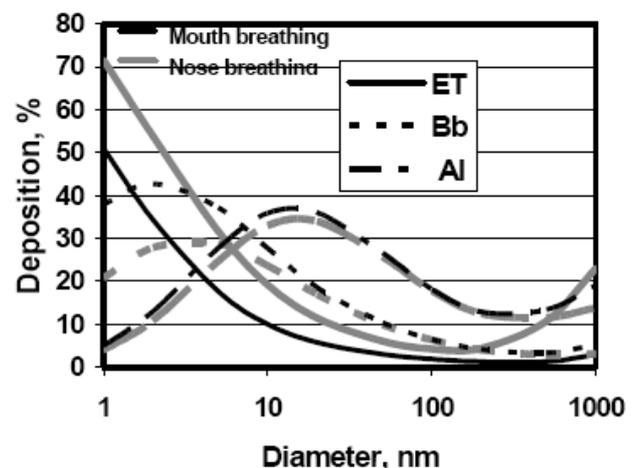


Figura 1. Deposizione nell'organo respiratorio; ET: extratoracica; Bb: bronchiale; Al: alveolare

**Tabella II. Livelli tipici di concentrazione di PUF associati a varie attività lavorative (riadattato da Möhlmann, 2004)**

Attività lavorative	Concentrazione numerica di particelle totali nell'intervallo 14-673 nm (p/cm <sup>3</sup> )	Intervallo dimensionale con il massimo di concentrazione (nm)
Aria esterna/ interna pulita	≤ 10.000	
Fusione della silice	100.000	280-520
Rettifica di metalli	≤ 130.000	17-170
Saldatura	≤ 400.000	36-64
Taglio al plasma	≤ 500.000	120-180
Cottura al forno	≤ 640.000	32-109
Motore di aeroplano (aeroporto)	≤ 700.000	< 45
Saldatura a forte	54.000 - ≤ 3.500.000	33-126
Saldatura a raggio laser	1000 - ≤ 40.000.000	40-600

L'attesa diffusione delle applicazioni industriali delle PNC ed il loro utilizzo determineranno verosimilmente occasioni di esposizione il cui rilievo richiede una approfondita attività di valutazione. Una recentissima indagine nelle industrie che producono NTC a partire da processi di catalisi ha evidenziato una ridotta capacità di liberazione di nanoparticelle di carbonio durante le operazioni lavorative e concentrazioni in massa inferiori a 55 mg/m<sup>3</sup> (54). Nella Tabella III vengono illustrate in modo sintetico le potenziali sorgenti espositive a PNC associate alle diverse fasi dei possibili processi produttivi.

In questo contesto merita particolare attenzione lo studio delle caratteristiche espositive negli ambienti lavorativi in cui sono presenti ambedue le sorgenti di PUF o di PNC.

### Misura dell'esposizione

Fintantoché non saranno disponibili informazioni sui meccanismi di azione biologica associati alle PUF, non vi è certezza sulla più appropriata tecnica di misura per determinare l'esposizione lavorativa. Sulla base delle conoscenze disponibili, numerosi sono i parametri con potenziale rilievo sanitario che occorrerebbe conoscere per caratterizzare l'esposizione alle PUF. Mentre sono stati sviluppati i criteri per il campionamento con selezione dimensionale delle frazioni di particelle aerodisperse in relazione agli specifici effetti sanitari ad esse associati, ancora non esiste un criterio di riferimento per le PUF, anche se recentemente Vincent (62) ha fornito interessanti suggerimenti sul possibile approccio da adottare per il suo sviluppo.

Per la valutazione dell'esposizione, e della dose, oltre alle informazioni tradizionali sulla massa, e la sua caratterizzazione, sarebbero necessari dati sulla distribuzione dimensionale, sul numero e/o sulla area superficiale, e, possibilmente, sul chimismo superficiale delle particelle.

Benché esistano attualmente le tecniche appropriate alla misura di questi parametri, solo alcune di queste sono applicabili per la determinazione routinaria dell'esposizione.

Nel caso delle PUF, la completa caratterizzazione dell'esposizione mediante la determinazione di tutti i parametri che possono avere rilevanza tossicologica, appare attualmente di difficile realizzazione.

La valutazione delle emissioni, dell'efficienza dei controlli, e dell'esposizione umana sono state finora basate su criteri diversi. Il monitoraggio dell'esposizione sul luogo di lavoro, ad esempio, richiede tecniche di misura robuste, compatte, con costi moderati e rilevanti per il confronto con gli standard esistenti. La misura gravimetrica della concentrazione rappresenta la continuità con l'approccio al monitoraggio storico ed attuale, ma risulta molto poco sensibile nel caso delle PUF.

Nella Tabella IV vengono indicati i potenziali sistemi di campionamento ed analisi per i diversi tipi di PN e le loro principali caratteristiche.

**Tabella III. Rischi di potenziale esposizione nei processi produttivi di PN costruite/intenzionali**

Processi di sintesi	Formazione delle particelle	Rischi potenziali di inalazione	Rischio cutaneo potenziale / rischio di ingestione
Da fase gassosa	In aria	Dispersione diretta dal reattore; Recupero del prodotto; Lavorazioni successive al recupero e imballaggio	Contaminazione da p. aerodisperse nell'ambiente di lavoro; Manipolazione del prodotto Pulizia / manutenzione dell'impianto
Da fase vapore	Sul substrato	Recupero del prodotto Lavorazioni successive al recupero e imballaggio	Contaminazione da polveri asciutte nell'ambiente di lavoro; Manipolazione del prodotto Pulizia / manutenzione dell'impianto
Colloidale	Sospensione liquida	Essiccamento del prodotto Lavorazione e travaso	Travaso / Contaminazione dell'ambiente di lavoro; Manipolazione del prodotto Pulizia / manutenzione dell'impianto
Attrito meccanico	Sospensione liquida	Essiccamento del prodotto Lavorazione e travaso	Travaso / Contaminazione dell'ambiente di lavoro; Manipolazione del prodotto Pulizia / manutenzione dell'impianto

Tabella IV. Metodi per la misura di PN/UF

Misura	Metodo	Commento
Massa	Campionatore personale con separazione in classi dimensionali	Attualmente non esiste un dispositivo che campioni la frazione con un taglio nell'intervallo dimensionale del nanometro ma potrebbe essere sviluppato. Un dispositivo statico potrebbe superare i problemi di campionamento
Numero	Contatore Ottico di Particelle ( <i>Optical Particle Counter</i> )	Non rilevabili particelle inferiori ai 300 nm
	Contatore di Particelle a Condensazione ( <i>Condensation Particle Counter</i> )	Analisi in tempo reale di particelle da circa 7 nm fino ai 100 nm
	Misuratore di Particelle a Scansione di Mobilità ( <i>Scanning Mobility Particle Sizer</i> )	Analisi in tempo reale e suddivisione delle particelle in classi dimensionali, si basa sulla mobilità elettrica delle particelle, intervallo da 3 a 800 nm
	ELPI ( <i>Electrical Low Pressure Impactor</i> )	Analisi in tempo reale si basa sulla separazione inerziale e la carica delle particelle. Misura della concentrazione numerica. Raccolta dei campioni
Area di superficie	Epifaniometro	Misura la radioattività indotta delle particelle che è proporzionale all'area superficiale attiva
	Caricatori a diffusione ( <i>Diffusion chargers</i> )	Misura dell'area superficiale attiva sotto 100nm in funzione dell'aderenza alla superficie di ioni positivi. Necessitano di preseparatori
Analisi d'immagine	Brunauer-Emmet-Teller (BET)	Si basa sulla misura dell'assorbimento di un gas (N <sub>2</sub> ) sulla superficie delle particelle
	Microscopia elettronica a scansione (SEM) Microscopia elettronica a trasmissione (TEM)	Analisi indiretta dell'area proiettata delle PN. I campioni possono essere raccolti da campionatori personali o da campionatori statici a selezione dimensionale

I campioni di aerosol possono essere prelevati con sistemi che selezionano la frazione inalabile, la toracica e la respirabile. Poiché le attuali conoscenze suggeriscono che le regioni di scambio gassoso sono potenzialmente più suscettibili alle PN (51, 52), la frazione da prelevare dovrebbe essere quella respirabile.

Tale determinazione di massa (associata eventualmente alla sua caratterizzazione chimica), tuttavia, non fornisce informazioni sul numero, le dimensioni, e la superficie, ma può essere utilizzata come una misura surrogata, se si possiedono informazioni sulla distribuzione dimensionale o sull'area superficiale specifica (63).

L'uso dei sistemi ad impatto convenzionali per la determinazione dell'esposizione alle PN (o PUF) risulta limitato, in quanto la dimensione limite di impatto è situata in pratica tra 200 e 300 nm. Esistono impattori a bassa pressione del tipo ELPI ([www.dekati.com](http://www.dekati.com)), il quale campiona le particelle dopo averle caricate elettricamente. La loro carica in ogni stadio di impatto viene misurata da un elettrometro multicanale. Un sistema simile (nano-MOUDI) è stato introdotto recentemente sul mercato (<http://appliedphysicsusa.com/moudi.asp>). Questi strumenti possono misurare particelle fino a circa 10 nm, ma come prelevatori statici, poiché le loro dimensioni e complessità precludono l'utilizzo come campionatori personali.

Attualmente, tuttavia, è disponibile sul mercato (distribuito dalla SKC) un tipo di impattore personale che fornisce una dimensione di taglio a 250 nm (64) e potrebbe essere usato per approssimare la misura della concentrazione di massa di PN nella zona respiratoria del lavoratore.

Questi strumenti offrono il vantaggio di consentire la caratterizzazione chimico-fisica delle particelle raccolte sui singoli substrati, ma hanno la limitazione di non discriminare gli agglomerati di PN da singole particelle con le stesse dimensioni.

La concentrazione numerica di particelle aerodisperse a partire da 10 nm risulta relativamente semplice da misurare mediante i contatori a condensazione (*Condensation Particle Counters-CPC*) e può essere estesa senza difficoltà fino a 3 nm. Questi sistemi convogliano le particelle entranti in una camera sovrasatura di vapore (alcol butilico, isopropilico), in tal modo sulle particelle più piccole si ha la formazione di goccioline da 100 a 1000 volte maggiori delle dimensioni iniziali delle particelle (65). Le goccioline, quindi, attraversano un sensore ottico che misura l'attenuazione della luce ed i risultati vengono convertiti in concentrazione.

Questi strumenti vengono largamente utilizzati per la misura delle PUF nell'atmosfera urbana (6, 7, 8, 9). Poiché questi sistemi non forniscono la separazione in classi dimensionali (salvo l'eventuale selezione all'ingresso), risulta difficile distinguere tra diverse sorgenti di PN generate dai singoli processi, o tra queste e quelle presenti nel fondo dell'ambiente. Queste limitazioni sono state evidenziate nel recente studio in un impianto per la produzione di nero di carbone (66). Malgrado ciò, l'utilizzo di queste misure, eseguite vicino alle potenziali sorgenti, è stato proposto per l'identificazione grezza delle PN emesse dalle sorgenti lavorative (10).

I dispositivi di questo tipo sono utilizzabili solo in modo statico, ma recentemente è disponibile un tipo portatile

che opera in un intervallo da 10-1000 nm ed a concentrazioni fino a  $10^5$  p/cm<sup>3</sup> ([www.tsi.com](http://www.tsi.com)).

Strumenti che forniscono ambedue le informazioni sul numero e le dimensioni sono oggi disponibili commercialmente. Benché siano più complessi e costosi, gli Scanning Mobility Particle Sizers (SMPS) consentono la misura della distribuzione dimensionale approssimativamente da 3 nm a 800 nm (68; [www.tsi.com](http://www.tsi.com)). Questi dispositivi operano fornendo una carica elettrostatica alle particelle e separandole in funzione della loro mobilità elettrica tramite il passaggio tra due elettrodi o tra una nube di ioni generati da una sorgente radioattiva. Le particelle così separate vengono conteggiate mediante un CPC. La più recente versione di questo tipo di strumentazione, il Fast Mobility Particle Sizer (FMPS), consente di ottenere la distribuzione dimensionale ancora più rapidamente (in pochi secondi, rispetto a qualche minuto dello SMPS) e, grazie ad una serie di elettrometri come sensori della carica delle particelle, evita l'uso della sorgente radioattiva.

Le tecniche finora descritte, benché sensibili per la determinazione di particelle con dimensioni di qualche nanometro, sono limitate nella loro capacità di distinguere le singole PN da quelle formate da agglomerati di particelle più piccole.

Diversi studi tossicologici supportano la necessità di misurare l'area superficiale delle PN, in quanto maggiormente correlata con i potenziali effetti biologici (56, 68). Tradizionalmente questo parametro viene misurato con la tecnica analitica BET (Brunauer-Emmet-Teller), che viene applicata ai materiali pulverulenti in massa, sfruttando le caratteristiche di assorbimento di gas quali azoto, kripton, argon. I campioni forniti dal monitoraggio (su filtri o substrati) negli ambienti lavorativi non consentono di ottenere una massa sufficiente per questo tipo di analisi, che potrebbe, invece, avere un ruolo in una complessiva strategia di monitoraggio se applicato al materiale in massa entrante nel processo lavorativo in esame.

Lo strumento che attualmente consente la misura diretta dell'area superficiale delle particelle aerodisperse è l'epifaniometro (69). Esso misura la quantità di radioattività generata da ioni aderenti alla superficie delle particelle, la quale risulta proporzionale all'area superficiale attiva, almeno per dimensioni inferiori a 100 nm. L'epifaniometro, non risulta adatto ad un largo utilizzo negli ambienti lavorativi a causa della sua dipendenza da una sorgente radioattiva.

Strumenti di più recente generazione (*diffusion chargers* o elettrometri a carica diffusa) potrebbero trovare un uso più largo in ambienti lavorativi, in quanto basati sullo stesso principio del precedente dispositivo, ma operanti con la generazione e l'adesione di ioni positivi unipolari alla superficie delle particelle di aerosol (70).

Tali strumenti sono soggetti a possibili errori se le particelle aerodisperse sono dotate di cariche preesistenti o multiple, tuttavia studi di laboratorio hanno mostrato una buona correlazione con le misure di area superficiale derivate dall'esame in TEM per particelle < 100 nm (71), mentre una recentissima versione di questo tipo di strumento ha fornito dati che correlano bene con l'area su-

perficiale delle particelle depositate nel tratto respiratorio umano (72).

Per la misura dell'area superficiale è possibile partire dalle informazioni sulla distribuzione dimensionale, in quanto è stata dimostrata l'associazione tra il diametro di mobilità delle particelle e l'area superficiale nel campo del cammino libero molecolare (71, 73). In tal modo può essere effettuata una stima ragionevole dell'area superficiale, partendo dalla distribuzione dimensionale che abbia un diametro modale fino a 100 nm (56). Questo approccio, tuttavia, richiede strumentazione e sistemi di calcolo difficilmente applicabili al monitoraggio sistematico dell'esposizione.

Infine una tecnica comunemente usata per la misura dell'area superficiale delle PN è la microscopia elettronica a trasmissione (TEM). Essa fornisce una misura areale della proiezione delle particelle, che può non rappresentare l'effettiva tridimensionalità delle stesse, ed inoltre è una tecnica *off-line*.

Una considerazione particolare merita la strategia per la valutazione dell'esposizione alle PUF negli ambienti lavorativi. Attualmente le stime dell'esposizione personale vengono derivate da misure ottenute con strumenti statici. Per un'affidabile interpretazione dei risultati è essenziale identificare tutte le potenziali sorgenti di PUF, interne all'ambiente lavorativo ed esterne, registrare il regime di correnti d'aria, e gli spostamenti dell'addetto rispetto alle sorgenti ed alla posizione dello strumento (74).

---

## Conclusioni

Benché le caratteristiche delle PUF e delle PNC possano sostanzialmente differire, i principi tossicologici e dosimetrici derivati dagli studi esistenti dovrebbero essere considerati rilevanti per ambedue le classi di particelle. Tra queste caratteristiche, l'area e l'attività di superficie, il numero di particelle e la loro solubilità sembrano costituire migliori parametri anticipatori del potenziale rischio rispetto alla massa.

Malgrado i moderni sviluppi della tecnologia offrano strumentazioni in grado di misurare gran parte dei parametri considerati più significativi, le caratteristiche di questi strumenti non ne consentono l'uso personale, inoltre la determinazione simultanea di più caratteristiche richiede l'impiego contemporaneo di apparecchiature multiple. Per il momento è necessario operare disegnando un'appropriata strategia di campionamento che tenga conto delle limitazioni interpretative per la stima dell'esposizione basata su campionamenti di area.

Uno strumento propedeutico, utile a caratterizzare l'esposizione, ma anche a supportare le ricerche riguardanti i fondamentali aspetti che regolamentano la tossicità delle PN (intenzionali e non intenzionali), appare la creazione di una banca di materiali ben caratterizzati in termini di proprietà chimico-fisiche, che dovrebbe essere resa disponibile ai ricercatori. A tali fini meritano particolare attenzione le iniziative attualmente in corso nell'ISO da parte dei comitati tecnici (TC) 146 e 229.

## Bibliografia

- 1) Oberdörster G, RM Gelein, J Ferin, B Weiss. Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles ? *Inhal Toxicol* 1995; 7, 111-124.
- 2) Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. The Royal Society and the Royal Academy of Engineering, 2004 (<http://www.nanotec.org.uk/>).
- 3) World Health Organization (WHO) 2004. Health aspects of air pollution results from the WHO project "Systematic review of health aspects of air pollution in Europe". WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, WHO 2004.
- 4) International Standardization Organisation (ISO) (2005). Workplace Atmospheres-Ultrafine, nanoparticle and nano-structured aerosol-Exposure characterization and assessment. Working document ISO/TC 146/SC 2 N 399, 15.12.2005.
- 5) Zimmer AT. The influence of metallurgy on the formation of welding aerosols. *J Environ Monit* 2002; 4, 628-632.
- 6) Kim S, Shen S, Sioutas C, Zhu Y, Hinds W. Size distribution and diurnal and seasonal trends of ultrafine particles in source and receptor sites of the Los Angeles Basin. *J Air Waste Manag Assoc* 2002; 52, 297-307.
- 7) Zhu Y, Hinds, WC, Kim, S, Sioutas, C. Concentration and size distribution of ultrafine particles near a major highway. *J Air Waste Manag. Assoc* 2002; 52(9), 1032-42.
- 8) Aalto P, P Paatero, M Kulmala, K Hameri, F Forastiere, G Cattani, A Marconi, J Cyrus, S Von Lot, K Zetzsche, A Peters, L Bouso, G Castano-Vinyals, J Sunyer, T Lanki, J Pekkanen, B Sjøvall, N Berglund, T Bellander, F Nyberg. Aerosol number concentration measurements in five European cities using TSI-3022 condensation particle counter over three year period during HEAPSS (Health Effects of Air Pollution on Susceptible Subpopulations). *J Air Waste Manag Assoc* 2005; 55, 1064-1076.
- 9) Marconi A, Cattani G, Cusano M, Ferdinandi M, Inglessis M, Viviano G, Settimo G, Forastiere F. Two years fine and ultrafine particles measurements in Rome, Italy. In: *Strategies for Clean Air and Health, Proceedings of AIRNET Annual Conference/NERAM International Colloquium, November 5-7, 2003, Rome, Italy*. Eds. L.Craig, D. Krewski, J.Shortreed, J. Samet, Waterloo, Ontario, 2005; 35-46.
- 10) Brouwer DH, JH Gijssbers, MW Lurvink. Personal exposure to ultrafine particles in the workplace: exploring sampling techniques and strategies. *Ann Occup Hyg* 2004; 48 (5), 439-453.
- 11) Health and Safety Executive (HSE). Nanoparticles: An occupational hygiene review. Research report 274, 2004 (<http://www.hse.uk>)
- 12) Maynard AD and ED. Kuempel. Airborne nanostructured particles and occupational health. *Journal of Nanoparticle Research* 2005; 7, 587-614.
- 13) Sioutas C, Delfino RJ, Singh M. Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles (UFPs) and implications in epidemiologic research. *Environ Health Perspect* 2006; 113(8), 947-955.
- 14) National Cancer Institute. Cancer nanotechnology-Going Small for Big Advances. NIH Publication No. 04-5489, January 2004 (<http://otir.nci.nih.gov/>)
- 15) NIOSH. Approaches to Safe Nanotechnology, an Information Exchange with NIOSH, CDCP, October 1, 2005.
- 16) Environmental Protection Agency (EPA): External Review Draft Nanotechnology White Paper. EPA 2005. (<http://www.epa.org>).
- 17) European Commission. Towards a European Strategy for Nanotechnology COM(2004) 338, EC, Bruxelles, 2004. (<http://cordis.lu/nanotechnology/src/communication.htm>)
- 18) Borm PJ. Hazards and risks of nanomaterials: a look forward. In: *First International Symposium on Occupational Health Implications of Nanomaterials-Nanomaterials: a risk to health at work ? 12-14 October 2004, Buxton, UK, 2004*.
- 19) Lee KP, HJ Trochimowicz, CF Reinhardt. Pulmonary response of rats exposed to titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) by inhalation for two years. *Toxicol Appl Pharmacol* 1985; 79, 179-192.
- 20) Oberdörster G and C Yu. The carcinogenic potential of inhaled diesel exhaust: a particle effect ? *J Aerosol Sci* 1990; 21, S397-S401.
- 21) Oberdörster G, Ferin J, Lehnert BE. Correlation between particle-size, in-vivo particle persistence, and lung injury. *Environ Health Perspect* 1994; 102, 173-179.
- 22) Heinrich U, Fuhst R, Rittinghausen S, Creutzenberg O, Bellman B, Koch W, Levsen K. Chronic inhalation exposure of wistar rats and two different strains of mice to diesel-engine exhaust, carbon black, and titanium dioxide. *Inhal Toxicol* 1995; 7(4), 533-556.
- 23) Renwick LC, Brown D, Clouter A, Donaldson K. Increased inflammation and altered macrophage chemotactic response caused by two ultrafine particle type. *Occup Environ Med* 2004; 61, 442-447.
- 24) Geiser M, Rothen-Rutishauser B, Kapp N, Schürch S, Kreyling W, Schulz H, Semmler M, Im Hof V, Heyder J, Gehr P. Ultrafine particles cross cellular membranes by nonphagocytic mechanisms in lungs and cultured cells. *Environ Health Perspect* 2005; 113, 1555-1560.
- 25) Kreiss K, Mroz MM, Zhen B, Wiedemann H, Barna B. Risks of beryllium disease related to work processes at a metal, alloy, and oxide production plant. *Occup Environ Med* 1997; 54 (8), 605-612.
- 26) Gardiner K, van Tongeren M, Harrington M. Respiratory health effects from exposure to carbon black: results of the phase 2 and 3 cross sectional studies in the European carbon black manufacturing industry. *Occup Environ Med* 2001; 58 (8), 496-503.
- 27) Antonini JM, Lewis AB, Roberts JR, Whaley DA. Pulmonary effects of welding fumes: review of worker and experimental animal studies. *Am J Ind Med* 2003; 43, 350-360.
- 28) Steenland K, Deddens J, Stayner L. Diesel exhaust and lung cancer in the trucking industry: exposure-response analyses and risk assessment. *Am J Ind Med* 1998; 34 (3), 220-228.
- 29) Garshick E, Laden F, Hart JE, Rosner B, Smith TJ, Dockery DW, Speizer FE. Lung cancer in railroad workers exposed to diesel exhaust. *Environ Health Perspect* 2004; 112 (15), 1539-1543.
- 30) Kim JY, Chen JC, Boyce PD, Christiani DC. Exposure to welding fumes is associated with acute systemic inflammatory response. *Occup Environ Med* 2005; 62, 157-163.
- 31) Peters A, Wichmann H R, Tuch T, Heinrich J, Heyder J. Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155, 1376-1383.
- 32) Wichmann HE, Peters A. Epidemiological evidence of the effects of ultrafine particle exposure. *Phil. Trans. R. Soc. London* 2000; A358, 2751-2769.
- 33) Penttinen P, Timonen KL, Tittanen P, Mirme A, Ruuskanen J, Pekkanen J. Ultrafine particles in urban air and respiratory health among adult asthmatics. *Eur Respir J* 2001; 17, 428-435.
- 34) Ibaldo-Mulli A, Wichmann HE, Kreyling W, Peters A. Epidemiological evidence on health effects of ultrafine particles. *J Aerosol Med* 2002; 15, 189-201.
- 35) Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski E, Ito K, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287 (9), 1132-1141.
- 36) Pope CA, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Godleski JJ. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation* 2004; 109 (1), 71-74.
- 37) Stafoggia M, Picciotto S, Forastiere F, D'Ippoliti D, Cattani G, Marconi A, Perucci C. Inquinamento atmosferico ed eventi coronarici fatali e non fatali a Roma. *Epid Prev* 2005; 29 (1), 40-47.
- 38) Lagorio S, Forastiere F, Pistelli R, Iavarone I, Michelozzi P, Fano V, Marconi A, Ziemacki G, Ostro B. Air pollution and lung function among susceptible adult subjects: a panel study. *Environ Health: A Global Access Science Source* 2006; 5, 11 (<http://www.ehjournal.net/content/5/1/11>)
- 39) Sun Q, Wang A, Jin X, Natanzon A, Duquaine D, Brook RD, Aguineldo JS, Fayad ZA, Fuster V, Lippmann M, Chen LC, Rajagopalan S. Long-term air pollution exposure and acceleration of atherosclerosis and vascular inflammation in animal model. *JAMA* 2005; 294, 3003-3010.
- 40) Vineis P, Forastiere F, Hoek G, Lipsett M. Outdoor air pollution and lung cancer recent epidemiologic evidence. *Int J Cancer* 2004; 111, 647-652.
- 41) Warheit DB, Laurence BR, Reed KL, Roach DH, Reynolds GA, Webb TR. Comparative pulmonary toxicity assessment of single-wall carbon nanotubes in rats. *Toxicol Sci* 2004; 77, 117-125.
- 42) Lam CW, James JT, McCluskey R, Hunter RL. Pulmonary toxicity of single-wall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation. *Toxicol Sci* 2004; 77, 126-134.

- 43) Huczko A, Lange H, Calko E, Grubeck-Jaworska H, Droszcz P. Physiological testing of carbon nanotubes: Are they asbestos-like? *Fulterene Sci Technol* 2001; 9 (2), 251-254.
- 44) Montiero-Riviere NA, Nemanich RJ, Inman AO, Yunyu YW, Riviere JE. Multi-walled carbon nanotubes interactions with human epidermal keratinocytes. *Toxicol Lett* 2005; 155 (3), 377-384.
- 45) Donaldson K, Aitken R, Tran L, Stone V, Duffin R, Forrest G, Alexander A. Carbon nanotubes: A review of their properties in relation to pulmonary toxicology and workplace safety. *Toxicol Sci* 2006; 92 (1), 5-22.
- 46) Nemmar A, Hoet PH, Vanquickenborne B, Dinsdale D, Thomeer M, Hoylaerts MF, Vanbilloen H, Mortenlmans L, Nemery (2002). Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circulation* 105, 411-414.
- 47) Oberdörster G, Sharp Z, Atudorei V, Elder A, Gelein R, Kreyling W, Cox C. Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhal Toxicol* 2004; 16 (6-7), 437-445.
- 48) Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ Health Perspect* 2005; 113 (7), 823-839.
- 49) Oberdörster E. Manufactured nanomaterials (fullerenes, C60) induce oxidative stress in brain of juvenile largemouth bass. *Environ Health Perspect* 2004; 112, 1058-1062.
- 50) Samet JM, DeMarini DM, Malling HV. Do airborne particles induce heritable mutations? *Science* 2004; 304, 971-972.
- 51) International Commission on Radiological Protection-ICRP (1994). Human respiratory tract model for radiological protection. Oxford, England: Pergamon, Elsevier Science Ltd, ICRP Publication No. 66.
- 52) Yeh HC, Cuddihy RG, Phalen RF, Chang IY. Comparison of calculated respiratory-tract deposition of particles based on the proposed NCRP model and the new ICRP 66 model. *Aerosol Sci Technol* 1996; 25, 134-140.
- 53) Zhang Z, Kleinstreuer C, Donohue JF, Kim CS. Comparison of micro- and nano-size particle depositions in a human upper airway model. *J Aerosol Sci* 2005; 36, 211-233.
- 54) Maynard AD, Baron PA, Foley M, Shvedova AA, Kisin ER, Castranova V. Exposure to carbon nanotube material: Aerosol release during the handling of unrefined single walled carbon nanotube material. *J Toxicol Environ Health* 2004; 67(1), 87-107.
- 55) McCawley MA, Kent MS, Berakis MT. Ultrafine beryllium number concentration as a possible metric for chronic beryllium disease risk. *Appl Occup Environ Hyg* 2001; 16(5), 631-638.
- 56) Maynard AD, Zimmer AT. Evaluation of grinding aerosols in terms of alveolar dose: The significance of using mass, surface-area and number metrics. *Ann Occup Hyg* 2002; 46 (Suppl. 1), 320-322.
- 57) Dasch J, D'Arcy J, Gundrum A, Sutherland J, Johnson J, Carlson D. Characterization of fine particles from machining in automotive plants. *J Occup Environ Hyg* 2005; 2, 609-625.
- 58) Peters TM, Heitbrink WA, Evans DE, Slavin TJ, Maynard AD. The mapping of fine and ultrafine particle concentrations in an engine machining and assembly facility. *Ann Occup Hyg* 2006; 50(3), 249-257.
- 59) Ramachandran G, Paulsen D, Watts W, Kittelson D. Mass, surface area and number metrics in diesel occupational exposure assessment. *J Environ Monit* 2006; 7, 728-735.
- 60) Thomassen Y, Koch W, Dunkhorst W, Ellingsen DG, Skaugset NP, Jordbekken L, Drabløs PA, Weinbruch S. Ultrafine particles at workplaces of a primary aluminium smelter. *J Environ Monit* 2006; 8, 127-133.
- 61) Möhlmann C. German activity on the ultra-fine particles in the workplaces. In: First International Symposium on Occupational Health Implications of Nanomaterials-Nanomaterials: a risk to health at work? 12-14 October 2004, Buxton, UK, 2004, p. 128-130.
- 62) Vincent JH. Health-related aerosol measurement: a review of existing sampling criteria and proposal for new ones. *J Environ Monit* 2005; 7, 1037-1053.
- 63) Maynard AD. Estimating aerosol surface area from number and mass concentration measurements. *Ann Occup Hyg* 2003; 47 (2), 123-144.
- 64) Misra C, Singh M, Shen S, Sioutas C, Hall PM. Development and evaluation of a personal cascade impactor sampler (PCIS). *J Aerosol Sci* 2002; 33 (7), 1027-1048.
- 65) McMurry PH. A review of atmospheric aerosol measurements. *Atmos Environ* 2000; 34, 1959-1999.
- 66) Kuhlbusch TAJ, Neumann S, Fissan H. Number Size Distribution, Mass Concentration, and Particle Composition of PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in Bag Filling Areas of Carbon Black Production. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2004; 1, 660-671.
- 67) Flagan RC. Electrical techniques. In: Aerosol measurement: principles, techniques and applications, Baron PA and Willeke K. John Wiley & Sons, New York, 2001, pp. 537-568.
- 68) Moshhammer H, Neuberger M. The active surface of suspended particles as a predictor of lung function and pulmonary symptoms in Austrian school children. *Atmos Environ* 2003; 37, 1737-1744.
- 69) Baltensperger U, Gaggeler HW, Jost DT. The Epiphaniometer, a new device for continuous aerosol monitoring. *J Aerosol Sci* 1988; 19 (7), 931-934.
- 70) Keller A, Fierz M, Siegmann K, Siegmann HC, Fillippov A. Surface science with nanosized particles in a carrier gas. *J Vacuum Sci Technol a Vacuum Surface Films* 2001; 19 (1), 1-8.
- 71) Ku BK and Maynard AD. Comparing aerosol surface-area measurement of monodisperse ultrafine silver agglomerates using mobility analysis, transmission electron microscopy and diffusion charging. *J Aerosol Sci* 2005. In press. Disponibile on-line ([www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)).
- 72) Wilson WE. Use of the electrical aerosol detector as an indicator for the total particle surface area deposited in the lung. In Proceedings of the 2004 Air and Waste Management Association Conference.
- 73) Rogak SN, Flagan RC, Nguyen HV. The mobility and structure of aerosol agglomerates. *Aerosol Sci Technol* 1993; 18 (1), 25-47.
- 74) Marconi A, Fanizza C, Castellet Y, Ballarà G. Particelle ultrafini e nanoparticelle negli ambienti di lavoro e nell'atmosfera urbana: tecniche di misura convenzionali ed avanzate. In: 12° Convegno di Igiene Industriale, Le Giornate di Corvara, 27-29 marzo, 2006.

**Richiesta estratti:** Dott. Achille Marconi - Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria (Department of Environment and Prevention), Viale Regina Elena 299, 00161 Rome, Italy - E-mail: [marconi@iss.it](mailto:marconi@iss.it)

A. Magrini<sup>1</sup>, A. Bergamaschi<sup>2</sup>, E. Bergamaschi<sup>3</sup>

## Nanotubi di carbonio (NTC) e nanoparticelle (NP): interazione con i sistemi biologici con particolare riferimento all'apparato respiratorio

<sup>1</sup> Dipartimento di Biopatologia e Diagnostica per Immagini, Università di Roma "Tor Vergata", Roma

<sup>2</sup> Istituto di Medicina del Lavoro, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

<sup>3</sup> Dipartimento di Clinica Medica, Nefrologia e Scienze della Prevenzione - Sezione di Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Parma, Parma

**RIASSUNTO.** Nanotubi di carbonio (NTC) e nanoparticelle (NP) costituiscono nuove classi di materiali tecnologici dalle proprietà innovative. Nonostante l'esposizione per via inalatoria sia meno probabile per i nanomateriali (NM) di nuova sintesi rispetto alle NP di origine ambientale, ciò può accadere perché durante la loro sintesi e manipolazione si producono aerosol inalabili. Sia le NP di origine ambientale che le NP di nuova sintesi causano stress ossidativo e generazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS), attivazione di NF- $\kappa$ B, responsabili della flogosi polmonare, ma l'interazione dei NM con i sistemi biologici non si limita agli effetti pro-infiammatori. Le NP inibiscono la fagocitosi, aumentano la sensibilità dei macrofagi a fattori chemiotattici (MCP-1), incrementano i livelli di interleuchine aggravando la flogosi antigene-mediata. Le NP di ossidi metallici (TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) riducono l'efficienza mitocondriale, determinano un marcata riduzione dei livelli di glutazione intracellulare, alterano la vitalità e la morfologia cellulare. I NTC sono strutture cristalline artificiali dalle proprietà peculiari che le rendono adatte a scopi biomedici e farmacologici. I NTC inducono la produzione di TNF- $\alpha$  e reazioni flogistiche nel tessuto polmonare, ma attraversano facilmente le membrane e reagiscono con il DNA ed i residui aminoacidici delle proteine, provocando apoptosi. I NTC di maggiori dimensioni hanno un comportamento simile a quello delle convenzionali fibre di amianto, essendo in grado di stimolare la crescita delle cellule mesenchimali e di provocare la formazione di granulomi e reazioni fibrotiche. Questi risultati suggeriscono la potenziale pericolosità dei NM e raccomandano misure igieniche ai fini di contenerne l'esposizione nel corso della loro manipolazione.

**Parole chiave:** nanoparticelle, nanotubi di carbonio, fisiopatologia polmonare.

**ABSTRACT.** CARBON NANOTUBES (CNT) AND NANOPARTICLES (NP): INTERACTION WITH LUNG EPITHELIUM AND OTHER BIOLOGICAL SYSTEMS. Carbon nanotubes (CNT) and nanoparticles (NP) represent new classes of technological materials with innovative properties. Although inhalation is less likely for engineered nanomaterials (NM) compared with ambient or mineral dust particles, this can happen during bulk manufacture and handling of freely dispersible NP at workplace. Both environmental and engineered NP are able to cause oxidative stress, reactive oxygen species (ROS) generation, NF- $\kappa$ B activation, but some of the possible NM interactions with biological systems may result in additional forms of injury. NP can impair fagocytosis, can enhance macrophage sensitivity to chemotactic factors (MCP-1), thus worsening antigen-mediated inflammation. Metal NP (e.g. TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) can impair mitochondrial function, leading to a dramatic reduction of the intracellular glutathione pool, thus compromising cell viability and morphology. CNTs are a man-made form of crystalline carbon currently attracting intense research efforts because of their unique properties, that make them suitable for many uses in biomedicine and pharmacology. CNTs stimulate TNF- $\alpha$  production in the lung, inducing inflammatory reactions, but they can also cross cell membranes reacting with DNA and aminoacidic residues, leading to cell apoptosis. Larger CNTs could have features of conventional fibers and show the ability to stimulate mesenchymal cell growth and to cause lung granulomas formation and fibrotic reactions. These results suggest that NM are potentially hazardous to humans and that strict industrial hygiene measures should be taken to limit exposure during their manipulation.

**Key words:** nanoparticles, carbon nanotubes, lung pathophysiology.

### Introduzione

Tutti i materiali convenzionali, quali metalli, semiconduttori, vetro, ceramica o polimeri, possono essere ottenuti in scala nanodimensionale. I nanomateriali (NM) giocano un ruolo chiave nelle applicazioni nanotecnologiche ed il tasso con cui saranno introdotti nel ciclo produttivo è destinato a crescere esponenzialmente nei prossimi anni. Le peculiari proprietà fisico-chimiche dei NM sono attribuibili all'elevato rapporto superficie-volume delle nanoparticelle (NP - particelle con diametro <100 nm in almeno una dimensione) ed alle caratteristiche di superficie (reattività, presenza di gruppi funzionali, rivestimenti organici od inorganici), solubilità, forma e stato di aggregazione. Sebbene le potenzialità applicative dei NM siano impressionanti, le loro proprietà innovative suscitano preoccupazione circa i possibili effetti tossici, dato che la loro elevata biodisponibilità favorisce interazioni con diverse cellule e tessuti, specialmente a livello dell'apparato respiratorio (1, 2).

L'esposizione a NP per via inalatoria può verificarsi sia nel corso di processi industriali finalizzati alla sintesi ed utilizzazione di NM che in più convenzionali processi quali: saldatura (ad arco, al laser o al plasma), fusione, processi di combustione o riscaldamento, inclusi quelli di materie plastiche (PTFE e FEP), ovvero in tutti i processi nei quali si producono aerosols caratterizzati da una frazione numericamente consistente di NP (3).

Studi compiuti dal BIA (4) hanno caratterizzato l'esposizione a NP e UFP in diversi processi lavorativi (saldatura, panificazione, affumicatura dei cibi, ecc...), mettendo in risalto la presenza numericamente consistente di NP nel range indagato (14-670 nm). Le concentrazioni rilevate in processi come la saldatura ad arco manuale su acciaio 18/8 erano comprese fra 1-1,5·10<sup>5</sup> e 4·10<sup>6</sup> NP/cm<sup>3</sup>; nel corso della molatura su acciaio sono state riscontrate concentrazioni >1,3·10<sup>5</sup> NP/cm<sup>3</sup>; nel corso di saldatura TIG sono state riscontrate concentrazioni nell'ordine di 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup> NP/cm<sup>3</sup>. NP sono presenti nella componente ultrafine del particolato derivante da processi di combustione (PUF), che include anche particelle di carbon black e di metalli di transizione, ma queste sono di composizione eterogenea, mentre le NP prodotte a scopo industriale presentano composizione omogenea e caratteristiche di superficie ben de-

finite (1). Entrambe possiedono due proprietà che agiscono sinergicamente nel determinare effetti nocivi in contatto con le membrane biologiche: vasta area superficiale, che cresce esponenzialmente col ridursi delle dimensioni, e reattività chimica o tossicità intrinseca di tale superficie (3, 5). Per questo, nella definizione della relazione dose-effetto, l'entità della dose non è definita dalla massa delle particelle, di per sé trascurabile, quanto dalle dimensioni e dall'area totale di superficie.

---

### La via inalatoria come porta di ingresso delle nanoparticelle

La deposizione delle NP inalate nel tratto respiratorio segue gli stessi principi che caratterizzano le particelle fini ed ultrafini, ma le dimensioni delle NP facilitano i processi di diffusione lungo tutte le sezioni del parenchima polmonare. Le NP di 1 nm si depositano prevalentemente (90%) nel tratto naso-faringeo, circa il 10% nella regione tracheo-bronchiale ed in quantità irrilevante a livello alveolare. NP di 5 nm presentano una deposizione simile nelle tre regioni, mentre NP di 20 nm si depositano prevalentemente (> 50%) in regione alveolare e per il 15% nelle altre due sedi (6). Un'elevata deposizione non equivale necessariamente ad una elevata dose per singola cellula; poiché le diverse sezioni dell'apparato respiratorio sono caratterizzate da differenti aree, la concentrazione di NP per superficie degli epitelii ( $\text{ng}/\text{cm}^2$ ) è maggiore (fino a due ordini di grandezza) a livello delle vie aeree di conduzione (7).

---

### Patogenicità dei nanomateriali e meccanismo d'azione tossica sull'apparato respiratorio

La patogenicità dei materiali solidi che vengono inalati dipende in primo luogo dal raggiungimento di un sufficiente accumulo polmonare, a sua volta dipendente dalla deposizione e dai meccanismi di clearance, almeno finché non viene raggiunto un equilibrio (8). A parità di massa, NP di  $\text{TiO}_2$  di 20 nm, non solo inducono maggiori effetti di tipo infiammatorio (9), ma vengono eliminate dal polmone molto più lentamente rispetto a particelle di 250 nm, evidenziando una notevole capacità di attraversamento della barriera epiteliale e localizzazione nell'interstizio e nei linfonodi regionali (10). In rapporto a caratteristiche di superficie, diversi tipi di NP possono inibire la fagocitosi, la chemiotassi e le capacità litiche dei macrofagi, determinando un prolungamento dell'emivita delle NP a livello alveolare (alcuni mesi nel ratto e circa due anni nell'uomo) (11, 12).

Come conseguenza del comportamento soggetto a forze di tipo diffusivo e del basso *uptake* da parte dei macrofagi, le NP vengono ad avere una maggiore interazione con l'epitelio respiratorio, che rappresenta la principale via d'ingresso nell'organismo. Le conoscenze tossicologiche derivate dalle PUF portano ad ipotizzare che lo stress ossidativo rappresenti il principale meccanismo responsabile degli effetti tossici prodotti dall'inalazione di NM (1, 3, 13). La cascata di eventi può presentare differenze in relazione al tipo di particelle, a seconda che prevalgano gli ele-

menti metallici di transizione (fumi di saldatura o NP di nuova sintesi) o le componenti organiche (NP di emissioni diesel) o le caratteristiche di superficie (*carbon black* o NTC), ma l'effetto finale è comunque rappresentato da un processo flogistico (3, 13). Fattori di trascrizione sensibili allo stress ossidativo, come il fattore nucleare  $\text{kB}$  (NF- $\text{kB}$ ) e l'attivatore della Proteina-1, traducono questo stress ossidativo in proteine pro-infiammatorie, secondo una sequenza di eventi che determinano effetti potenzialmente di maggior entità rispetto a quanto si osserva con le convenzionali particelle solide. L'opinione prevalente è che esista una relazione diretta tra l'area superficiale complessiva delle NP inalate, la capacità di generare ROS e produrre effetti infiammatori (numero di neutrofili nel liquido di lavaggio broncoalveolare) e cancerogeni delle NP nel polmone (13, 14). Dopo la sintesi, sulle NP vengono introdotti gruppi funzionali (tiolici, idrocarburi alogenati, silanolici) o rivestimenti (polietilenglicole - PEG) che possono modulare le interazioni con le cellule bersaglio o, come in campo farmacologico, finalizzati ad evitare la captazione da parte delle cellule reticolo-endoteliali per veicolare farmaci su specifici bersagli (15). Le cellule epiteliali e neuronali possono altresì contribuire alla flogosi producendo citochine pro-infiammatorie come IL-8 (3); in questo tipo di flogosi "neurogenica", la stimolazione delle terminazioni nervose rilascia neurotrasmettitori che influenzano differenti popolazioni cellulari polmonari, quali le cellule epiteliali e le cellule muscolari lisce.

Diversi modelli sperimentali hanno messo in evidenza che la formazione di radicali liberi, catalizzata da alcuni elementi metallici ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), causa alterazioni del DNA, aumenta la perossidazione lipidica ed induce alterazioni all'omeostasi del  $\text{Ca}^{2+}$  e dell'equilibrio redox (16-19). Il comportamento delle NP di elementi metallici ( $\leq 20$  nm) non appare univoco. NP-Cu evidenziano una potenza maggiore nella produzione di IL-8 da linee cellulari epiteliali rispetto a NP-Ni o NP-V, mentre l'introduzione di acido fosforico sulla superficie incrementa la capacità pro-infiammatoria di circa 6 volte. NP di Na e Mg non evidenziano effetti pro-infiammatori, limitati ad alcuni elementi metallici di transizione, capaci di indurre la produzione di IL-8 (19). Altre NP di elementi metallici, quali Ce ed It, hanno evidenziato elevate proprietà antiossidanti in colture di cellule neuronali (20).

---

### Passaggio transepiteliale delle nanoparticelle

Diversi studi hanno dimostrato che le NP possono migrare rapidamente dall'epitelio respiratorio all'interstizio ed avere accesso alla circolazione sistemica; ciò è stato dimostrato sia per NP di  $\text{TiO}_2$  di dimensioni comprese fra 12 e 250 nm (21), fumi di PTFE (22), NP di polistirene (15-20 nm) e  $^{13}\text{C}$  di <30 nm (23); tuttavia, NP di  $^{192}\text{Ir}$  evidenziano una traslocazione molto bassa (<1%) dal polmone agli organi extrapolmonari, benché le NP di 15 nm tendano a migrare con un'efficienza dieci volte maggiore rispetto alle NP di 80 nm (24).

Anche se non è stato finora indagato specificamente il meccanismo col quale avverrebbe il passaggio delle NP at-

traverso l'epitelio respiratorio, questo non sembra attribuibile ad un'aumentata permeabilità legata alla flogosi polmonare; è stata avanzata l'ipotesi (25) che esistano delle insenature rivestite con caveolina-1 ("caveolae") nelle membrane delle cellule epiteliali alveolari di tipo I ed endoteliali di dimensioni approssimativamente attorno a 40-60 nm, la cui apertura e chiusura segue l'alternanza fra inspirazione ed espirazione. Al passaggio transepiteliale delle NP ed all'ingresso nella circolazione sistemica possono essere attribuiti gli effetti a distanza su altri organi ed apparati, *in primis* sul sistema cardio-vascolare ed il sistema nervoso autonomo, nonché il sistema nervoso centrale.

---

### Tossicità polmonare dei nanotubi di carbonio

I nanotubi di carbonio (NTC) sono una struttura artificiale non presente in natura. A causa delle loro uniche proprietà chimico-fisiche, ottiche e magnetiche, se ne prevede un crescente impiego nella produzione di materiali ad alta resistenza e in campo biomedico. Grazie all'elevata permeabilità per le membrane biologiche, i NTC sono in grado di reagire con importanti bersagli molecolari, come il DNA e diversi residui aminoacidici delle proteine (26). Le ridotte dimensioni conferiscono ai NTC un'elevatissima area superficiale, dipendente da lunghezza, diametro e stratificazione; i NTC a singola parete hanno un'area di superficie di circa 1300 m<sup>2</sup>/g, mentre quelli a parete multipla (MWCNT) di alcune centinaia di m<sup>2</sup>/g (27). Le informazioni sulla tossicità polmonare dei NTC sono limitate, ma occorre considerare alcune proprietà: (i) i NTC sono NP e quindi condividono gli stessi meccanismi di tossicità, in particolare l'attività pro-infiammatoria, che li rende differenti da particelle di maggiori dimensioni; (ii) sono aghiformi e quindi si comportano come le fibre di asbesto; (iii) sono costituiti da grafite e quindi resistono alla frammentazione in fibre di minori dimensioni, e pertanto permangono a lungo nel parenchima polmonare ("biopersistenza") (27). Al di sotto di una soglia stimata in <15-20 µm di lunghezza, i NTC si comportano prevalentemente come NP di *carbon black*, causando stress ossidativo e flogosi polmonare acuta (27-29).

Con poche eccezioni, gli studi tossicologici finora eseguiti non hanno risolto il dilemma se prevalgano gli effetti legati alle caratteristiche nanodimensionali o quelli legati alla struttura fibrosa. Negli studi di tossicità inalatoria, a dosaggi 0,5-5 µg/ml, i NTC tendono a formare degli agglomerati difficilmente inalabili e lo stato di aggregazione sembra condizionare il tipo di risposta tissutale: gli aggregati sono responsabili della formazione di granulomi epiteliodici con cellule ipertrofiche e della flogosi alveolare ed interstiziale, mentre l'esposizione a materiale disperso determina prevalentemente lesioni di tipo fibrotico (29-31).

L'ampio spettro di manifestazioni di citotossicità, testata su linee cellulari epiteliali (polmonari, renali, cheratinociti) e linfociti T umani comprende la promozione della sintesi di fattori pro-infiammatori (NF-kB) (32) e pro-fibrotici (TNF-α) (29) ed un aumentato tasso di apoptosi, specie in presenza di rivestimento superficiale, ad es. con gruppi carbossilici (33), ma anche alterazioni metaboliche

genetiche che, senza compromettere direttamente la vitalità cellulare, alterano l'equilibrio redox o la progressione del ciclo cellulare (34).

Negli ambienti di lavoro, solo una frazione esigua dei CNT nell'aria degli ambienti di lavoro può essere inalata. Maynard *et al* (55) hanno caratterizzato l'esposizione ad aerosols di NTC a singola parete (SWCNT) nel corso della manipolazione-agitazione di materiale grezzo, non raffinato, procedura che comporta una dispersione di NTC nell'aria. Le concentrazioni erano tuttavia piuttosto basse, ovvero inferiori a 53 µg/m<sup>3</sup>; di tale concentrazione non è stato possibile definire la quota costituita da SWCNT o da impurità carboniose o da metalli usati come catalizzatori, mentre è stato possibile evidenziare una potenziale esposizione cutanea, la cui entità era compresa fra 0,2 e 6 mg per ciascuna mano.

---

### Conclusioni

Le evidenze ottenute indicano che NP e NTC esercitano sull'apparato respiratorio una tossicità superiore a quella di particelle di maggiori dimensioni della stessa sostanza a parità di massa, ma le acquisizioni circa i meccanismi d'azione pneumotossica sono in buona parte mediati dalle evidenze ottenute con particelle ultrafini aerodisperse prodotte da processi di combustione. Una volta inalate, entrambe inducono infiammazione polmonare, stress ossidativo ed effetti sistemici, ma possono superare la barriera respiratoria ed entrare in circolo, esercitando effetti tossici sull'endotelio e su altri organi e tessuti a distanza dalla sede di contatto (2, 3, 27).

Attualmente si ritiene che l'esposizione a NM per via inalatoria costituisca un evento poco probabile in campo occupazionale, pur essendo possibile nel corso della manipolazione e del trasferimento dei materiali, fasi nelle quali possono generarsi aerosols inalabili. La ricerca nel campo del potenziale rischio per la salute è solo agli inizi, anche se non mancano ampie evidenze circa gli effetti degli aerosol generati in ambito ambientale ed occupazionale, che consentono una iniziale caratterizzazione e stima del rischio. Gli studi epidemiologici e istopatologici consentono di formulare ipotesi sui possibili effetti attesi, mentre gli studi tossicologici forniscono informazioni sui meccanismi generici o specifici, sulle relazioni dose-risposta e sulle caratteristiche delle NP che ne influenzano la tossicità, quali le dimensioni, l'area superficiale, la forma, la solubilità, la presenza di gruppi funzionali. Il potenziale rischio per la salute dipende dall'entità e dalla natura dell'esposizione a NM, più facilmente controllabili in ambiente lavorativo che nell'ambiente generale. Le metodologie per il controllo degli aerosol non sono ancora ben caratterizzate per le NP, anche se le conoscenze teoriche e le limitate evidenze sperimentali suggeriscono che i convenzionali metodi di ventilazione, di controllo e di filtrazione garantiscano una certa sicurezza. Tali problematiche rimangono come elementi critici di un processo che deve portare a comprendere pienamente se l'esposizione a NM per via inalatoria rappresenti un rischio potenziale o reale per la salute dei lavoratori.

## Bibliografia

- 1) Nel A, Xia T, Madler L, Li N. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 2006; 311: 622-627.
- 2) Colvin VL. The potential environmental impact of engineered nanomaterials. *Nat Biotechnol* 2006; 21: 1166-1170.
- 3) Donaldson K, Tran L, Jimenez LA, Duffin R, Newby DE, Mills N, MacNee W, Stone V. Combustion-derived nanoparticles: a review of their toxicology following inhalation exposure. *Part Fibre Toxicol* 2005; 21: 210-224.
- 4) BIA - Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz - Report 7/2003e: BIA-Workshop: Ultrafine aerosols at workplace.
- 5) Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ Health Perspect* 2005; 113: 823-839.
- 6) IRCP. Annals of the IRCP: Human respiratory tract model for radiological protection. IRCP Publication 66, H. Smith Ed., Vol. 24, Nos. 1-3. Pergamon, 1994.
- 7) Balashazy I, Hofmann W, Heistracher T. Local particle deposition patterns may play a key role in the development of lung cancer. *J Appl Physiol*. 2003; 94(5): 1719-25.
- 8) Donaldson K, Tran C L, MacNee W. Deposition and effects of fine and ultrafine particles in the respiratory tract. *Eur Respir Monogr* 2002; 7: 77-92.
- 9) Ferin J, Oberdörster G, Penney DP. Pulmonary retention of fine and ultrafine particles in rats. *Am J Respir Cell Mol Bio* 1992; 6: 535-542.
- 10) Oberdörster G, Ferin J, Lehnert BE. Correlation between particle size, in vivo particle persistence, and lung injury. *Environ Health Perspect*. 1994; 102 (Suppl 5): 173-179.
- 11) Warheit DB, Hartsky MA. Role of alveolar macrophage chemotaxis and phagocytosis in pulmonary clearance responses to inhaled particles: comparisons among rodent species. *Microsc Res Tech* 1993; 26(5): 412-422.
- 12) Renwick LC, Brown D, Clouter A, Donaldson K. Increased inflammation and altered macrophage chemotactic responses caused by two ultrafine particle types. *Occup Environ Med* 2004; 61: 442-447.
- 13) Donaldson K, Tran CL. Inflammation caused by particles and fibers. *Inhal Toxicol* 2002; 14: 5-27.
- 14) Duffin R, Clouter A, Brown D, Tran CL, MacNee W, Stone V, Donaldson K. The importance of surface area and specific reactivity in the acute pulmonary inflammatory response to particles. *Ann Occup Hyg* 2002; 46(Suppl. 1): 242-245.
- 15) Borm PJ, Kreyling W. Toxicological hazards of inhaled nanoparticles. Potential implications for drug delivery. *J Nanosci Nanotechnol* 2004; 4: 521-531.
- 16) Leonard SS, Harris GK, Shi XL. Metal-induced oxidative stress and signal transduction. *Free Rad Biol Med* 2004; 37: 1921-1942.
- 17) Migliore L, Frenzilli G, Nesti C, Fortaner S, Sabbioni E. Cytogenetic and oxidative damage induced in human lymphocytes by platinum, rhodium and palladium compounds. *Mutagenesis* 2002; 17: 411-417.
- 18) Hussain SM, Hess KL, Gearhart JM, Geiss KT, Schlager JJ. In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells. *Toxicol in vitro* 2005; 19: 975-983.
- 19) Cheng MD. Effects of nanophase materials (< or = 20 nm) on biological responses. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2004; 39(10): 2691-2705.
- 20) Schubert D, Dargusch R, Raitano J, Chan SW. Cerium and yttrium oxide nanoparticles are neuroprotective. *Biochem Biophys Res Commun*. 2006; 342(1): 86-91.
- 21) Oberdörster G, Ferin J, Gelein R, Soderholm SC, Finkelstein J. Role of the alveolar macrophage in lung injury: studies with ultrafine particles. *Environ Health Perspect*. 1992; 97: 193-199.
- 22) Johnston CJ, Finkelstein JN, Mercer P, Corson N, Gelein R, Oberdörster G. Pulmonary effects induced by ultrafine PTFE particles. *Toxicol Appl Pharmacol* 2000; 168(3): 208-215.
- 23) Oberdörster G, Sharp Z, Atudorei V, et al. Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particle following whole-body inhalation exposure of rats. *J Toxicol Environ Health A* 2002; 65: 1531-1543.
- 24) Kreyling W, Semmler M, Erbe F, Mayer P, Schulz H, Oberdörster G, Ziesenis A. Translocation of ultrafine insoluble iridium particles from lung epithelium to extrapulmonary organs is size dependent but very low. *J Toxicol Environ Health A* 2002; 65: 1513-1530.
- 25) Rejman J, Oberle V, Zuhorn IS, Hoekstra D. Size-dependent internalization of particles via the pathways of clathrin- and caveolae-mediated endocytosis. *Biochem J* 2004; 377(Pt 1): 159-69.
- 26) Wang S, Humphreys ES, Chung SY, et al. Peptides with selective affinity for carbon nanotubes. *Nat Mater* 2003; 2: 196-200.
- 27) Donaldson K, Aitken R, Tran L, Stone V, Duffin R, Forrester G, Alexander A. Carbon Nanotubes: a review of their properties in relation to pulmonary toxicology and workplace safety. *Toxicol Sci* 2006; 92(1): 5-22.
- 28) Stone V, Shaw J, Brown D M, MacNee W, Faux S P, Donaldson K. The role of oxidative stress in the prolonged inhibitory effect of ultrafine carbon black on epithelial cell function. *Toxicol in vitro* 1988; 12: 649-659.
- 29) Muller J, Huaux F, Moreau N, Misson P, Heilier J F, Delos M, Arras M, Fonseca A, Nagy, J B, Lison D. Respiratory toxicity of multi-wall carbon nanotubes. *Toxicol Appl Pharmacol* 2005; 207: 221-231.
- 30) Warheit DB, Laurence BR, Reed KL, Roach DH, Reynolds GA, Webb TR. Comparative pulmonary toxicity assessment of single walled carbon nanotubes in rats. *Toxicol Sci* 2004; 77: 117-125.
- 31) Shvedova AA, Kisin ER, Mercer R, Murray AR, Johnson VJ, Potapovich AI, Tyurina YY, Gorelik O, Arepalli S, Schwegler-Berry D, Hubbs AF, Antonini J, Evans DE, Ku BK, Ramsey D, Maynard A, Kagan VE, Castranova V, Baron P. Unusual inflammatory and fibrogenic pulmonary responses to single-walled carbon nanotubes in mice. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2005; 289: L698-L708.
- 32) Manna SK, Sarkar S, Barr J, et al. Single-walled carbon nanotube induces oxidative stress and activates nuclear transcription factor kappa B in human keratinocytes. *Nano Lett* 2005; 5: 1676-1684.
- 33) Bottini M, Bruckner S, Nika K, Bottini N, Bellucci S, Magrini A, Bergamaschi A, Mustelin T. Multi-walled carbon nanotubes induce T lymphocyte apoptosis. *Toxicol Lett* 2006; 160: 121-126.
- 34) Magrez A, Kasas S, Salicio V, Pasquier N, Seo JW, Celio M, Catsicas S, Schwaller B, Forrò L. Cellular toxicity of carbon-based nanomaterials. *Nano Letters* 2006; 6(6), 1121-1125.
- 35) Maynard AD, Baron PA, Foley M, Shvedova AA, Kisin ER, Castranova V. Exposure to carbon nanotube material: aerosol release during the handling of unrefined single walled carbon nanotube material. *J Toxicol Environ Health* 2004; 67: 87-107.

**Richiesta estratti:** Prof. Enrico Bergamaschi - Dipartimento di Clinica Medica, Nefrologia e Scienze della Prevenzione, Università degli Studi di Parma, Via A. Gramsci, 14, 43100 Parma, Italy - Tel. 0521033096, Fax 0521033099

G. Viegi<sup>1</sup>, S. Maio<sup>1</sup>, S. Baldacci<sup>1</sup>, M. Simoni<sup>1</sup>, F. Pistelli<sup>2</sup>, L. Carrozzi<sup>2</sup>

## Epidemiologia della Broncopneumopatia Cronico-Ostruttiva: fattori di rischio ambientali ed occupazionali

<sup>1</sup> Unità di Epidemiologia Ambientale Polmonare, Istituto di Fisiologia Clinica, CNR, Pisa

<sup>2</sup> Dipartimento Cardio-toracico, Azienda Ospedaliera Universitaria, Pisa

**RIASSUNTO.** La Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva (BPCO) costituisce un'importante causa di morbidità e mortalità nei paesi industrializzati ed in via di sviluppo. Secondo stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), nel 2020, la BPCO diverrà la terza causa di morte nel mondo.

Ad oggi, sono stati studiati numerosi fattori di rischio predisponenti allo sviluppo della BPCO. Questi possono agire singolarmente od interagire tra loro in maniera sinergica. Il fumo di tabacco e l'età avanzata sono i maggiori determinanti implicati nello sviluppo ed esacerbazione della BPCO, ma sono di grande importanza anche i fattori ambientali, come l'inquinamento atmosferico e l'esposizione occupazionale. Raccomandazioni per la prevenzione della BPCO sono quindi, oltre alla promozione della cessazione dell'abitudine al fumo, il controllo dell'esposizione professionale e l'abbattimento dell'inquinamento atmosferico. Alla luce del trend storico di esposizione ai fattori di rischio, ulteriori ricerche epidemiologiche sono necessarie per una più approfondita conoscenza della storia naturale della BPCO.

**Parole chiave:** BPCO, esposizione ambientale, esposizione occupazionale.

**ABSTRACT. EPIDEMIOLOGY OF THE CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE: ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL RISK FACTORS.** Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a very important cause of morbidity and mortality in industrialized and developing countries. According to the World Health Organization (WHO), in 2020 COPD will become the third leading cause of death all over the world.

To date, several risk factors for developing COPD have been studied. They can act either singly or interacting among themselves in a synergistic way. Smoking habits and aging are the most important factor for development and exacerbation of COPD, but environmental conditions, such as air pollution and work exposure, can be relevant factors.

Recommendations for the prevention of COPD, beside the promotion of smoking cessation, may be air pollution abatement and control of professional exposure. In view of historical trend of risk factors exposure, further epidemiological studies are necessary for a better knowledge of COPD natural history.

**Key words:** BPCO, environmental exposure, occupational exposure.

### Introduzione

La BPCO è stata recentemente descritta nell'ambito dell'iniziativa della OMS, Global Obstructive Lung Disease (1), e nelle linee guida sulla BPCO dell'ATS (American Thoracic Society)/ERS (European Respiratory Society) (2) come una malattia "caratterizzata da una limitazione delle vie aeree non del tutto reversibile". In molti casi tale limitazione è progressiva ed associata ad un'anormale risposta infiammatoria polmonare a particolato e gas nocivi (3).

La BPCO è una delle più importanti cause di malattia e mortalità nei paesi industrializzati ed in via di sviluppo. Secondo quanto riportato dalla OMS, la BPCO, che nel 1990 è stata stimata essere la 12-esima causa di invalidità e la 6a causa di mortalità, nel 2020 diverrà la 5a causa di invalidità e la 3a causa di mortalità, nel mondo (4). I principali fattori responsabili di questo incremento sono il fumo di sigaretta e l'invecchiamento.

Studi recenti hanno stimato come la frequenza di BPCO nella popolazione generale incrementi con l'età, raggiungendo tassi di prevalenza maggiori del 10% fra le persone con età maggiore di 40 anni (5). Lopez e colleghi hanno mostrato che nel 2000 vi sono stati circa 2.7 milioni di morti causati dalla BPCO, nel mondo (6). In particolare in Europa, ogni anno, vi sono 200.000-300.000 morti per BPCO e circa il 4-6% degli adulti europei soffre di BPCO clinicamente rilevante (7). Nel 2000, i costi diretti ed indiretti di questa patologia sono stati stimati ammontare a circa 38.7 miliardi di Euro, su un totale di 102 miliardi di Euro per tutte le malattie respiratorie (7).

### Fattori di rischio

I fattori di rischio favorevoli allo sviluppo della BPCO sono da tempo oggetto di studi approfonditi. Tradizionalmente, essi sono suddivisi in fattori di rischio esogeni (fumo di tabacco, esposizione ambientale, esposizione professionale...) e fattori di rischio endogeni (sesso, età, fattori genetici...). Tali fattori, separatamente o in modo sinergico, determinano il grado di suscettibilità del soggetto allo sviluppo della malattia.

## Esposizione ambientale

L'inquinamento atmosferico rappresenta un importante fattore di rischio per la BPCO e per altri sintomi/malattie respiratori. Nel 2000 l'ATS ha stilato un rapporto in cui sono stati elencati gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute, dal più grave al meno grave: mortalità, incremento della prevalenza ed incidenza di sintomi/malattie respiratori, riduzione della funzione polmonare, irritazione oculare, fino ad arrivare alla semplice presenza di cattivi odori (8).

Gli inquinanti atmosferici più comunemente associati ad effetti sulla salute respiratoria sono: il "black smoke" (particolato prodotto da combustibili fossili), il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ), gli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) (prodotti dal traffico veicolare e dai processi di combustione), e l'ozono ( $\text{O}_3$ ) (originato da reazioni fotochimiche correlate al traffico urbano). Negli ultimi anni è aumentato l'interesse della comunità scientifica per gli effetti dovuti al particolato respirabile, fine ed ultrafine (particolato sospeso con diametro aerodinamico  $<10\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ),  $<2.5\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) e  $<1\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_1$ ) rispettivamente), in relazione alla mortalità per cause cardio-polmonari. Indagini epidemiologiche hanno mostrato che il particolato sospeso e gli  $\text{NO}_x$  sono associati al rischio di mortalità ed ai ricoveri per BPCO (9).

In particolare, un follow-up di 16 anni, condotto in aree metropolitane americane su 500.000 persone, ha mostrato che per ogni incremento di  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{PM}_{2.5}$  si ha un incremento di circa il 6%, 9%, e 14% del rischio di mortalità per tutte le cause, per le malattie cardio-polmonari e per il tumore al polmone, rispettivamente (10).

Una conferma europea dell'associazione fra esposizione a lungo termine all'inquinamento atmosferico e la mortalità per cause cardio-polmonari proviene da uno studio condotto in Olanda su una coorte di 4.492 soggetti. Hoek e colleghi hanno mostrato che la mortalità per cause cardio-polmonari è associata al vivere vicino a strade trafficate (rischio relativo 1.95, intervallo di confidenza al 95% (IC 95%) 1.09-3.52) (11).

Schikowski e colleghi hanno valutato l'associazione fra esposizione a lungo termine all'inquinamento da traffico veicolare, la funzionalità polmonare e la presenza di BPCO. Il rischio di tale patologia, per ogni incremento di  $7\mu\text{g}/\text{m}^3$  (range inter-quartile) della concentrazione di  $\text{PM}_{10}$ , rispetto al valore medio quinquennale, è misurato da un OR di 1.33 (IC 95% 1.03-1.72) e, per ogni incremento di  $16\mu\text{g}/\text{m}^3$  (range inter-quartile) della concentrazione di  $\text{NO}_2$ , rispetto al valore medio quinquennale, da un OR di 1.43 (IC 95% 1.23-1.66). Inoltre, le donne che vivono a meno di 100 metri da strade trafficate hanno un decremento della funzionalità polmonare significativamente superiore alle donne residenti lontano dalle strade (OR 1.79, IC 95% 1.06-3.02) (12).

Indagini epidemiologiche hanno mostrato che l'esposizione ad inquinamento atmosferico può causare anche effetti a breve termine, quali l'incremento dei ricoveri ospedalieri e l'incremento del numero giornaliero di morti. Gryparis e colleghi hanno investigato gli effetti a breve termine della concentrazione di ozono sulla mortalità in Europa (Air Pollution and Health, a European Approach - APHEA 2). I risultati hanno mostrato che, durante la sta-

gione calda, un incremento della concentrazione di ozono di  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispetto al valore medio (8 ore), è associato ad un incremento dello 0.31% (IC 95%, 0.17-0.52) del numero di morti totali giornalieri, dello 0.46% (IC 95%, 0.22-0.73) del numero di morti per cause cardiovascolari e dell'1.13% (IC 95%, 0.74-1.51) del numero di morti per cause respiratorie (13).

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sono stati investigati anche sui bambini. Dai risultati dello studio SI-DRIA (Studi Italiani sui Disturbi Respiratori e l'Ambiente) è emerso che più del 54% del campione di bambini riporta la presenza di un'elevata o moderata intensità di traffico nella zona di residenza. L'elevata frequenza del passaggio di camion, nella strada di residenza, è associata in modo significativo all'incremento del rischio di sviluppare tosse cronica ed espettorato (OR 1.85, IC 95% 1.43-2.39, per traffico continuo) (14).

## Esposizione professionale

Nel 2003 l'ATS ha pubblicato un documento sugli effetti dell'esposizione professionale nella patogenesi delle malattie ostruttive delle vie aeree e sulla quantificazione del contributo di tale esposizione al carico delle malattie nella popolazione generale. Dal documento è emerso che, nella popolazione generale, circa il 15% della BPCO e circa il 18% dell'accelerato declino della funzione polmonare sono causati dall'esposizione ad agenti inquinanti di tipo professionale (15).

Successivamente, Driscoll e colleghi hanno stimato che nel mondo vi sono state 386.000 morti (38.000 per asma; 318.000 per BPCO) e 6.6 milioni di DALYs (giorni di vita persi per invalidità) (1.621.000 per asma; 3.733.000 per BPCO) dovuti all'esposizione professionale, nel 2000 (16).

Più recentemente, è stato stimato che il 13% della BPCO sia dovuta all'esposizione professionale cronica a polveri, fumi e gas (17). La popolazione particolarmente a rischio di presentare BPCO sembra concentrarsi tradizionalmente nei settori edile e metallurgico (18).

Un recente studio epidemiologico ha evidenziato, in soggetti esposti a polveri, un accelerato declino della funzione polmonare associato ad un incremento della prevalenza di sintomi/malattie respiratori cronici, oltre alla presenza di un aumento della mortalità per patologie cardiovascolari e respiratorie non neoplastiche (19).

Un'analisi longitudinale dello studio ECRHS (European Community Respiratory Health Survey) ha indagato gli effetti dell'esposizione professionale sulla salute respiratoria in un campione di popolazione generale (n. 13.253; range di età 20-44 anni) di 14 paesi industrializzati. Dallo studio è emersa un'associazione fra bronchite cronica ed esposizione a polveri, fumi, gas, o vapori in tutte le categorie di fumatori (rapporti di prevalenza: 1.4, IC 95% 1.0-2.0 nei non fumatori; 1.7, IC 95% 1.1-2.8 negli ex-fumatori; 1.6, IC 95% 1.3-2.0 nei fumatori). È emerso inoltre che i rischi più elevati si hanno per i lavoratori del settore agricolo, tessile, chimico, della carta, del legno e dei processi alimentari (20).

Un recente studio americano ha mostrato una forte associazione fra BPCO ed esposizione a polveri e fumi inor-

ganici (OR 1.6, IC 95% 1.1-2.3), prodotti di combustione (OR 1.4, IC 95% 1.01-1.9) e polveri organiche (OR 1.3, IC 95% 0.9-1.8) (21). Un'ulteriore conferma dell'associazione fra esposizione a polveri organiche e presenza di BPCO proviene dallo studio di Matheson e colleghi. I soggetti con esposizione cronica a polveri biologiche avevano un maggior rischio di bronchite cronica ostruttiva (OR 3.19, IC 95% 1.27-7.97), enfisema (OR 3.18, IC 95% 1.41-7.13) e BPCO (OR 2.70, IC 95% 1.39-5.23). Tale rischio era maggiore nelle donne rispetto agli uomini (22).

## Conclusioni

In conclusione, studi epidemiologici hanno caratterizzato la BPCO a livello di popolazione, indicando le possibili cause e valutando il loro impatto sull'individuo e l'intera società. L'invecchiamento della popolazione e il fumo di sigaretta sono le principali cause dell'incremento della prevalenza di BPCO osservato nei paesi industrializzati, ma sono di grande importanza anche l'esposizione lavorativa ad agenti nocivi e l'inquinamento atmosferico.

Raccomandazioni per la prevenzione della BPCO, oltre alla promozione della cessazione al fumo, possono essere le seguenti: abbattimento dell'inquinamento atmosferico e controllo dell'esposizione occupazionale; sviluppo di programmi per l'identificazione precoce della BPCO per i fumatori ed i soggetti a rischio occupazionale; svolgimento di ulteriori studi epidemiologici che permettano di comprendere meglio il meccanismo biologico ed i fattori di rischio coinvolti nella patogenesi della malattia.

Dati i risultati sopra riportati, è importante anche che venga rafforzata la comunicazione tra comunità scientifica ed istituzioni preposte alla tutela sanitaria ed ambientale in merito a queste tematiche, affinché siano intraprese strategie efficaci di natura preventiva.

## Bibliografia

- 1) Pauwels RA, Buist AS, Calverley PM, Jenkins CR, Hurd SS, GOLD Scientific Committee. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. NHLBI/WHO Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Workshop summary. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 1256-1276.
- 2) Celli BR, MacNee W, and Committee members. Standard for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J* 2004; 23: 932-946.
- 3) Barnes PJ, Kleinert S. COPD-a neglected disease. *Lancet* 2004; 364: 564-565.
- 4) Murray CJL, Lopez AD. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020. *Lancet* 1997; 349: 1498-1504.
- 5) Chapman KR, Mannino DM, Soriano JB, Vermeire PA, Buist AS, Thun MJ, Connell C, Jemal A, Lee TA, Miravittles M, Aldington S, Beasley R. Epidemiology and costs of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2006; 27: 188-207.
- 6) Lopez AD, Shibuya K, Rao C, Mathers CD, Hansell AL, Held LS, Schmid V, Buist S. Chronic obstructive pulmonary disease: current burden and future projections. *Eur Respir J* 2006; 27: 397-412.
- 7) European respiratory Society (ERS). Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In "European lung white book - The first comprehensive survey on respiratory health in Europe". Huddersfield, Loddenkemper R, Gibson GJ, Sibille Y eds. ERSJ 2003.
- 8) American Thoracic Society. What Constitutes an Adverse Health Effect of Air Pollution? *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 665-673.
- 9) Viegi G, Baldacci S. Epidemiological studies of chronic respiratory conditions in relation to urban air pollution in adults. In: The impact of air pollution on respiratory health. D'Amato G, Holgate ST eds. *Eur Respir Mon* 2002; 7: 1-16.
- 10) Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132-41.
- 11) Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, Van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 2002; 360: 1203-9.
- 12) Schikowski T, Sugiri D, Ranft U, Gehring U, Heinrich J, Wichmann HE, Kramer U. Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respir Res* 2005; 6: 152-178.
- 13) Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, Samoli E, Medina S, Anderson HR, Niciu EM, Wichmann HE, Kriz B, Kosnik M, Skorkovsky J, Vonk JM, Dortbudak Z. Acute Effects of Ozone on Mortality from the "Air Pollution and Health: A European Approach" Project. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 170: 1080-1087.
- 14) Berti G, Migliore E, Cadum E, Berti G, Migliore E, Cadum E, Ciccone G, Bugiani M, Galassi C, Biggeri A, Viegi G; Gruppo Collaborativo SIDRIA-2. Outdoor risk factors and adverse effects on respiratory health in childhood. *Epidemiol Prev* 2005; 29: 62-66.
- 15) Balmes J, Becklake M, Blanc P, Henneberger P, Kreiss K, Mapp C, Milton D, Schwartz D, Toren K, Viegi G. American Thoracic Society Statement: Occupational Contribution to the Burden of Airway Disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 787-797.
- 16) Driscoll T, Nelson DI, Steenland K, Leigh J, Concha-Barrientos M, Fingerhut M, Pruss-Ustun A. The global burden of non-malignant respiratory disease due to occupational airborne exposures. *Am J Ind Med* 2005; 48: 432-45.
- 17) Fingerhut M, Nelson DI, Driscoll T, Concha-Barrientos M, Steenland K, Punnett L, Prüss-Üstün A, Leigh J, Corvalan C, Eijkemans G, Takala J. The contribution of occupational risks to the global burden of disease: summary and next steps. *Med Lav* 2006; 97: 313-321.
- 18) Hnizdo E, Sullivan PA, Bang KM, Wagner G. Association between chronic obstructive pulmonary disease and employment by industry and occupation in the US population: a study of data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol* 2002; 156: 738-46.
- 19) Beeckman LA, Wang ML, Petsonk EL, Wagner GR. Rapid declines in FEV<sub>1</sub> and subsequent respiratory symptoms, illnesses, and mortality in coal miners in the United States. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 633-9.
- 20) Zock JP, Sunyer J, Kogevinas M, Kromhout H, Burney P, Anto JM. Occupation, chronic bronchitis, and lung function in young adults. An international study. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 1572-7.
- 21) Trupin L, Earnest G, San Pedro M, Balmes JR, Eisner MD, Yelin E, Katz PP, Blanc PD. The occupational burden of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2003; 22: 462-9.
- 22) Matheson MC, Benke G, Raven J, Sim MR, Kromhout H, Vermeulen R, Johns DP, Walters EH, Abramson MJ. Biological dust exposure in the workplace is a risk factor for chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2005; 60: 645-51.

P.G. Piolatto, E. Pira, M.G. Putzu, M. Massiccio, C. Romano

## Patologia da asbesto e ruolo delle microfibre

Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Torino

**RIASSUNTO.** In un recente studio (2005) sul contenuto nel tessuto polmonare e mesoteliomatoso di fibre d'asbesto l'autore, considerata la predominanza di fibre corte e sottili (lunghezza inferiore a 5  $\mu\text{m}$  e diametro inferiore a 0.25  $\mu\text{m}$ ), concludeva che "queste fibre sembrano contribuire all'insorgenza del mesotelioma nell'uomo". In un altro studio dello stesso anno, l'autore affermava che solo le fibre dell'ordine di pochi  $\mu\text{m}$  di lunghezza e di circa 0.2  $\mu\text{m}$  di diametro sono in grado di indurre mesoteliomi. Queste conclusioni scientifiche comportano alcune importanti implicazioni pratiche. L'imponente mole di dati sull'asbesto degli ultimi decenni è basata sulla definizione di fibra quale particella allungata con rapporto lunghezza/diametro di almeno 3:1, diametro  $\leq 3 \mu\text{m}$  e lunghezza  $\geq 5 \mu\text{m}$ . Questi parametri sono stati usati finora per definire valori limite occupazionali ed in alcuni casi non-professionali (V.D.M., 1994). In quale modo possono essere definiti valori "di riferimento" se vengono considerate fibre di qualsiasi lunghezza o solo le fibre più corte di 5  $\mu\text{m}$ ? Non crediamo sia oggi possibile una risposta al problema. In secondo luogo, se si riconosce a tali fibre un ruolo prevalente specie nel caso del mesotelioma, quale stima attendibile della pregressa esposizione può essere fornita in campo medico-legale, dal momento che non sono mai state conteggiate? Inoltre, quale profilo di colpa può essere attribuito non essendo state tali fibre considerate patogeniche e quindi non determinate, e non essendo disponibili fino alla metà degli anni '80 adeguati sistemi di filtrazione?

**Parole chiave:** asbesto, fibre corte e fini, mesotelioma, implicazioni.

**ABSTRACT.** Based on the predominant content of thin and short asbestos fibres in lung and mesothelioma tissues, it was recently stated (2005) that such fibres "appear to contribute to the causation of human malignant mesothelioma". In another study of the same year it was stated that fibres in the order of few  $\mu\text{m}$  length and 0.2  $\mu\text{m}$  diameter are the sole able to induce mesothelioma. This scientific conclusions entail some implications from practical point of view. The enormous amount of information gained on asbestos in the last decades is based on the definition of a fibre as an elongated particle with an aspect-ratio of at least 3:1, a diameter  $\leq 3 \mu\text{m}$  and a length  $\geq 5 \mu\text{m}$ . These parameters were used up today to define occupational and in some case non-occupational limits. In which way can "reference" values be established if all lengths or only fibres shorter than 5  $\mu\text{m}$  are considered? Nowadays we have no answer. Secondly, assuming a prevalent role of such fibres especially in mesothelioma cases, how can reliable estimates of past exposure obtained in a medico-legal context, since they have never been counted? Moreover, how might be the employer responsibility assessed since short fibres were not measured by definition pathogenic, and this not measured, nor were there appropriate filtering systems up to the middle of the '80?

**Key words:** asbestos, thin and short fibres, mesothelioma, implications.

### Evidenza scientifica

Nella comunità scientifica si è recentemente sviluppato un dibattito (1, 2, 3) sulla possibilità che il mesotelioma pleurico sia associato in modo prevalente, o addirittura esclusivo secondo alcuni Autori, alla inalazione di fibre di amianto con particolari caratteristiche dimensionali, vale a dire con lunghezza inferiore a 5  $\mu\text{m}$  e diametro ultrafine, dell'ordine delle frazioni di  $\mu\text{m}$ . In particolare, nel 2005, Suzuki (4) in uno studio su campioni di tessuto polmonare e mesoteliale condotto mediante microscopia elettronica ad alta risoluzione riportava una percentuale sul totale prossima al 90% di fibre d'asbesto di lunghezza inferiore a 5  $\mu\text{m}$  e diametro inferiore a 0,25  $\mu\text{m}$ . Vista la predominanza di tale frazione sul totale delle fibre reperite, Suzuki concludeva che non è prudente mantenere una posizione che assuma che le fibre corte e fini comportino solo un modesto rischio di mesotelioma. Questo studio rappresenta in effetti una revisione di una precedente indagine dello stesso autore (5), del tutto analoga, che era stata oggetto di argomentazioni critiche sul piano metodologico, superate dai dati presentati della seconda indagine (2005).

Sempre nel 2005, Chiappino (6) postulava una spiegazione della patogenicità delle fibre cosiddette ultracorte e ultrafini (lunghezza pochi  $\mu\text{m}$ , diametro dell'ordine di 0,2  $\mu\text{m}$ ), basandosi su due osservazioni:

1. Solo la quota ultrafine di tutte le fibre ritenute è in grado di superare la barriera polmone-pleura e raggiungere la pleura parietale (ove origina il mesotelioma).
2. La distribuzione sulla pleura non è casuale poiché queste fibre si concentrano in punti focali della pleura parietale (black spots) corrispondenti agli stomi di riassorbimento linfatico e che pertanto in tali punti la concentrazione di fibre è tutt'altro che bassa.

Da notare che sia le osservazioni di Suzuki (4) che di Chiappino (6) non sono in contrasto con l'ipotesi di Stanton (7) per quanto riguarda il diametro, ma lo sono per la lunghezza per la quale Stanton postulava il massimo potere patogeno per le fibre di lunghezza superiore a 8  $\mu\text{m}$ , pur non escludendo quello delle fibre più corte (come riportato da Suzuki nel 2005 (4) nei riguardi delle conclusioni sperimentali di Stanton).

Peraltro, sia la constatazione che le fibre corte rappresentano la quota predominante delle fibre totali ritenute nel

polmone (8, 9), sia l'esistenza di dati che suggeriscono che sia le fibre lunghe ( $>5 \mu\text{m}$ ) che le corte ( $<5 \mu\text{m}$ ) siano biologicamente attive (10) non costituiscono una novità.

Per quanto riguarda il primo punto si può desumere che la citata predominanza sia l'espressione di un prevalente contenuto di fibre corte (e non conteggiate secondo l'attuale standard) nell'aerodisperso in diverse condizioni specie ambientali ma anche occupazionali. Concentrazioni di fibre di lunghezza superiore a  $5 \mu\text{m}$  rappresentano circa il 5% o meno di campioni esaminati da Chatfield nel 1983 (11), e da Corn nel 1994(12).

In campioni standard di riferimento UICC, Langer (13) ha riscontrato un contenuto pari al 98% di fibre di crocidolite di lunghezza inferiore a  $5 \mu\text{m}$ .

L'ipotesi che le fibre  $<5 \mu\text{m}$  non rappresentino un fattore patogeno è basato sul presupposto che il macrofago alveolare sia in grado di inglobare e quindi rimuovere agevolmente tramite il meccanismo della clearance lenta le fibre corte.

Questo assunto non è assoluto. Lo stesso Langer afferma (10) che le fibre  $<5 \mu\text{m}$  "possono essere" e non che "sono" completamente fagocitate. Pertanto una quota verosimilmente dipendente dal carico alveolare di fibre corte può seguire il destino verso l'interstizio delle fibre più lunghe.

Alla luce di queste osservazioni, sia che si tratti di "contributo" che si tratti di "unicità" dell'effetto delle fibre corte nell'induzione del mesotelioma, è difficile escludere che le fibre corte ( $<5 \mu\text{m}$ ) e quindi per definizione fini o ultrafini, se si applica per l'asbesto la reale aspect-ratio (A.R. = rapporto lunghezza/diametro) che non è 3:1 ma almeno 20:1 (14), possiedono azione neoplastica per la pleura (i diametri sarebbero infatti  $<0,25 \mu\text{m}$ ).

Per inciso, Langer riporta nel 1979 (10) che già nel 1969 Suzuki e Churg (15) suggeriscono una possibile fagocitosi di fibre corte da parte delle cellule epiteliali dall'albero bronchiale con possibilità di sviluppo del carcinoma bronchiale.

### Implicazioni pratiche

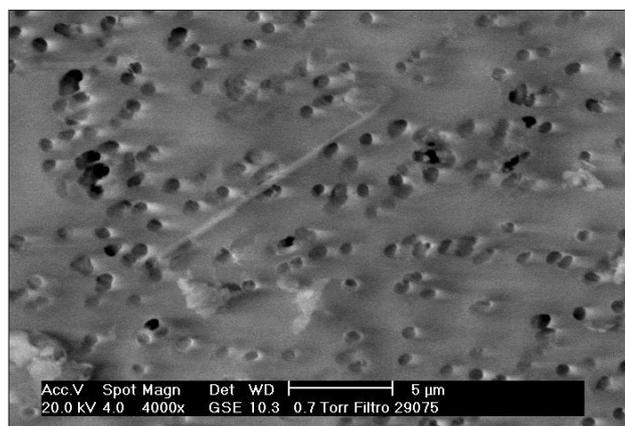
Data per accettabile l'evidenza scientifica del ruolo delle cosiddette "microfibre" vi è almeno un punto interrogativo, che nasce dal chiedersi qual è la reale utilità di queste recenti deduzioni.

Vi sono due aspetti da prendere in considerazione, quello preventivo e quello medico-legale.

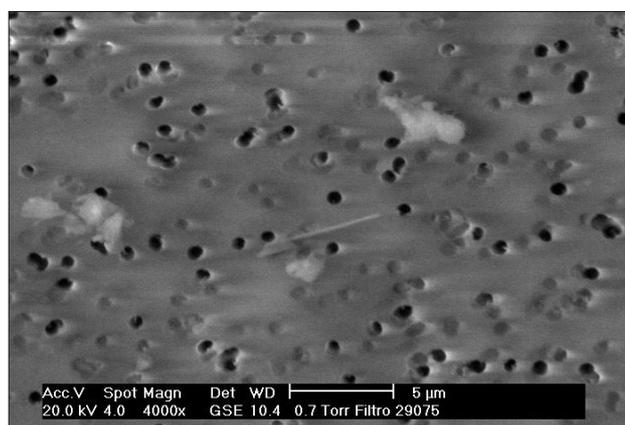
In campo preventivo il richiamo di Chiappino (6) circa l'inadeguatezza dei sistemi di captazione e filtrazione a trattenere fibre dalle dimensioni citate in ambienti di lavoro fino alla metà degli anni '80 è superato dall'abolizione, almeno in Italia nel 1992, dell'uso industriale dell'asbesto.

Ma il punto cruciale risiede nella definizione stessa di fibra.

È opportuno ricordare che valori limite, valori accettabili, livelli d'azione e quant'altro, nonché la verifica del loro rispetto in microscopia ottica ed elettronica, sono basati sulla datata definizione di fibra quale particella allungata con A.R. di almeno 3:1, lunghezza  $\geq 5 \mu\text{m}$  e diametro  $\leq$



**Figura 1. Esempio di fibra con caratteristiche asbestiformi di lunghezza  $>5 \mu\text{m}$  (lunghezza  $13 \mu\text{m}$ ; diametro  $0.3 \mu\text{m}$ )**



**Figura 2. Esempio di fibra con caratteristiche asbestiformi di lunghezza  $<5 \mu\text{m}$  (lunghezza  $4.2 \mu\text{m}$ ; diametro  $0.19 \mu\text{m}$ )**

$3 \mu\text{m}$ . Tali valori sono tuttora adottati in campo igienistico industriale laddove l'uso dell'asbesto sia ancora autorizzato (in Italia solo per i lavori di bonifica).

Ma tali parametri sono anche quelli utilizzati da vari autorevoli enti, seppure in modo inattendibile (16) per definire per estrapolazione una stima del rischio neoplastico alle cosiddette "basse o bassissime dosi", vale a dire per la popolazione generale non professionalmente esposta. Inoltre in ambito nazionale sempre su tali basi è definito il valore di  $2 \text{ ff}^* \text{ l}^{-1}$  per la restituibilità dei locali bonificati dall'asbesto.

Non vi è dubbio che per la determinazione di fibre nell'ambiente generale debbano essere utilizzati metodi di microscopia elettronica.

Ma i "nuovi" conteggi, che comporterebbero l'inclusione delle "microfibre", in che termini si porrebbero nei confronti degli attuali valori limite, di riferimento, accettabili o raccomandati, che al momento non le comprendono?

Una modifica della definizione di fibra d'asbesto (si ricorda che il passaggio da una A.R. di 3:1 ad almeno 10:1 è già stato auspicato, se elimina il parametro lunghezza, o lo limita alle fibre di lunghezza  $<5 \mu\text{m}$  comporta la necessità di rivedere i citati valori. Se il rapporto tra fibre di lunghezza  $<5 \mu\text{m}$  e  $>5 \mu\text{m}$  è dell'ordine di 50-100 volte, ciò comporta un adeguamento di un valore di "riferimento" in

senso lato di paragonabile entità. Quindi il punto interrogativo è: quale confrontabilità sarebbe garantita con l'imponente mole di dati del passato? Quali sarebbero i presupposti scientifici in termini numerici per un adeguamento alla "nuova" evidenza scientifica?

Si riportano, a titolo di esempio due immagini in Microscopia Elettronica a Scansione di un singolo filtro, esaminato presso il nostro laboratorio, in cui sono identificabili fibre con caratteristiche asbestiformi sia di lunghezza  $>5 \mu\text{m}$  (figura1) sia di lunghezza  $<5 \mu\text{m}$  (figura2). In questo caso il conteggio delle fibre sul totale del filtro (1000 campi esaminati) è stato ovviamente eseguito, secondo i parametri convenzionali, prendendo in considerazione solo le fibre di lunghezza  $>5 \mu\text{m}$ , con un risultato pari a circa  $1 \text{ ff} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $1.1 \text{ ff} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Prendendo in considerazione anche le fibre di lunghezza  $<5 \mu\text{m}$  il conteggio risultante sarebbe risultato all'incirca doppio ( $2.2 \text{ ff} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

Il secondo aspetto riguarda il campo medico-legale in quanto, se si assegna un ruolo etiologico prevalente, in particolare nella genesi del mesotelioma, alle fibre ultrafini e di lunghezza inferiore a  $5 \mu\text{m}$ , è necessario rispondere a quesiti che riguardano sia la possibilità tecnica di produrre stime attendibili di esposizione (dal momento che, per definizione, fibre di tali dimensioni non sono prese in considerazione nei conteggi) sia la possibilità tecnica di procedere ad efficaci misure di contenimento dell'esposizione mediante i dispositivi di prevenzione ambientale e personale, progettati per l'abbattimento delle fibre con le diverse e "classiche" caratteristiche dimensionali. Ciò vale soprattutto per le esposizioni professionali occorse sino agli anni '80. A quell'epoca, indipendentemente dal fatto che queste fibre non fossero oggetto di conteggio (in quanto non considerate dagli standard di riferimento), non erano correntemente disponibili le tecniche di microscopia elettronica in grado di identificarle, tenuto conto, inoltre, che la Microscopia Ottica in Contrasto di Fase (MOCF) ha un potere di risoluzione fino a  $0.25\text{-}0.3 \mu\text{m}$  di diametro. Inoltre, i sistemi di abbattimento delle fibre, basati generalmente su cicloni e filtri a manica in materiali diversi utilizzati nel tempo (juta, tela in cotone, tessuto / non tessuto), non potevano garantire l'abbattimento di fibre con tali caratteristiche dimensionali e resta da discutere se un potenziamento dei flussi di captazione non potesse determinare addirittura una maggiore concentrazione di aerodisperso ultrafine, a causa della sua particolare leggerezza. Gli unici filtri in grado di ottenere una efficace captazione di fibre con queste caratteristiche dimensionali (filtri HEPA), ancorché realizzati e utilizzati in ambito militare nel corso del secondo conflitto mondiale, sono entrati nel comune uso impiantistico civile solo nella seconda metà degli anni '80.

Analoghe considerazioni valgono per le maschere filtranti utilizzate come dispositivi di protezione individuale.

Da quanto sopra esposto consegue che, nell'ipotesi di un ruolo eziologico esclusivo, o almeno prevalente, delle "microfibre" risulta problematico identificare precisi profili di colpa per ciò che attiene al controllo di un agente che non veniva considerato come patogeno e, pertanto, da un lato non veniva misurato, dall'altro non determinava l'adozione di particolari misure preventive idonee a contenerlo.

---

## Bibliografia

- 1) Mollo F. Dimensioni delle Fibre d'asbesto e mesotelioma Med Lav 2005; 96: 262 (lettera in redazione).
- 2) Carnevale F. a proposito di amianto e mesotelioma. Med Lav 2005; 96: 263-264 (lettera in redazione).
- 3) Chiappino G. Replica. Med Lav 2005; 96: 264-265 (lettera in redazione).
- 4) Suzuki Y, Yuen SR, Ashley R. Short, thin fibers contribute to the development of human malignant mesothelioma: pathological evidence. Int J Hyg Environ Health 2005; 208: 201-210.
- 5) Suzuki Y, Yuen SR. Asbestos tissue burden study on human malignant mesothelioma. Ind Health. 2001; 39: 150-166.
- 6) Chiappino G. Mesotelioma: il ruolo delle fibre ultrafini e conseguenti riflessi in campo preventivo e medico-legale. Med Lav 2005; 96: 3-23.
- 7) Stanton MF, Layard M, Tegeris A, Miller E, May M, Morgan E, Smith A. Relation of particles dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and fibrous minerals. JNCI 1981; 67: 965-975.
- 8) Langer AM, Selikoff IJ, Sastre A. Chrysotile asbestos in the lungs of persons in New York City. Arch Environ Health 1971; 22: 348-361.
- 9) Pooley FD. Electron microscope characteristics of inhaled chrysotile asbestos fiber. Brit J Indust Med 1972; 29: 146-153.
- 10) Langer AM, Rohl AN, Wolff MS, Selikoff IJ. Asbestos, fibrous minerals and acicular cleavage fragments: nomenclature and biological properties. Dust and Disease. Lemen R, Dement JM (eds). Pathotox Publishers Inc. 1979: 1-22.
- 11) Chatfield EJ. Short mineral fibres in airborne dust. Short and thin mineral fibers. Proceedings of a Symposium. Chatfield EJ, Elmes PC, Muhle H, Pott E, Pooley FD (eds). National Board of Occupational Safety and Health. Sweden. 1983: 9-95.
- 12) Corn M. Airborne concentrations of asbestos in non occupational environments. Ann Occup Hyg 1994; 38: 495-502.
- 13) Langer AM, Mackler AD, Pooley FD. Electron microscopical investigation of asbestos fibres. Environ Health Persp. 1974; 9: 63-80.
- 14) Campbell WJ, Steel EB, Virta RL, Eisner MH. Characterization of cleavage fragments and asbestiform amphibole particulates. Dust and Disease. Lemen R, Dement JM(eds). Pathotox Publishers Inc. 1979: 275-285.
- 15) Suzuki Y, Churg J. Structure and the development of the asbestos body. Am J Pathol 1969; 55: 79-107.
- 16) Piolatto G. Valori di riferimento e valori limite per l'amianto. I valori di riferimento ed i valori limite nella prevenzione ambientale ed occupazionale. Aprea C, Sciarra G, Fiorentino ML, Minoia C. (eds) Morgan. Ed Tecniche Milano. 1996: 153-161.

**Richiesta estratti:** Prof Canzio Romano - Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro - Ospedale CTO, Via Zuretti, 29 - 10126 Torino, Italy - Tel. 011/66.36.735, E-mail: canzio.romano@unito.it

G. Muzi, N. Murgia, G. Abbritti, C. Tinozzi, M. dell'Omo

## Ambienti di Lavoro Indoor e Malattie dell'Apparato Respiratorio

Sezione di Medicina del Lavoro e Tossicologia, Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale, Università degli Studi di Perugia

**RIASSUNTO.** I nuovi ambienti di lavoro confinati non industriali, per le loro caratteristiche costruttive e l'ampia diffusione di materiali sintetici e di ventilazione artificiale, possono presentare rischi per la salute ed il benessere degli occupanti. L'inquinamento dell'aria interna da agenti chimici, biologici e, talvolta, fisici costituisce un rischio significativo, in particolare per l'apparato respiratorio. Gli effetti più comuni conseguenti all'esposizione e all'inalazione di inquinanti dell'aria interna comprendono flogosi acute o croniche, aumento dell'incidenza e della prevalenza e peggioramento acuto di sintomi respiratori o di affezioni respiratorie pre-esistenti, sensibilizzazione ad allergeni. Le affezioni delle vie aeree superiori sono molto frequenti e possono avere eziologia allergica o irritativa. L'asma bronchiale e le polmoniti da ipersensibilità sono più raramente descritte, ma possono assumere aspetti di notevole gravità e diffusione. Le infezioni dell'apparato respiratorio sono causate da microrganismi di derivazione umana, come la tubercolosi e le malattie virali o provenienti dagli impianti idraulici degli edifici, come la polmonite da *Legionella pneumophila*.

**Parole chiave:** aria indoor, lavoro d'ufficio, malattie dell'apparato respiratorio.

**ABSTRACT.** *RESPIRATORY DISEASES IN CONFINED NON-INDUSTRIAL WORKING ENVIRONMENTS. Modern, non-industrial workplaces may, because of building techniques, widespread use of synthetic materials and artificial ventilation, create risks for the health and well-being of workers. Indoor air pollution by chemical, biological and sometimes physical agents constitutes a significant risk factor, particularly for the respiratory system.*

*The most common effects of exposure to, and inhalation of, indoor air pollutants include acute and chronic inflammations, acute worsening of pre-existing respiratory symptoms or illnesses and airway sensitization to indoor allergens. Upper airway disturbances with an allergic or irritative aetiology are very frequent; Asthma and Hypersensitivity Pneumonitis are more rarely reported but may become severe and widespread when certain environmental conditions prevail. Respiratory infections may have a human source such as tuberculosis or viral diseases or may originate in ventilation systems such as Legionnaire's disease (*Legionella pneumophila pneumonia*). As all these pathologies may have high social and economic costs and appropriate therapy is not always available, the specialist in Occupational Medicine plays a pre-eminent role in early diagnosis and prevention of respiratory diseases linked to indoor air pollution in the workplace.*

**Key words:** indoor air, office work, airway diseases.

Nei paesi industrializzati la maggior parte delle attività lavorative viene svolta in ambienti confinati non-industriali quali uffici, ospedali, scuole, ambienti ricreativi (cinema, bar, piscine), mezzi di trasporto, spesso costruiti con largo uso di materiali sintetici e dotati di impianti di ventilazione artificiale (1). La qualità dell'aria di questi ambienti (aria indoor) può essere alterata da inquinanti chimici (es. composti organici volatili, formaldeide, ozono), fisici (es. radiazioni da radon) e biologici (es. funghi, batteri, acari), recentemente oggetto di specifiche reviews (2, 3, 4).

L'apparato respiratorio è esposto agli effetti nocivi degli inquinanti che possono causare processi patologici acuti e cronici, aggravamento di affezioni respiratorie pre-esistenti, sensibilizzazione ad allergeni (5). Nell'ambito delle affezioni respiratorie riportate con maggior frequenza, tratteremo della patologia delle vie aeree superiori, dell'asma bronchiale, delle polmoniti da ipersensibilità o alveoliti allergiche estrinseche (AAE) e di alcune malattie infettive.

### Vie aeree superiori

L'esposizione ad inquinanti aerodispersi può comportare disfunzioni dell'olfatto, "irritazione sensoriale", riniti allergiche e irritative, sinusiti. Per "irritazione sensoriale", si intende l'irritazione acuta e reversibile degli occhi, naso e faringe che può conseguire all'esposizione a particolato, a gas o vapori idrosolubili (6) ed è una componente rilevante della Sick-building Syndrome. Le riniti allergiche in ambiente lavorativo possono essere causate da sostanze ad alto peso molecolare come derivati proteici di animali, piante o microrganismi ovvero a basso peso molecolare, legate a proteine per formare complessi in grado di indurre una risposta IgE-mediata (7). Sostanze chimiche di diversa natura o lavorazioni particolari sono state associate a riniti e/o sinusite irritative, a patogenesi non allergica, talvolta indicate come "reactive upper airways dysfunction syndrome" o RUDS. Alterazioni flogistiche delle vie aeree superiori sono state rilevate dopo esposizione controllata a polvere prelevata da uffici, muffle e a miscele di particolato ed ozono. L'uso di fotocopiatrici o stampanti laser in ufficio - che può comportare esposizione ad ozono - e di carte autocopianti, ha indotto in lavoratori irritazione nasale,

rinorrea, congestione e secrezione rinofaringea (6). Mediante rinometria acustica è stata osservata una riduzione della pervietà nasale in occupanti di edifici con ridotta ventilazione o esposizione ad allergeni, polvere, fumo di tabacco ambientale e composti organici volatili, presenza di *Aspergillus Fumigatus* nelle condotte di ventilazione ed elevata temperatura ambientale. È stata anche dimostrata una correlazione tra aumentata concentrazione di proteina cationica eosinofila e lisozima nel liquido di lavaggio nasale e scarsa pulizia degli edifici, insufficiente ventilazione e presenza di ventilazione meccanica (8). L'esistenza di rinosinusite da miceti è discussa ed il riscontro di miceti nelle cavità nasali potrebbe riflettere soltanto un'esposizione ambientale, senza avere alcuna responsabilità eziopatogenetica (9).

---

### Asma bronchiale

La prevalenza dell'asma bronchiale è drammaticamente aumentata negli ultimi 25 anni nei paesi industrializzati (10) ed è parallelamente stato enfatizzato il ruolo eziologico degli inquinanti degli ambienti confinati non industriali. Numerosi agenti irritanti o sensibilizzanti di natura chimica o biologica, sono in grado di causare o di scatenare una crisi bronco-ostruttiva con meccanismo immunologico IgE-mediato, mediante flogosi neurogenica o irritazione diretta delle vie aeree (11). L'esposizione a formaldeide, fumo di tabacco ambientale, clorammina e ad altri composti organici volatili (VOCs), singolarmente o in miscele, è stata associata ad un'aumentata prevalenza di sintomi respiratori suggestivi di asma o a diagnosi di asma sia in ambito domiciliare che lavorativo (2, 4). Gli acari della polvere, gli animali domestici e microrganismi come funghi e batteri rappresentano le principali fonti di allergeni biologici indoor, comunemente reperibili sia nelle abitazioni che in edifici commerciali o adibiti ad uffici (3). L'inalazione di bioaerosol contenenti tali allergeni può indurre, in soggetti sensibilizzati, una rapida risposta infiammatoria e ripetute esposizioni nel tempo possono condurre all'insorgenza di asma bronchiale. Segnalazioni di discomfort e sintomi respiratori e asma si sono registrate con frequenza crescente in occupanti di edifici residenziali, istituti scolastici, uffici e ospedali con umidità o muffe visibili sulle superfici interne (12). Le specie fungine che sono state più spesso correlate con l'insorgenza di sintomi asmatici sono *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Trichoderma*. I funghi potrebbero avere un ruolo anche nell'induzione dell'asma, oltretutto, così come gli altri allergeni biologici, nella riesacerbazione e/o aggravamento della malattia. Una correlazione lineare sembra rilevabile tra livelli ambientali di muffe e batteri, gravità delle crisi di broncospasmo e ricorso a visite di pronto soccorso (13).

---

### Alveoliti allergiche estrinseche o polmoniti da ipersensibilità

Le alveoliti allergiche estrinseche (AAE) sono causate da una notevole varietà di antigeni (derivati di batteri,

spore fungine, materiali organici e sostanze chimiche più semplici) e interessano in genere individui maggiormente suscettibili (14). La patogenesi prevede ripetute esposizioni, una sensibilizzazione dell'ospite e risposte infiammatorie immuni che causano sintomi polmonari e sistemici. La malattia può presentare un andamento acuto, subacuto o cronico e può esitare in fibrosi polmonare. Fra le condizioni associate ad AAE in edifici commerciali o abitazioni, si ricorda la contaminazione di filtri di ingresso dell'aria e di depositi di acqua degli impianti, discontinuità nelle mura perimetrali o nel tetto degli edifici, infiltrazioni di umidità, presenza di saune, vasche di acqua calda e riscaldamento centrale non funzionante, che possono favorire lo sviluppo di inquinanti biologici (5). Gli agenti eziologici più spesso identificati sono stati actinomiceti termofili, appartenenti ai generi *Micropolyspora* o *Thermoactinomyces*, funghi (*Aureobasidium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*), amebe (*Naegleria Gruberi*, *Amoeba Proteus*) o micobatteri opportunisti non tubercolari (es. *Mycobacterium avium*). Recentemente, casi di alveolite allergica estrinseca sono stati segnalati in scuole con problemi di ventilazione e in uffici con impianti di condizionamento contaminati da funghi (genere *Verticillium*) e batteri gram negativi (15). Un episodio significativo è stato descritto in 33 sorveglianti di una piscina e attribuito ad aerosol contenenti micobatteri non tubercolari. In uno studio su 2156 lavoratori con sospetta pneumopatia, 70 erano affetti da alveolite allergica estrinseca correlabile ad esposizione a muffe in ambiente di lavoro (16).

---

### Malattie infettive

Gli agenti infettivi possono trasmettersi, all'interno di ambienti confinati, tramite contatto diretto (persona-persona), contatto indiretto (persona-oggetto-persona) o inalazione di aerosols infetti (17). Studi condotti sia in ambienti sovraffollati come carceri o caserme, sia in uffici o ospedali, hanno permesso di evidenziare una stretta correlazione tra entità della ventilazione negli ambienti indoor e frequenza di infezioni respiratorie acute. I principali agenti infettivi reperibili indoor sono virus, funghi del genere *Aspergillus* e soprattutto batteri termofili come *Mycobatteri* o *Legionella*, responsabile di epidemie di polmonite in ambienti confinati. I virus rappresentano la causa più frequente di patologie infettive respiratorie in lavoratori d'ufficio. Affezioni altamente contagiose, quali morbillo e varicella, sono state associate alla diffusione di virus attraverso i sistemi di ventilazione e casi di Istoplasmosi e di Febbre-Q sono stati correlati al passaggio negli impianti di areazione di derivati di piccioni. Epidemie di Tbc si sono verificate in ospedali e in lavoratori di ufficio e sono state per lo più attribuite ad una inadeguata ventilazione (5). Casi di Tbc si sono verificati anche durante voli aerei, coinvolgendo sia personale dell'equipaggio che passeggeri. Nell'equipaggio di aerei è stata inoltre evidenziata la trasmissione di malattie simil-influenzali e di Severe Acute Respiratory Syndrome (18).

## Conclusioni

L'apparato respiratorio costituisce un bersaglio privilegiato per gli inquinanti dell'aria interna, principalmente di natura chimica e biologica. Le vie aeree superiori sono frequentemente interessate da infiammazioni acute o croniche, legate agli effetti di agenti sensibilizzanti o irritanti. Invariabilmente, sintomi a carico delle vie aeree superiori sono rilevabili in casi di Sick Building Syndrome. L'affezione più frequente delle vie aeree distali è rappresentata dall'asma bronchiale, per lo più attribuibile all'esposizione ad irritanti e allergeni comuni ad ambienti di lavoro e domestici. Le alveoliti allergiche estrinseche, descritte soprattutto in edifici con severa contaminazione da muffe e funghi, sono di raro riscontro diagnostico e probabilmente sottostimate. Le malattie infettive, batteriche e virali, che possono diffondersi negli edifici o nei mezzi di trasporto attraverso gli impianti di condizionamento o mediante trasmissione interumana, continuano ad essere segnalate e meritano sicuramente maggiore attenzione. Il medico del lavoro può svolgere un ruolo di primaria importanza sia nella diagnosi precoce che nella prevenzione delle malattie dell'apparato respiratorio legate all'inquinamento dell'aria interna, che possono avere un costo economico e sociale molto elevato e per le quali non è sempre disponibile un trattamento terapeutico adeguato.

## Bibliografia

- 1) Abbritti G, Muzi G. Indoor air quality and health in offices and other non-industrial working environments. *Med Lav* 2006; 2(97): 410-417.
- 2) Muzi G, dell'Omo M, Murgia N, Abbritti G. Inquinanti chimici dell'aria interna ed effetti sulla salute. *G Ital Med Lav Erg* 2004; 26(4): 364-369.
- 3) Carrer P, Moscato G. Inquinamento biologico e allergopatie. *G Ital Med Lav Erg* 2004; 4(26): 370-374.
- 4) Viegi G, Simoni M, Scognamiglio A, et al. Indoor air pollution and airway disease. *Int J Tuberc Lung Dis* 2004; 8(12): 1401-1415.
- 5) Hodgson M. Building-related diseases. *Indoor Air Quality Handbook*. New York, Mc Graw Hill, 2001, 54.1-54.24.
- 6) Shusterman D. Toxicology of nasal irritants. *Curr Allergy Asthma Rep* 2003; 3: 258-265.
- 7) Gautrin D, Desrosiers M, Castano R. Occupational rhinitis. *Curr Opin Allergy Immunol* 2006; 6(2): 77-84.
- 8) Smedbold HT, Ahlen C, Unimed S, et al. Relationships between indoor environments and nasal inflammation in nursing personnel. *Arch Environ Health* 2002; 57(2): 155-161.
- 9) Kostamo K, Richardson M, Malmberg J, et al. Does the triad of fungi, bacteria and exposure to moisture have an impact on chronic hyperplastic sinusitis? *Indoor Air* 2004; 15: 112-119.
- 10) Selgrade MJK, Lemanske RF Jr., Gilmour MI, et al. Induction of asthma and the environment: what we know and need to know. *Environ Health Perspect* 2006; 4(114): 615-619.
- 11) Mapp CE, Boschetto P, Maestrelli P, Fabbri LM. Occupational asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 172: 280-305.
- 12) Park JH, Cox-Ganser J., Rao C, Kreiss K. Fungal and endotoxin measurements in dust associated with respiratory symptoms in a water-damaged office building. *Indoor Air* 2006; 16: 192-203.
- 13) Ross MA, Curtis L, Scheff DO, et al. Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosols. *Allergy* 2000; 55: 705-711.
- 14) Ismail T, Mcsharry C, Boyd G. Extrinsic allergic alveolitis. *Respirology* 2006; 11: 262-268.
- 15) Engelhart S, Sennekamp J, Gilges S, et al. Workplace-related complaints due to exposure to contaminated humidifier water and the VDI guideline 6022. *Eur J Med Res* 2000; 5(3): 126.
- 16) Nordman H, Karvala K, Piipari T, et al. Mould-induced occupational respiratory diseases. *Proceedings 28<sup>th</sup> ICOH Congress, Milan* 2006; 166.
- 17) Mendell MJ, Fisk WJ, Kreiss KM, et al. Improving the health of workers in indoor environments: priority research needs for a national occupational research agenda. *Am J Public Health* 2002; 92: 1430-1440.
- 18) Leder K, Newman D. Respiratory infections during air travel. *Intern Med J* 2005; 35: 50-55.

**Richiesta estratti:** Giacomo Muzi - Istituto di Medicina del Lavoro e Tossicologia, Università degli Studi di Perugia - Via E. Dal Pozzo, 06126 Perugia, Italy - E-mail: medlav@unipg.it

M. Masi<sup>1</sup>, A. Caponetti<sup>2</sup>

## La Prevenzione nelle politiche regionali

<sup>1</sup> Direzione Generale del Diritto alla Salute, Direttore Settore "Prevenzione e Sicurezza, Regione Toscana

<sup>2</sup> Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro, ASL Pescara

**RIASSUNTO.** La prevenzione, la sicurezza e la promozione della salute rappresentano degli elementi fondamentali nella politica Regionale. Al riguardo, lo sviluppo della politica Regionale va pensata come promozione di un sistema integrato che collega differenti settori come la salute, l'informazione e l'educazione in rapporto al lavoro, l'orientamento all'impiego ed il lavoro in generale.

Si raccomanda che un buon standard di prevenzione sia raggiunto attraverso azioni sinergiche e collaborazioni tra tutti i differenti attori che hanno un ruolo nella sicurezza e prevenzione nel posto di lavoro, inclusi i Medici competenti, gli operatori della sicurezza e della prevenzione, i rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza, i sindacati, le organizzazioni dei datori di lavoro e le pubbliche istituzioni. È inoltre necessario adottare una strategia per ridurre il numero delle malattie professionali non diagnosticate come pure promuovere "la cultura della sicurezza sul posto di lavoro", aumentando la consapevolezza di tutte le figure, specialmente di quelle della categoria degli imprenditori. Tutto ciò va inquadrato nel nuovo scenario del lavoro odierno caratterizzato dal progressivo aumento dei contratti di lavoro atipico, rinnovando l'enfasi sulla necessità di mantenere uniti "il diritto al lavoro con il diritto alla salute".

**Parole chiave:** prevenzione, sicurezza, politica regionale.

**ABSTRACT.** PREVENTION IN REGIONAL POLICY. Prevention, safety and health promotion represent fundamental issues in the Regional policy. With this regard, the implementation of the Regional policy has been thought as the promotion of an integrated system which links different fields such as health, work-related information and education, job orientation and work in general.

It is recommended that a good standard of prevention is achieved through the synergic actions and the collaborations among all the different actors playing a role in safety and prevention in workplace, including occupational physicians, safety and prevention operators, safety representatives for workers, trade unions, employers associations and public institutions. It is also necessary to adopt a strategy in order to decrease the number of misdiagnosed occupational diseases as well as to promote the "culture of safety in workplaces", increasing the awareness of all figures, with special focus on employers category. All this has to be set in the new scenario of the nowadays work characterized by the progressive increase of atypical job contracts, renewing the emphasis on the necessity of keeping joined "the right to a job with the right to health".

**Key words:** prevention, safety, regional policy.

La tutela e la promozione della salute nei luoghi di lavoro, rappresentano un elemento fondamentale nelle politiche per la prevenzione collettiva sviluppata dalle Regioni e Province Autonome.

Partendo da un'analisi condivisa del processo di sviluppo nazionale e regionale, le Regioni sono impegnate ad individuare azioni strategiche finalizzate da una parte a rafforzare l'incremento delle tutele e dei tassi di sviluppo aumentando così la capacità di generare occupazione e dall'altra a realizzare politiche innovative in direzione della creazione di nuove e migliori opportunità di lavoro, soprattutto per rispondere alle problematiche specifiche espresse dalle componenti più in difficoltà nel mercato del lavoro.

Oggi, possiamo dire che esiste un sistema integrato di interventi ed indirizzi unitari che legano in maniera organica i settori della salute della formazione, dell'istruzione, dell'orientamento e del lavoro.

La qualificazione della risorsa umana rappresenta non solo un fattore di sviluppo e di reddito, ma anche un valore di civiltà e un elemento fondamentale della qualità della vita. Ciò significa prima di tutto creare le condizioni per pari opportunità di partenza tra gli individui a cominciare dall'istruzione dell'obbligo, spostando in avanti le scelte del percorso dell'istruzione e facilitando i canali di passaggio tra percorsi diversi, per l'avvio nel mondo del lavoro.

L'intento è di rendere più organica e più strutturale l'azione regionale, tramite il coinvolgimento delle parti sociali che operano nel campo dello sviluppo e della prevenzione in un'ottica di collaborazione, di semplificazione e di suddivisione dei ruoli, in modo da evitare inutili duplicazioni.

Una certa rarefazione della presenza e la debole attrazione della grande e media impresa ma soprattutto il problema dimensionale tipico delle PMI richiedono processi di rafforzamento sia per processi interni ed esterni di tipo aziendale sia attraverso la costruzione di "reti" certificate che incorporino servizi avanzati di accompagnamento e di assistenza tecnica, legando in tal modo sviluppo, innovazione, formazione professionale.

La trasformazione delle strutture produttive si è associata inoltre a profondi cambiamenti anche sul versante del lavoro: quelle che erano un tempo le condizioni di stabilità lavorativa, nella nuova economia "globale" si trasformano per lasciare posto ad una maggiore flessibilità e instabilità occupazionale associata ad una scarsa o addirittura assente rappresentatività sociale e sindacale.

Emerge sempre di più la crescita della componente del lavoro a tempo determinato e dei nuovi lavori: si tratta di una tendenza che deve essere continuamente verificata e valutata per attuare opportune politiche finalizzate a rafforzare le tutele nel mercato del lavoro e la crescita del tasso di occupazione.

Anche per questo occorre approntare nuovi strumenti e nuovi modelli di intervento per mettere di nuovo l'uomo al centro delle politiche di prevenzione, il lavoratore come soggetto attivo dell'intero processo.

Prima ancora che una tecnica o una metodologia, la PREVENZIONE è infatti un modo di pensare e di agire: Una conoscenza agita che valorizza i principi dell'inclusione sociale.

La tenuta sociale, la qualità del lavoro, uno spirito imprenditoriale consapevole, capace di esprimere esperienze e professionalità, un sistema istituzionale in grado di sostenere e, a volte, anche di anticipare le esigenze dello sviluppo economico e civile. Sono questi i fattori portanti di un sistema corretto di tutele nei luoghi di lavoro.

Le Regioni confermano il valore strategico del confronto, come metodo di governo anche a tutti i livelli istituzionali. Un confronto qualificato ed esteso che deve costituire quadro di riferimento per la realizzazione della governance a scala regionale e locale.

Ma questo percorso sarà stabile, sostenibile e duraturo solo se questi processi sapranno tenere conto dei caratteri sociali, culturali e ambientali, saranno pervasivi in ogni settore (primario, secondario e terziario) e in ogni territorio e se questi saranno il frutto di una costruzione collettiva, fondata su una pluralità di soggetti, associazioni e istituzioni.

Lo studio e la promozione di "buone pratiche" non statiche, aperte ai vari contributi, con il pieno coinvolgimento delle forze sociali in particolare degli organismi bilaterali, ne è un esempio convincente.

Ma occorre una "traduzione" delle buone prassi nei luoghi di lavoro, che si correli pienamente con il processo di valutazione dei rischi di ogni singola realtà produttiva.

Ecco allora emergere di nuovo il ruolo fondante delle figure del Medico competente, del Servizio di Prevenzione e Protezione, dei Rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza, dei lavoratori e soprattutto dei datori di lavoro come elementi attivi in un modello partecipativo della tutela della sicurezza e della salute nei luoghi di lavoro.

In questo contesto la figura del Medico competente deve essere maggiormente valorizzata nella gestione del funzionamento aziendale e del personale, ai fini di una opportuna collocazione dei lavoratori in rapporto al loro stato di salute.

Purtroppo ancora oggi tale figura viene raramente coinvolta nella identificazione e programmazione delle strategie per una più efficace utilizzazione delle risorse umane e strumentali.

Particolare approfondimento va dedicato alla ricerca delle malattie professionali, fenomeno che viene diffusamente riconosciuto come solo parzialmente emerso, per varie difficoltà legate a molteplici aspetti. Vanno quindi potenziate le iniziative per far emergere il "sommerso", la ricerca e lo studio sulle "nuove" malattie, l'individuazione delle componenti professionali causali delle patologie di origine multifattoriale.

La tipologia di azioni adottabili deve prevedere, oltre alle tradizionali iniziative di verifica e controllo sugli adempimenti previsti dalle norme, la promozione di tutte le iniziative idonee a migliorare le condizioni di organizzazione e prestazione del lavoro; ciò implica puntare prioritariamente all'estensione di azioni tese al miglioramento delle consapevolezza e delle possibilità dei lavoratori di operare in condizioni tali da evitare rischi per la sicurezza e la salute.

Si tratta quindi di privilegiare in particolare le iniziative di tipo informativo e formativo tese alla sempre maggiore diffusione della "cultura della sicurezza".

Per quanto riguarda la prevenzione nei luoghi di lavoro, le esperienze consolidate nel corso degli anni indica-

no una verosimile maggior efficacia degli interventi che utilizzino un metodo teso a:

- analizzare in modo sistematico i bisogni attraverso adeguati sistemi informativi, valutarli nel rispetto dei ruoli con il "Sistema Salute" da un lato, con le altre "Istituzioni" dall'altro, con gli "Utenti" dall'altro ancora, identificando le priorità di intervento, con modalità - per quanto possibile - condivise;
- definire le azioni da porre in essere per aumentare i livelli di sicurezza nei luoghi di lavoro in termini di informazione, assistenza e vigilanza, tralasciando prioritariamente il perseguimento di soluzioni migliorative organizzative e tecnologiche, attraverso la valorizzazione delle figure chiave del processo come gli RLS, i Medici competenti, RSPP ....
- definire le risorse necessarie per l'attuazione delle azioni, tenendo conto anche dei vincoli economici di contesto generale e specifico, operando quindi per migliorare la efficacia degli interventi attraverso un "atteggiamento culturale" maggiormente rivolto alla finalizzazione ed appropriatezza degli interventi, alla loro efficacia (Evidence Based Prevention);
- perseguire la strategia del lavoro in rete e la ricerca delle sinergie, sia tra le strutture delle Regioni e del Servizio Sanitario Nazionale sia con i Ministeri competenti che con gli Istituti centrali, le Parti sociali e le Associazioni scientifiche, nella logica di un sempre più funzionale sistema nazionale di prevenzione;
- definire criteri e concrete iniziative di verifica dei risultati basata su idonei indicatori;
- sviluppare un sistema di comunicazione efficace che, nel campo delle azioni svolte a tutela e promozione della salute della collettività, è "strumento indispensabile" per il raggiungimento degli obiettivi.

Molti di questi spunti sono presenti all'interno delle linee attuative del Piano Nazionale della Prevenzione previsto dall'accordo Stato Regioni del 23 marzo 2005 e all'interno del Piano Sanitario Nazionale 2006-2008.

Il tavolo di confronto permanente nato nel contesto del Coordinamento tecnico delle Regioni per la prevenzione nei luoghi di lavoro, ha permesso di affermare questo sistema di relazioni ma soprattutto ha creato i presupposti, attraverso una gestione integrata dei sistemi di registrazione dei rischi espositivi e delle patologie professionali, di una vera e propria "saldatura" dei vari momenti preventivi ponendo la sorveglianza attiva al centro dell'agire.

Le trasformazioni, spesso convulse, sul versante del mondo del lavoro, obbligano di dover disporre sempre di più di puntuali e tempestive conoscenze sugli indicatori di danno da lavoro: vorremmo che questa esperienza si consolidasse e fosse posta al centro del sistema prevenzione nazionale.

E ciò attraverso un'azione coordinata ed efficace di governo della prevenzione, attuando un sistema permanente di confronto e collaborazione teso alla definizione di indirizzi e standard minimi di interventi e risorse, alla concretizzazione di iniziative in logiche di pianificazione e verifica dell'efficacia, integrando il tema della sicurezza del lavoro con quello del contrasto al lavoro irregolare.

In questi ambiti, le Regioni e le Province Autonome saranno in grado di creare livelli sempre più alti di integrazione e coordinamento interistituzionale, in un contesto di ripartizione ordinamentale ma doverosamente incardinato nel quadro dei principi costituzionali e delle direttive comunitarie.

E ciò per affermare un principio: quello cioè del diritto al lavoro non disgiunto dal diritto alla salute.

D.Taddeo<sup>1</sup>, A.M. Di Giammarco<sup>2</sup>

## Medici del lavoro nei servizi pubblici di prevenzione e medici del lavoro competenti: ruoli e forme di collaborazione

<sup>1</sup> UF PSLI ASL5 Pisa Presidente SNOP Società Nazionale Operatori della Prevenzione

<sup>2</sup> Servizio PSAL, ASL Pescara

**RIASSUNTO.** Il medico del lavoro (MdL) nei servizi pubblici di controllo ed il medico del lavoro che svolge funzioni di medico competente (MC), oltre ad operare secondo profili di competenze professionali individuali, sono entrambi inseriti all'interno di sistemi polidisciplinari di collaborazioni che, pur diversificandosi per procedure, organizzazione e programmazione delle attività, hanno una finalità comune: la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori. I due sistemi hanno obblighi di informazione reciproca, previsti anche da varie normative, che chiedono necessariamente la condivisione di codici di valutazione e di interpretazione nello scambio comunicativo, anche per andare oltre la semplice relazione conflittuale tra "controllore" e "controllato". È infatti oggi necessario un impegno comune nell'affrontare rischi e patologie meno noti ed indagati, verso la promozione di ruoli e diritti dei lavoratori, dei loro rappresentanti, e anche dei datori di lavoro delle microimprese.

**Parole chiave:** medici competenti, collaborazione, autorità di controllo.

**ABSTRACT.** *OCCUPATIONAL DOCTORS IN THE PUBLIC PREVENTION SERVICES AND QUALIFIED OCCUPATIONAL DOCTORS: THEIR ROLES AND FORMS OF COLLABORATION. The occupational doctors in public prevention and control services and the qualified occupational doctors who carry out functions of specialized doctors for enterprises, as well as operating according to their individual professional skills, are all part of the polydisciplinary system of collaboration that, while differing in methods, organizations and planning of their activities, have a shared aim: the safeguarding of the health and safety of the workers.*

*The two systems have a mutual obligation to give information, foreseen also by several norms, that require common codes for evaluation and interpretation when exchanging communications, also for going beyond the simple conflictual relationship of "controller" and "controlled". In fact a shared commitment is necessary nowadays to face the lesser known and investigated risks and diseases, to promote the roles and rights of the workers, their representatives and also the employers of the micro-enterprises.*

**Key words:** *specialized doctors, collaboration, supervisory authority.*

### Considerazioni generali

Il ruolo e le funzioni del Medico Competente (MC) e del medico del lavoro (MdL) che opera nei servizi pubblici di prevenzione vanno esaminati tenendo presente l'attuale quadro dei rischi e danni da lavoro, che fa da cornice alla loro comune *mission*: ridurre quei rischi e quei danni.

I miglioramenti tecnologici e normativi hanno ridotto la fatica e i rischi tradizionali in alcuni settori (accentuando tuttavia l'intensità nei ritmi e nei tempi del lavoro in generale), ma in determinati contesti permangono rischi tradizionali. Nuove forme di precarietà e nuove condizioni di rischio coesistono nell'ambito di situazioni occupazionali più protette e meno esposte ai rischi lavorativi noti. Emergono nuove vulnerabilità legate alle continue modifiche dei rapporti di lavoro e ad insufficiente esperienza preventiva dei lavoratori coinvolti. L'inserimento dei lavoratori immigrati richiede approcci culturali e modelli di intervento nuovi da parte sia del sistema di prevenzione aziendale, sia del sistema pubblico di controllo.

Si va evidenziando una redistribuzione per genere e per età nel mercato del lavoro, con una quota rilevante di lavoratori anziani, più soggetti ad incidenti mortali e malattie professionali (1). Dalla recente indagine nazionale sui casi di infortunio mortale emerge che più del 18% di tali infortuni ha coinvolto lavoratori di età pari o superiore ai 60 anni (2).

I nuovi rischi (più subdoli, poco misurabili) dipendono anche da fatica, organizzazione del lavoro, stress legato alla ridotta garanzia del posto di lavoro, ritmi imposti dal regime di produzione. Nel caso delle imprese che svolgono mansioni di servizio alle aziende, approfondimenti a livello locale dei dati complessivi messi a disposizione dall'INAIL evidenziano condizioni di lavoro molto stratificate, meno garantite, meno monitorate - quindi più difficilmente censibili: un "trasferimento di rischio" interno all'Italia, dalle grandi imprese - dove sussistono livelli di tutela relativamente elevati - alle imprese minori, che lavorano in appalto, e che, per la necessità di competere sul mercato, non riescono a garantire pari condizioni ai propri lavoratori.

In questo tipo di realtà, se l'infortunio grave o mortale non passa inosservato, è molto più difficile monitorare gli effetti generali del lavoro sulla salute, già notevolmente

sottostimati in Italia per i lavoratori con contratto di lavoro a lungo termine (per difficoltà di diagnosi, ritardo nelle denunce, accertamento a fine carriera - lontano dal luogo di lavoro e dalla relativa percezione del rischio). Se poi si considerano i frequenti e ripetuti passaggi da un lavoro all'altro dovuti alle modificazioni del mercato del lavoro e dell'occupazione, la conseguente diluizione dei rischi e la concomitante sommatoria di fattori di rischio di diversa tipologia, ci si rende conto della notevole difficoltà di lettura della dimensione reale del problema.

Le immagini di danno alla salute di fonte INAIL (attualmente disponibili nell'ambito del progetto nazionale a cura di INAIL, ISPESL, Coordinamento delle Regioni e ASL) hanno grande importanza per la pianificazione delle attività di prevenzione sia nel sistema pubblico, sia nel privato, ma non comprendono ad oggi alcuni milioni di lavoratori assicurati presso altri Istituti o non assicurati affatto (come addetti alla pesca marittima, liberi professionisti, datori di lavoro, forze di polizia e forze armate) e descrivono in minima parte il settore agricolo.

Anche per il concetto stesso di malattia professionale (medico-legale e assicurativo per legge), i dati INAIL non descrivono esaurientemente il danno in relazione ad alcune tematiche emergenti: gli effetti del lavoro sulla salute riproduttiva, le patologie d'organo correlate a stress, fatica, alterazioni cronobiologiche nel lavoro a turni, le patologie con origine multifattoriale (dai tumori ai disturbi cronici dell'apparato muscoloscheletrico).

Per queste ultime, l'insufficienza descrittiva dei dati INAIL, ben presente nell'opera di elaborazione e revisione dell'elenco delle malattie professionali (3), è confermata da iniziative di studio e di ricerca quali: il progetto OC-CAM (4), lo studio dei registri di patologia; la sorveglianza sanitaria degli ex esposti a cancerogeni (5); le iniziative di ricerca attiva delle malattie professionali in collaborazione tra medici ospedalieri e di famiglia, MC, ASL, INAIL per i tumori (6) e per le malattie muscolotendinee di origine professionale.

Nelle stesse fonti normative, a fianco dell'elenco delle malattie professionali indennizzabili (DPR 336/94) si ritrova l'elenco, più ampio, delle malattie professionali per cui vige l'obbligo di denuncia (D.M. 27.4.2004).

Sono quasi scomparse le patologie da esposizione a forti concentrazioni di inquinanti. Siamo di fronte ad un reale miglioramento delle condizioni di lavoro e ad uno sviluppo delle attività di prevenzione, motivo di soddisfazione ed incentivo alla prosecuzione dell'opera di prevenzione sicuramente favorita dal D.Lgs. 626/94. La riduzione osservata del numero delle malattie professionali riconosciute dall'INAIL è ascrivibile, a nostro giudizio, oltre che al ridotto numero di denunce e al ridottissimo tasso di riconoscimento (legato alle logiche assicurative dell'INAIL e ai criteri di previsione di legge delle malattie tabellate), ad un reale mutamento di tipologia delle malattie correlate al lavoro e alla difficoltà di riconoscimento e denuncia da parte dei medici.

L'omissione di denuncia da parte dei sanitari è un fenomeno generalizzato, appannaggio di tutti i medici (MC, medici di base, specialisti e ospedalieri). Anche se esistono oggettive difficoltà nella diagnosi delle malattie cosid-

dette "nuove", "emergenti" o "difficili" (legate a stress lavorativo, fattori ergonomici, esposizione a basse dosi di agenti chimici o ad eziologia multifattoriale), l'attenzione all'anamnesi professionale dei soggetti potenzialmente esposti è in generale scarsa o nulla. Il mancato riconoscimento dei rischi da lavoro da parte degli operatori sanitari addetti al settore della cura delle malattie (conseguenza anche di carenze formative) ha grande peso nel caso delle patologie professionali emergenti. Per i tumori professionali, l'interazione fra fattori genetici e dietetici, esposizioni voluttuarie, ambientali e professionali rende spesso difficile stabilire il contributo eziologico di ciascun fattore; per di più, si tratta di patologie che insorgono dopo lunghi periodi di latenza, in soggetti spesso anziani, e con caratteristiche clinico - istologiche spesso non differenziabili da quelle di neoplasie le cui cause preponderanti sono extraprofessionali.

Nel caso del MC, alcune delle motivazioni sopra richiamate, compresa la carente formazione, possono essere ricondotte al fatto che oggi ci troviamo di fronte a medici "competenti per legge", ai sensi del Decreto n. 1/2002, con curricula non necessariamente specifici, spesso non inseriti pienamente nel sistema di prevenzione aziendale né informati sui rischi presenti nel ciclo lavorativo, né coinvolti nella valutazione dei rischi da parte dei datori di lavoro (e di eventuali consulenti).

Sono possibili condizionamenti del MC da parte dei lavoratori (raramente), ma soprattutto da parte del datore di lavoro (pubblico o privato) che, oltre a non rispettare l'obbligo informativo nei suoi confronti, può disincentivare i contatti con i lavoratori e i RLS, o attribuire scarso valore alla sua attività professionale (non tenendo conto degli eventuali giudizi di idoneità condizionati da lui espressi); può mostrarsi apertamente contrario alle denunce di malattia professionale, o chiedere valutazioni discriminatorie negli accertamenti preventivi. Il condizionamento può passare attraverso la ventilata possibilità di revoca dell'incarico, anche solo lasciando intendere che il proseguimento del rapporto dipende dal gradimento dello stesso datore di lavoro; non è da escludere una sorta di autocondizionamento da parte del MC.

Naturalmente, il problema della legalità, del suo livello e della sua condivisione nei territori e nelle aziende, può riguardare sia gli operatori privati, sia quelli pubblici.

---

### **Il medico del lavoro competente**

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 626/94, il ruolo del MdL nei servizi pubblici di prevenzione è stato nettamente distinto da quello del MC, i cui compiti di collaborazione con il datore di lavoro e di scambio informativo nell'ambito (ma non solo) del sistema di prevenzione aziendale si affiancano alla sorveglianza sanitaria, costituendone insieme presupposti e conseguenze logico-cronologiche. Come indicato dalle linee guida del coordinamento delle Regioni (7), la collaborazione del MC alla valutazione dei rischi (pur non esplicitamente prevista dal dettato normativo) garantisce il necessario approccio multidisciplinare alla prevenzione primaria.

Poiché il 95% delle imprese italiane ha meno di dieci addetti, nella stragrande maggioranza dei casi il sistema aziendale di prevenzione è costituito dal solo datore di lavoro (che è anche RSPP) e dal MC: condizione in cui appare irrealistico ipotizzare che il MC collabori alla "predisposizione dell'attuazione delle misure per la tutela della salute e della integrità psicofisica dei lavoratori" sulla base delle informazioni fornite dal datore di lavoro in merito alle situazioni di rischio. Si renderà necessaria la sua partecipazione diretta al processo di valutazione.

Le Linee guida (7) indicano i requisiti professionali a garanzia della qualità delle prestazioni del MC: alle conoscenze ed esperienze specifiche su rischi e danni da lavoro e sui relativi strumenti diagnostici, devono affiancarsi conoscenze adeguate nel campo della psicologia e dell'organizzazione del lavoro, della fatica mentale, dell'ergonomia in generale e delle norme di prevenzione. A questi va aggiunta la capacità informativa e formativa, irrinunciabile strumento di trasmissione di conoscenze e competenze e di costruzione delle relazioni e interazioni necessarie a garantire l'efficacia del complesso delle attività svolte.

La sorveglianza sanitaria è andata modificandosi nel suo significato e nei suoi contenuti: non più la "tabellazione" del DPR 303/56, ma la diretta connessione al risultato della valutazione dei rischi (l'art. 72-quater del D.Lgs. 626/94 inserisce, tra gli elementi sui quali il datore di lavoro deve fondare la valutazione del rischio, le conclusioni tratte dalle azioni di sorveglianza sanitaria già intraprese; e chiama in causa la professionalità del MC nell'espressione del giudizio sulla nocività delle attività, anche dopo l'adozione di "tutte le misure tecniche"). Tra gli obiettivi della sorveglianza sanitaria, oltre quelli enunciati dagli artt. 16 e 17 del D.Lgs. 626/94, ve ne sono di importanza forse maggiore dal punto di vista della vera finalità dell'attività del MC, che non è il mero rispetto della legge, ma la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori. Si tratta della ricerca e dell'individuazione (la più precoce possibile) delle patologie da lavoro, della valutazione epidemiologica dei risultati della sorveglianza sanitaria (particolarmente importante per le patologie da esposizioni a basse dosi o con origine multifattoriale, ma ostacolata dalle dimensioni quasi sempre estremamente ridotte dell'impresa), della validazione degli interventi di prevenzione già attuati, e dell'adozione di misure per la riduzione dei rischi "residui" alla luce dei risultati della sorveglianza sanitaria stessa.

Quanto all'espressione dell'idoneità alla mansione, va ricordata la discussa questione della collocazione temporale degli accertamenti preventivi rispetto al momento dell'assunzione, affrontata anche dalla giurisprudenza con risultati non univoci. Nonostante i condizionamenti da parte del datore di lavoro rappresentino un'eventualità nettamente contraria ai codici deontologici ed etici - quali il Codice Etico ICOH (8) - l'effettuazione preassuntiva degli accertamenti preventivi pone il rischio concreto di una minore tutela dei diritti dei lavoratori, per il ruolo contrattualmente forte del datore di lavoro e la diffusa carenza dell'indispensabile ruolo di bilanciamento affidato dalla legge ai RLS.

Va acquistando rilievo il tema dell'idoneità a mansioni che espongono a rischio di infortuni e, conseguentemente,

il coinvolgimento del MC nella valutazione di tali rischi e nell'affidamento di particolari mansioni a lavoratori in condizioni di salute compromesse o che assumono terapie che influenzano la rapidità di reazione. Quante delle cadute dall'alto fatali che hanno coinvolto lavoratori ultrasessantenni nel triennio 2002 - 2004 (2) hanno avuto questi fattori tra i determinanti o i modulatori?

L'invecchiamento della popolazione lavorativa richiede nuove modalità di approccio per la valutazione delle condizioni psico-fisiche dei lavoratori. Fra le sfide più ardue, il reinserimento al lavoro dopo un evento patologico grave, solo parzialmente reversibile, inserito nel decorso di una patologia cronico-degenerativa; oppure il mantenimento al lavoro, quanto più a lungo possibile e in posizioni non marginalizzate, di soggetti affetti da patologie neoplastiche (per le quali va crescendo il numero di casi di guarigione clinica).

Tutto il vasto capitolo delle cosiddette "idoneità difficili" richiede elevati livelli di competenza professionale, per contemperare il diritto al lavoro, l'obiettivo di protezione della vita e della salute dei lavoratori nel rispetto della dignità umana e nel mantenimento dei più alti principi etici, con quello di tutelare la sicurezza degli altri lavoratori, quando sia messa a rischio dalle condizioni di salute del lavoratore interessato e dalla natura del lavoro che gli viene affidato (8).

Recente e problematico è il tema dei lavoratori con contratti a tempo non indeterminato, per i quali spesso la brevità dei periodi di lavoro presso ogni singola azienda è tale da sottrarli a qualsiasi valutazione da parte del MC, compresa la quantificazione delle esposizioni; per la tutela della loro salute e sicurezza è necessario che il MC attivi strumenti di comunicazione e di collaborazione con altri medici competenti (nel caso del lavoro "somministrato") e con i medici di base.

L'informazione ai lavoratori, nel caso di esposizioni in grado di agire a lungo termine, sull'importanza di sottoporsi a controlli sanitari anche dopo la cessazione del lavoro richiede una specifica competenza nel campo della comunicazione del rischio; non può prescindere dall'esistenza di una relazione di fiducia tra medico e lavoratore, e da una forte integrazione del MC nel sistema di prevenzione aziendale. La sua efficacia è legata alla autorevolezza, alla coerenza, e quindi all'affidabilità che singoli lavoratori e RLS riconoscono al medico.

La comunicazione tra MC e datore di lavoro (e RSPP) ruota intorno alla valutazione dei rischi e ai risultati della sorveglianza sanitaria, poli di un processo circolare che non può fare a meno di una diretta interazione tra soggetti, della presenza fisica del medico negli ambienti di lavoro ogni volta che ve ne sia l'obbligo o se ne verifichi la necessità: per proporre misure efficaci di prevenzione, per valutare la compatibilità del lavoro con la salute e la sicurezza dei singoli lavoratori (secondo criteri anche di tipo ergonomico), per ricercare nuove collocazioni o nuove organizzazioni del lavoro da affidare a lavoratori non più idonei al lavoro precedentemente svolto.

Non sembra scontato richiamare qui l'importanza del coinvolgimento, proprio e soprattutto su questi ultimi temi, del RSL, anello fondamentale del sistema aziendale di pre-

venzione, la cui diffusa assenza (non solo fisica) è stata finora uno dei maggiori ostacoli alla piena efficacia del modello indicato dal D.Lgs. 626/94. È necessario a questo proposito che la riunione prevista dall'art. 11 del D.Lgs. 626/94 non si riduca ad un appuntamento rituale per lo scambio di documenti di contenuto standardizzato, da archiviare senza neppure leggerli.

L'efficacia dell'informazione prodotta dal MC passa attraverso l'uso di strumenti formali (relazione annuale, protocollo di sorveglianza sanitaria, cartella sanitaria individuale, certificazioni), che devono essere naturalmente utili allo scopo per il quale sono costruiti, e quindi avere contenuto comprensibile. La consapevolezza da parte del MC dell'importanza dei contenuti della cartella sanitaria ai fini della ricostruzione della storia clinica ed espositiva di ogni singolo lavoratore deve indurre ad una grande cura per la sua leggibilità (è frequente l'osservazione di cartelle sanitarie lacunose, poco o nulla leggibili), in particolare nei casi di frequente cambiamento di lavoro, di disturbi legati all'esposizione a rischi emergenti, di esposizione ad agenti chimici pericolosi, ad agenti cancerogeni, o ad agenti che esplicano la loro azione a lungo termine. La tempestiva redazione dei giudizi di non idoneità è fondamentale per garantire il pronto allontanamento del lavoratore da situazioni di rischio, ma anche per consentire l'esercizio del diritto di appello (previsto dal codice ICOH (8), e garantito dall'art. 17 del D.Lgs. 626/94).

Un interlocutore del MC ampiamente ignorato, ma fondamentale (visti la discontinuità e frammentazione dei rapporti di lavoro, l'invecchiamento della popolazione, la frequente sovrapposizione di effetto tra rischi occupazionali e rischi extra-occupazionali), è il medico di base, le cui funzioni nel Servizio Sanitario Nazionale sono anche di prevenzione individuale.

---

### **Il ruolo del medico del lavoro nei servizi pubblici di prevenzione**

I Servizi delle ASL sono gli unici organi di vigilanza in grado di garantire la multidisciplinarietà degli interventi di vigilanza, assistenza e informazione finalizzati alla prevenzione ed alla tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori, secondo le indicazioni dell'ILO (Convenzione n. 161/85: "...i servizi di salute sul lavoro dovrebbero essere multidisciplinari. La composizione del personale deve essere determinata in funzione della natura dei compiti da eseguire..."), e le raccomandazioni dell'ICOH (8).

All'ampia letteratura dedicata al ruolo ed alla funzione del MC inserito nel sistema di prevenzione aziendale, si contrappone una relativa povertà di elaborazione sul ruolo del MdL dei servizi pubblici di prevenzione, che (al di là della perdurante diffusa disomogeneità di organizzazione e funzionamento del sistema pubblico di prevenzione e, al suo interno, del ruolo effettivamente svolto dal MdL) va, a nostro giudizio, ascritta alla sua maggiore integrazione nel sistema di cui è parte, legata se non altro a ragioni storiche: le azioni del sistema pubblico, (comprese quelle di vigilanza e controllo) in genere sono (e devono esserlo!) realmente multidisciplinari e rivolte alla globalità del processo di prevenzione attivato nell'ambiente di lavoro.

È storicamente affidato al MdL dei servizi pubblici di prevenzione il coordinamento e controllo sull'attività del MC, che si inserisce nell'ambito della sorveglianza epidemiologica finalizzata alla costruzione del sistema informativo su rischi e danni da lavoro, oltre ad essere fonte di informazioni utili alle attività di ricerca per il miglioramento delle condizioni di salute, di igiene e sicurezza del lavoro (funzioni tutte inserite negli attuali LEA che ciascun sistema sanitario regionale deve garantire). Non si tratta di valutare solo gli aspetti ritenuti formali (ma carichi di significato preventivo, come la citata corretta tenuta e gestione degli strumenti e dei flussi informativi obbligatori per legge), ma di spingersi oltre: verso l'orientamento e l'assistenza per il perseguimento - con la massima efficacia - del comune obiettivo della tutela della salute e sicurezza dei lavoratori. Sono utili in questo senso le indicazioni contenute nelle linee guida del coordinamento delle Regioni (7).

La valutazione dei contenuti e della qualità complessiva della sorveglianza sanitaria è stata oggetto, in alcune realtà regionali e di USL, di linee guida rivolte ai MC, i cui contenuti mostrano una discreta coincidenza. Si avverte tuttavia la necessità di disporre di strumenti di livello nazionale, ampiamente condivisi da tutti gli operatori, a partire da quelli inseriti nel sistema pubblico.

In un sistema di corretta comunicazione tra MC e MdL dei servizi, l'accesso ai dati della sorveglianza epidemiologica (il sistema dei registri di malattia, tra cui i registri dei tumori ad alta frazione etiologica occupazionale; gli archivi di dati utili all'identificazione di patologie a bassa frazione etiologica e alla loro correlazione ai rischi presenti negli ambienti di lavoro) può rappresentare uno strumento utile per il miglioramento della qualità e dell'efficacia della sorveglianza sanitaria, in particolare nelle microimprese. Anche le attività di sorveglianza sanitaria degli ex esposti a cancerogeni (che si collocano necessariamente fra le funzioni del sistema pubblico di prevenzione) possono fornire indicazioni ed orientamenti per l'attività del MC in presenza di agenti cancerogeni, anche a bassi livelli, negli ambienti di lavoro e nei cicli produttivi.

L'attività di coordinamento e controllo degli accertamenti sanitari è anche attività di vigilanza di realizzazione complessa per vari motivi, non ultima la difficoltà di confronto diretto con il MC, che è la figura meno presente fisicamente negli ambienti di lavoro. Attraverso lo strumento della vigilanza, il MdL dei servizi pubblici di prevenzione può, e deve, governare le forme di irregolarità che sono più spesso osservate, quali il subappalto delle attività del MC, la lacunosità delle cartelle sanitarie, l'assenza sostanziale della figura del MC, di cui spesso i lavoratori ignorano persino il nome.

Il riscontro di chiare violazioni di legge impone comunque l'attivazione di una procedura sanzionatoria. Tuttavia, come per tutti gli altri ambiti e per tutte le altre figure oggetto di vigilanza e controllo da parte dei servizi pubblici di prevenzione, la necessità di perseguire un'efficacia duratura degli interventi richiede di evitare una logica di tipo repressivo. Mettere in luce il significato delle irregolarità riscontrate, evidenziando come esse vanifichino il rag-

giungimento dell'obiettivo di prevenzione (e quindi dell'operato stesso del MC), nell'ambito di una logica di "condivisione tra pari" dei significati e dei contenuti delle attività oggetto di controllo, ha il vantaggio dell'efficacia persuasiva (che è per sua natura estranea a logiche di tipo conflittuale).

In definitiva, il MdL che svolge l'attività di controllo deve perseguire l'obiettivo di ottenere comportamenti in grado di garantire il più possibile l'efficacia dell'attività del MC. Questo richiede un elevato grado di competenza professionale, di credibilità e di coerenza, presupposti indispensabili della necessaria autorevolezza.

Vi sono vasti ambiti in cui il MdL del servizio pubblico di prevenzione può costituire un riferimento per il MC, attraverso un'attività di assistenza in materia, fra l'altro, di sorveglianza sanitaria degli esposti a cancerogeni, standard di riferimento etico-deontologico, protocolli sanitari per particolari tipologie di lavoratori e rischi emergenti, decisioni e/o comportamenti da adottare quando la legge si affida alla discrezionalità (e quindi alla preparazione professionale) del MC.

Infine, il MdL dei servizi potrebbe rappresentare il tramite di collegamento ideale tra MC e medici di base, che appare opportuno "mettere in rete" non solo per ottimizzare l'uso delle risorse impegnate nei due versanti (pubblico e privato), ma per garantire la tutela della salute del lavoratore ogni volta che entra in gioco una sovrapposizione o un'interferenza tra fattori di rischio lavorativi ed extra-lavorativi, ivi compresi gli stili di vita quali determinanti di rischio per la salute.

## Bibliografia

- 1) Tarala J. Introductory Report: Decent Work - Safe Work. Geneva, International Labour Office, 2005.
- 2) Ispesl Inail Coordinamento Regioni Italiane. Indagine Integrata per l'approfondimento dei casi di infortunio mortale. Rapporto nazionale finale. Roma, maggio 2006.
- 3) Balletta A. L'aggiornamento dell'elenco (art. 139 del T.U. DPR 1124/65) e delle tabelle delle malattie professionali art. 3 e 211 del T.U.: le malattie da sovraccarico biomeccanico. Atti del Congresso "L'ergonomia per la prevenzione e il miglioramento della qualità: esperienze a confronto", Altamura (BA), 3 - 4 marzo 2005, p. 5.
- 4) Nesti M, Crosignani P, Audisio R. Gli effetti e i danni: i dati dell'ISPESL e del progetto OCCAM. Atti del Convegno Nazionale "La prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro", Pisa, 20 - 22 febbraio 2003, p. 95.
- 5) Loi AM, Serretti N, Chellini E. La sorveglianza sanitaria degli ex esposti. L'esperienza della USL 6 e della USL 5. Atti del Convegno Nazionale "La prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro", Pisa, 20 - 22 febbraio 2003, p. 126.
- 6) Serretti N, Talini D, Taddeo D, Lemmi M, Farina G, Iaia T, Giorgini P, Carnevali G, Parrini L, Ottenga F, Cristaudo A. Progetto di collaborazione INAIL / az. USL 5 di Pisa - az. USL 11 di Empoli - Az. Ospedaliera pisana - per la ricerca attiva delle malattie professionali. Atti del Convegno Nazionale SNOP "La prevenzione che cambia, la prevenzione che cresce. Riforma federale del sistema sanitario pubblico.", Caserta 13 - 15 giugno 2002, <http://www.snop.it/webeditor/16/1/cybersnop/cybersno/contribu/caserta-sic/progetto%20DI%20COLLABORAZIONE%20INAIL.doc>
- 7) Documento n. 9. Definizione, ruolo e funzioni del MC. In: Linee guida per l'applicazione del D.Lgs. 626/94/94. A cura del Coordinamento delle Regioni e delle Province autonome. [www.ispesl.it/linee\\_guida/generali/linee\\_su\\_626/94/doc9.htm](http://www.ispesl.it/linee_guida/generali/linee_su_626/94/doc9.htm)
- 8) Codice etico ICOH in [http://www.icohweb.org/core\\_docs/code\\_ethics\\_it.pdf](http://www.icohweb.org/core_docs/code_ethics_it.pdf)

**Richiesta estratti:** Domenico Taddeo - *clo ASL5 Pisa, via Fleming 2° 56025 Pontedera (Pisa), Italy*

E. Ramistella<sup>1</sup>, G. Di Leone<sup>2</sup>, A.M. Loi<sup>3</sup>, N. Marziani<sup>4</sup>

## Il ruolo del medico competente nella valutazione del rischio

<sup>1</sup> Medico del Lavoro Competente - Catania

<sup>2</sup> Dip.to Prevenzione - Servizio Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro - AUSL BA/3 - Altamura (Bari)

<sup>3</sup> U.F. Prevenzione, Igiene e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro USL6 - Livorno

<sup>4</sup> Medico del Lavoro Competente - Perugia

**RIASSUNTO.** La funzione del medico competente in azienda non può e non deve limitarsi alla mera effettuazione di accertamenti sanitari, ma deve affermarsi attraverso un ruolo attivo nella individuazione e nella valutazione dei rischi. La valutazione dei rischi è elemento preliminare e, al contempo, essenziale per tutte le altre attività del medico competente; l'esecuzione di una corretta valutazione dei rischi lavorativi è indispensabile per poter programmare adeguati interventi di prevenzione. L'art. 3 del Decreto Legislativo 626/94 obbliga il datore di lavoro ad individuare e definire i rischi per la sicurezza e la salute nell'ambiente di lavoro "in collaborazione con il responsabile del servizio di prevenzione e protezione e con il Medico Competente, nei casi in cui sia obbligatoria la sorveglianza sanitaria". Questa formulazione normativa - di fatto - esclude il medico competente dall'iniziale forma di valutazione, demandando la responsabilità della individuazione di possibili danni per la salute dei lavoratori alla valutazione dello stesso datore di lavoro. Tuttavia, è assolutamente opportuno che il medico competente collabori compiutamente alla redazione del documento di valutazione del rischio e alle sue successive revisioni, non essendo giustificabile subire un documento imposto dal datore di lavoro, magari non pienamente condiviso nei suoi contenuti. A garanzia della tutela dell'integrità psico-fisica dei lavoratori, devono essere valutati tutti i possibili rischi per la salute e la sicurezza esistenti sul luogo di lavoro. In questa relazione, seguendo un approccio non convenzionale, intendiamo affrontare alcune questioni fondamentali con le quali si confrontano quotidianamente i Medici del Lavoro Competenti, prendendo atto che si tratta di un argomento piuttosto delicato, che può consentire una serie di considerazioni di principio, rappresentando al tempo stesso una sorta di banco di prova sul quale testare concretamente il livello di professionalità del medico competente.

Parole chiave: ???.

**ABSTRACT.** OCCUPATIONAL HEALTH PHYSICIAN AND RISK ASSESSMENT IN WORKPLACES. The aim of this report is to analyse and discuss about professional duties of occupational health physicians dealing with risk assessment and health surveillance in workplaces. There are specific regulatory standards today regarding safety and health surveillance and protection of workers in occupational settings; on the other hand no clear recommendation exist, from the regulatory and practical point of view, in defining the specific tasks of a company doctor in risk assessment and management. Generally speaking safety professionals more often required by employers in risk assessment are industrial hygienists or safety and security technicians or engineers. The role of occupational physicians is almost confined to the practice of health surveillance. The paper highlights some specific circumstances in which occupational company doctors must be involved in risk assessment and management, it also describes their unique role in chemical and carcinogen hazard and risk assessment and management. Interactions between occupational health physician, workforce and employers are also underlined, because of their relevance from educational and social point of view, mainly in small and medium enterprises. In these particular workplaces the company doctor is often the unique safety professional directly implied in a good relationship with workforce and may have some opportunity in promoting safe behaviour related to job risks. Methods and occupational settings are described in order to promote and enhance the occupational health physician duties in workplaces, other than the health surveillance alone.

**Key words:** occupational health physician, risk assessment, surveillance in workplaces.

### 1. Introduzione

L'art. 3 del Decreto Legislativo 626/94 (1) individua tra le misure generali di tutela in capo al datore di lavoro la "valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza". Il comma 6 dell'art. 4 dello stesso decreto 626/94 specifica che tale attività di valutazione del rischio deve essere condotta "in collaborazione con il responsabile del servizio di prevenzione e protezione e con il medico competente, nei casi in cui sia obbligatoria la sorveglianza sanitaria". Questa formulazione normativa di fatto esclude il medico competente dalla valutazione iniziale, demandando la responsabilità della individuazione di possibili danni per la salute dei lavoratori allo stesso datore di lavoro, tutt'al più coadiuvato dal responsabile del servizio di prevenzione e protezione o - eventualmente - da altro personale "tecnico" di varia estrazione.

Tuttavia, è assolutamente opportuno - oltre che obbligatorio per legge - che il medico competente, collabori compiutamente alla redazione del documento di valutazione del rischio e alle sue successive revisioni, non essendo giustificabile subire un documento imposto dal datore di lavoro, magari non pienamente condiviso nei contenuti.

Tali considerazioni divengono fondamentali in caso di "autocertificazione", prevista per le piccole aziende (aziende familiari nonché aziende che occupano fino a dieci addetti, conteggiando anche i lavoratori atipici, purché non soggette a "particolari" fattori di rischio) dal comma 11 dell'art. 4. In questi casi, l'assenza del documento di valutazione potrebbe costituire, per il datore di lavoro, una sorta di disincentivazione ad affrontare pienamente le problematiche connesse alla tutela della salute e della sicurezza negli ambienti di lavoro. L'interpretazione data dalle linee guida del Coordinamento tecnico delle Regioni e delle Province autonome, in proposito, non esime il datore di lavoro dal corredare con elementi oggettivi e documentazione tecnica adeguata quanto dichiarato nella autocertificazione. Tale documentazione tecnica, d'altronde, consente all'organo di vigilanza una opportuna verifica sugli adempimenti effettuati per una corretta valutazione di rischio (2).

È necessario purtroppo osservare come abbastanza spesso i medici competenti tendano a non considerare un proprio compito la diretta collaborazione nella predisposi-

zione del documento di valutazione dei rischi, focalizzati come sono sulla sorveglianza sanitaria. In questo caso un ruolo fondamentale può essere svolto dalle Società scientifiche di riferimento e, ancor prima, dalle Scuole di specializzazione che dovrebbero perfezionare anche questo livello di conoscenze.

---

## 2. I rischi da valutare

Nella valutazione dei rischi è importante evitare la distinzione artificiosa che attualmente viene fatta tra i cosiddetti *rischi normati* e *rischi non normati*, cioè tra i rischi occupazionali indicati espressamente dalla normativa e quelli non indicati, perché di “nuova” evidenza scientifica o perché - semplicemente - trascurati per altre motivazioni.

A garanzia della tutela dell'integrità psico-fisica dei lavoratori, quindi, devono essere valutati tutti i possibili rischi per la salute e la sicurezza (cfr. sentenza del 15/11/2001 della Corte di Giustizia Europea (3) e conseguente Legge 1° Marzo 2002 n° 39 - ove l'art. 2, comma 3, modifica l'art. 4 del D.Lvo 626/94, ribadendo che il datore di lavoro ha l'obbligo di valutare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori).

Intendendo per rischio la possibilità di conseguenze dannose o negative per la salute dei lavoratori, a seguito di circostanze non sempre prevedibili, schematicamente in ambito lavorativo si possono distinguere:

- rischi per la sicurezza del lavoratore (ambiente di lavoro o macchinari utilizzati);
- rischi per la salute del lavoratore (esposizione ad agenti chimici, fisici, biologici);

Sono presenti anche rischi comuni, dovuti ad aspetti organizzativi e gestionali (ad esempio: carenze organizzative nei cicli produttivi, scarsa conoscenza o sottovalutazione dei rischi presenti etc.).

Tale distinzione, seppure artificiosa, ha il pregio di consentire l'approfondimento e la differenziazione delle successive fasi della valutazione del rischio. I rischi per la sicurezza possono essere considerati quelli di natura, per così dire, infortunistica, legati alla disposizione degli impianti, alle caratteristiche delle macchine e delle attrezzature di lavoro. Tali rischi sono prevalentemente di pertinenza della valutazione dei tecnici e degli ingegneri addetti alla sicurezza; tuttavia, spesso può essere necessario anche l'apporto professionale del medico del lavoro, soprattutto qualora si debbano esaminare aspetti ergonomici legati a posture, ritmi, ripetitività, monotonia e altri del genere.

I fattori di rischio per la salute possono essere:

- di tipo fisico (agenti fisici quali: rumore, vibrazioni, radiazioni elettromagnetiche etc.);
- di tipo chimico (sostanze o preparati presenti a vario titolo nell'ambiente di lavoro);
- di tipo biologico (microrganismi o altri agenti patogeni presenti occasionalmente sul luogo di lavoro o deliberatamente immessi perché necessari per il ciclo lavorativo)
- di tipo organizzativo (presenza di VDT; attività di movimentazione manuale di carichi; posture incongrue obbligate, fisse o ripetitive etc.)

- legati alle modalità di svolgimento del lavoro (lavoro in turno, lavoro notturno, lavori monotoni e/o stressanti etc.).

La normativa attuale non specifica i criteri per effettuare concretamente la valutazione. I datori di lavoro nella predisposizione del documento di valutazione dei rischi possono fare riferimento alle linee guida predisposte dalla CEE (4), che ne definiscono in maniera piuttosto precisa le corrette procedure. Analogamente i titolari di piccole e medie imprese potranno riferirsi, oltre al già citato documento della CEE, anche alla falsariga per la compilazione del documento semplificato, predisposto dal Ministero del Lavoro (5).

---

## 3. Il ruolo concreto del medico competente

Al di là di quanto prescritto dalla normativa - cui, ovviamente, non si può derogare - il medico competente è davvero coinvolto fino in fondo nella valutazione del rischio, oppure è chiamato solo a un ruolo formale e del tutto accessorio ?

Paradossalmente, il medico del lavoro competente è oggi spesso emarginato da un processo che storicamente lo ha visto all'avanguardia nella individuazione di importanti e fondamentali fattori di rischio occupazionale. Basti pensare, ad esempio, al ruolo svolto nella individuazione della tossicità delle ammine aromatiche, del cromo esavalente, del benzene e del cloruro di vinile monomero, o ancora della cancerogenicità del benzene e dell'amianto. Né si può pensare di escludere il medico competente da situazioni che, pur in apparente inesistenza del rischio, possono causare patologie configurabili quali “eventi sentinella”. O, ancora, dal ruolo sostenuto nell'ambito della sorveglianza epidemiologica condotta su ampie popolazioni lavorative.

Attualmente, però, nel nostro paese, bisogna riconoscere che il ruolo del medico competente nella valutazione del rischio è del tutto sottovalutato e appare piuttosto marginale. Egli quasi sempre viene informato dal datore di lavoro o dal RSPP aziendale a valutazione avvenuta e si limita ad apporre la propria firma sul documento di valutazione, tanto che si è diffusa l'accezione che lo debba firmare solo “per presa visione”.

Questa tendenza, questo modo di operare, che ha ormai coinvolto buona parte dei medici competenti, deve essere combattuta e ribaltata. Il ruolo del medico del lavoro competente è insostituibile proprio per le specifiche conoscenze di tecnologia e tossicologia professionale. Assume ancor più rilevanza nella individuazione e determinazione di particolari rischi, come quello cancerogeno. Non si tratta, necessariamente, di possedere le conoscenze tecniche per effettuare direttamente le misurazioni sul campo, ma di conoscere la fabbrica, i luoghi di lavoro, i cicli produttivi, le sostanze utilizzate, per pretendere innanzitutto che le valutazioni dei rischi lavorativi siano effettuate in maniera corretta e descrivano le reali condizioni di lavoro. Un particolare contributo offerto specificamente dal medico competente nella valutazione del rischio cancerogeno e da agenti chimici in generale è quel-

lo legato alla programmazione, effettuazione ed interpretazione dei dati di monitoraggio biologico orientato alla valutazione dell'esposizione. Questa attività consente una corretta "caratterizzazione del rischio" e aiuta gli altri soggetti aziendali nella individuazione delle priorità rispetto alle misure da adottare.

Negli ambienti di lavoro le sostanze sono raramente utilizzate singolarmente, bensì come insieme di composti o miscele ed è ben noto che una esposizione protratta, sia pure a basse dosi, di più agenti lesivi contemporaneamente non può considerarsi sicura e priva di rischi per la salute degli addetti (6). La valutazione di questo tipo di rischio, il cosiddetto rischio "moderato", è piuttosto complessa e delicata. Al proposito ha suscitato notevoli perplessità l'applicazione del D.Lvo 25/02 (7), che prevede che nel caso in cui si riscontri solo un rischio "moderato", non siano applicabili le disposizioni degli articoli seguenti che prescrivono, tra l'altro, la sorveglianza sanitaria. Nei fatti, però, il venir meno della sorveglianza sanitaria comporta la perdita di un importante elemento valutativo del rischio, cioè la mancanza dei risultati epidemiologici della sorveglianza stessa.

In questi casi, solo il medico competente costantemente aggiornato sulle proprietà tossicologiche delle singole sostanze e degli effetti derivanti dalle loro combinazioni può, nell'ambito della sorveglianza sanitaria, riconoscere quei soggetti (ad es. i sensibilizzati) che andranno destinati ad altra mansione. Tale atteggiamento produrrà effetti benefici sia sui lavoratori che vedranno garantita la qualità della propria vita in azienda e tutelata la propria salute, sia sul versante economico con riduzione dei costi per le giornate lavorative perse, riduzione della produttività, dei risarcimenti.

Inoltre solo il medico competente può operare sia sul versante "lavoratore" (promuovendo e accrescendo il senso di responsabilità e consapevolezza dell'individuo e fargli assumere comportamenti positivi per la salvaguardia della propria salute), sia sul versante "azienda" (proposta di misure di sicurezza adeguate, organizzazione del lavoro, gestione delle risorse umane). In tal senso il medico competente può svolgere anche un importante ruolo sociale, in quanto ha la possibilità di cogliere tempestivamente non solo i possibili danni da lavoro ma, comunicando con il singolo lavoratore e con i RLS, anche iniziali situazioni di disagio lavorativo che potrebbero determinare l'insorgenza di una patologia occupazionale.

---

#### 4. Metodologia del processo di valutazione dei rischi

Nel processo di valutazione del rischio si assiste talora a una sorta di spezzettamento "tayloristico" delle varie attività presenti nel peculiare ambiente di lavoro.

Se questo modo di procedere può andare bene per gli ambienti di lavoro e le attrezzature, non può essere applicato correttamente anche alla valutazione sanitaria. In un certo senso occorre rifarsi al metodo "ramazziniano", cioè a un metodo che privilegi una visione globale del "lavoro umano" e ponga a fondamento di tutte le successive fasi valutative il sopralluogo e l'analisi della mansione.

Il sopralluogo preventivo degli ambienti di lavoro è momento fondamentale per la individuazione dei fattori di nocività e della organizzazione del lavoro e comporta una prima valutazione dei momenti di rischio. In seguito una ulteriore verifica sarà condotta, sempre in ambiente di lavoro, con l'ausilio e il sostegno dei lavoratori o dei loro rappresentanti, stimolando quanto più possibile il loro coinvolgimento e utilizzando il diretto "racconto" delle specifiche attività che compongono la mansione. Per come sono articolate, e per lo scopo che si prefiggono (piuttosto lontano dalle esigenze di sicurezza) le indicazioni contenute nelle "job descriptions" delle medie e grandi aziende non sono sempre pienamente comprensibili allo stesso medico competente e, spesso, rappresentano solo una parte della realtà lavorativa. Inoltre nelle realtà di più piccole dimensioni non è quasi mai possibile una netta distinzione delle mansioni, in quanto i singoli lavoratori sono spesso polivalenti per sopperire alle esigenze di produzione.

L'individuazione della mansione sottintende il "profilo di rischio" insito nella concreta attività quotidiana dei lavoratori accomunati dalla esposizione a identici fattori di nocività e con le stesse modalità di svolgimento (in orario giornaliero o in turno continuo, con lavoro anche il sabato e/o la domenica, utilizzo abituale e sistematico di personal computer o nelle sale controllo, attività monotone protratte etc.). Spesso sono proprio i fattori legati all'organizzazione del lavoro quelli più difficili da individuare e valutare, poiché non direttamente misurabili con gli strumenti classici dell'igiene industriale (8).

È in questo ambito che occorre richiamare il concetto di "rischio ambientale" e, meglio ancora, quello di "gruppo omogeneo", concetti cari alla nostra disciplina ma che sono inapplicati o misconosciuti in altre.

La metodologia utilizzata per la redazione iniziale del documento di valutazione dei rischi deve ovviamente essere adoperata anche per la sua periodica revisione. Le aziende sono, in genere, strutture in movimento e difficilmente da un anno all'altro i luoghi e le "mansioni" rimangono esattamente identici. L'art. 11 del D.Lvo 626/94 sancisce che nel corso delle riunioni periodiche il datore di lavoro sottopone all'attenzione dei presenti, fra cui anche il medico competente, il documento di valutazione dei rischi. Sulla scorta della propria conoscenza della realtà aziendale, derivante dai sopralluoghi e dai risultati della sorveglianza sanitaria, il medico competente sarà chiamato a presentare in occasione di tali riunioni periodiche, ma anche al di fuori di esse (soprattutto nelle aziende con meno di 15 dipendenti, ove non vige l'obbligo della riunione periodica) ogni osservazione utile a meglio puntualizzare i rischi nella specifica realtà aziendale e a proporre miglioramenti degli interventi.

In questo contesto un argomento nodale, che dovrebbe essere meglio approfondito, è quello relativo ai contenuti dei sopralluoghi da parte del MC nei luoghi di lavoro. L'esperienza comune, purtroppo, dimostra come spesso questo fondamentale adempimento sia interpretato esclusivamente in maniera formale, rappresentando al contrario l'elemento cardine su cui fondano una corretta valutazione dei rischi, una precisa predisposizione del protocollo di sorveglianza sanitaria e, cosa forse anche più importante,

quel costante monitoraggio che viene caratterizzato dalle riunioni periodiche e dalle revisioni del documento di valutazione dei rischi.

## 5. Caratteristiche e contenuti del documento di valutazione del rischio (parte sanitaria)

Quali caratteristiche, formali e sostanziali, deve possedere un documento di valutazione del rischio - nella sua parte "sanitaria" - per poter essere definito completo e in regola con la normativa vigente ?

A parte gli elementi identificativi di carattere generale, importanti ai fini della individuazione dell'azienda, nonché gli elementi indicati nell'art. 4 comma 2 del D.Lvo. 626/94 e s.m.i. (descrizione dei criteri adottati per la valutazione, individuazione delle misure di prevenzione e protezione e dei DPI previsti e programma delle misure ritenute opportune), i principali contenuti dovrebbero essere:

- a) breve sintesi del ciclo produttivo;
- b) identificazione delle mansioni (gruppi omogenei) in relazione ai rischi, normati o meno;
- c) indicazione dei soggetti "ipersuscettibili" o particolarmente tutelati (es. minori, lavoratrici, etc.);
- d) individuazione del protocollo di sorveglianza sanitaria con le variazioni per i soggetti ipersuscettibili;
- e) eventuali indicazioni circa le modalità d'uso di particolari DPI;
- f) indicazioni circa particolari misure di primo soccorso in caso di emergenza, in conformità dell'apposito piano elaborato dal datore di lavoro.

Occorre precisare, al proposito, che già da tempo le associazioni di categoria, le principali sigle sindacali, gli ordini professionali e le società scientifiche hanno prodotto indirizzi tecnici nel tentativo di supportare i propri iscritti in questo atto fondamentale lungo la strada della sicurezza aziendale. Anche la Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale ha prodotto nel 2004 le proprie "Linee Guida per la valutazione del rischio", nell'ambito delle Linee Guida per la formazione continua e l'accreditamento del Medico del Lavoro, che sono un utile punto di riferimento per il Medico del Lavoro Competente e, seppur meritevoli di ulteriori approfondimenti e di confronti con le altre società scientifiche di settore, possono qui essere utilmente richiamate (9).

Ancor prima della specifica mansione con i rischi lavorativi correlati, l'ambiente di lavoro e l'organizzazione del lavoro che ne consegue possono rappresentare significative occasioni di rischio. A titolo puramente esemplificativo, siamo proprio sicuri che il medico competente possa ritenersi esonerato dalle conseguenze che possono derivare sulla salute dei lavoratori costretti ad operare in ambienti privi degli elementi basilari per ottenere l'agibilità (collegamento ad acqua e fognia, assenza di umidità, ecc.)? È questa una situazione che il medico può gestire unicamente delegandola all'analisi e alla gestione del datore di lavoro, eventualmente supportato dal RSPP? Può il medico competente ignorare quanto previsto dall'art. 8 del DPR 303/56 ("Locali sotterranei"), consentendo la prosecuzione di lavorazioni pericolose in ambienti che non siano ade-

guati? Può ignorare gli aspetti relativi all'organizzazione del lavoro (pur nel rispetto delle esigenze produttive) e accettare passivamente una situazione nella quale, ad esempio, si effettuino movimenti ripetuti degli arti superiori controresistenza senza prevedere adeguati tempi di recupero funzionale ?

## 6. Situazioni particolari

Come deve comportarsi il medico competente in quelle situazioni nelle quali il datore di lavoro ha - legittimamente - prodotto un'autocertificazione ai sensi dell'articolo 4 comma 11 del D.Lvo 626/94? Può ritenersi libero di predisporre il protocollo sanitario in maniera sconsiderata? In questi casi il medico competente può rappresentare, per l'imprenditore, l'unico interlocutore autorevole ed esperto in materia di tutela della salute e della sicurezza negli ambienti di lavoro. In quest'ambito sarebbe probabilmente necessario un ulteriore approfondimento e un confronto fra associazioni di categoria, parti sociali, organi di vigilanza e, auspicabilmente, anche società scientifiche per definire livelli operativi concreti che assicurino al meglio il perseguimento dell'obiettivo prioritario, rappresentato dalla prevenzione delle malattie professionali e degli infortuni sul lavoro.

Sui rapporti tra il documento di valutazione dei rischi e il Piano Operativo di Sicurezza di cui all'art. 9 comma 1 lett. c-bis del D.Lvo 494/96 è stato ampiamente discusso in diversi qualificati contesti. Il comparto delle costruzioni è quello che ancora oggi risulta il più flagellato da gravi eventi infortunistici anche mortali e da una notevole incidenza di malattie professionali. Anche in questo settore occorre rimarcare l'opportunità che il medico competente svolga appieno la propria funzione. Sul ruolo di questa figura professionale rimangono ancora oggi alcune ombre, quali ad esempio la necessità di effettuare sopralluoghi periodici nei cantieri temporanei e mobili - per i quali, comunque, si rimarca la assoluta opportunità - e la frequenza degli stessi, le modalità di interazione con il Coordinatore per la progettazione (art. 4 D.Lgs. 494/96) e con il Coordinatore per l'esecuzione dei lavori (art. 5 D.Lgs. 494/96).

Oggi il mercato del lavoro e dell'occupazione presenta fenomeni come la precarizzazione e l'esternalizzazione e l'avvento di lavoratori immigrati. Questo ha determinato un aumento dell'incidenza di patologie correlate a fattori stressogeni come ansia e depressione, di disturbi cardiaci, gastrointestinali e cutanei e un aumento degli infortuni. A seguito delle modifiche determinate nel mondo del lavoro dalla Legge 30/03 (10), il singolo operatore diventa sempre più il perno della "propria" sicurezza, deresponsabilizzando immotivatamente il sistema di prevenzione aziendale. Il medico competente è chiamato a ricordare questo lavoratore nel contesto della sicurezza aziendale, incidendo anche nella fase di valutazione dei rischi.

Infine, l'art. 7 del D.Lvo 626/94 e s.m.i. ("Contratto di appalto o contratto d'opera") individua precisi adempimenti, a carico del datore di lavoro, in occasione di appalti o contratti d'opera. In particolare il comma 2 lett. b) dello stesso articolo stabilisce che i datori di lavoro "coordi-

nano gli interventi di protezione e prevenzione dai rischi cui sono esposti i lavoratori, informandosi reciprocamente anche al fine di eliminare rischi dovuti alle interferenze tra i lavori delle diverse imprese coinvolte nell'esecuzione dell'opera complessiva" (prevedendo in caso di mancato adempimento opportune sanzioni). Lo scambio di informazioni richiesto dalla normativa deve coinvolgere, sotto il profilo operativo, anche il medico competente che ne tiene necessariamente conto in presenza di esposizioni lavorative a rischio. In tal caso, in relazione anche con l'effettiva durata dell'appalto o del contratto d'opera, è opportuno che il medico competente, presa conoscenza dei nuovi e diversi rischi cui saranno esposti i dipendenti della ditta appaltatrice e, possibilmente, verificati gli ambienti di lavoro dove andranno ad operare, collabori all'integrazione, seppur temporanea, del documento di valutazione dei rischi e, soprattutto, del protocollo sanitario.

## 7. Conclusioni

L'obiettivo che si prefigge la medicina preventiva dei lavoratori e tutto l'impianto legislativo derivante è quello di salvaguardare la salute dei lavoratori attraverso l'abbattimento dei rischi professionali. Sebbene il legislatore non abbia affidato al medico del lavoro competente alcun ruolo diretto, propositivo, attivo, nell'ambito della prevenzione primaria, egli per le sue specifiche conoscenze può svolgere in tal senso un ruolo fondamentale.

È necessario, quindi, riflettere sulla attuale definizione normativa del "medico competente", il cui ruolo e la cui professionalità devono essere valorizzati non solo nell'ottica dell'effettuazione della sorveglianza sanitaria, quanto, e soprattutto, nella delicata fase della predisposizione e revisione del documento di valutazione dei rischi e della elaborazione delle misure di prevenzione.

A distanza di quindici anni dalla pubblicazione del D.Lvo 277/91 (11), che introduceva nel nostro paese la prima chiara definizione di "medico competente" modernamente intesa, superando il generico concetto introdotto a suo tempo dal DPR 303/56 (12), il Medico del Lavoro Competente deve oggi rivendicare il proprio ruolo interve-

nendo attivamente in tutte le attività assegnategli dalla vigente normativa, non accettando imposizioni da parte dei datori di lavoro o di altre figure tecniche e mettendo in campo tutta la sua esperienza e tutte le sue conoscenze per collaborare all'individuazione delle migliori soluzioni pratiche, finalizzate alla tutela della salute dei lavoratori.

## Bibliografia

- 1) Decreto Legislativo 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, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 2001/45/CE e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro" (*G. U. 12.II.1994, n. 265, SO n. 141*) e successive modifiche e integrazioni.
- 2) Linee Guida del Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province Autonome per l'applicazione del D.Lvo. 626/94.
- 3) Sentenza della Corte di Giustizia Europea del 15/11/2001.
- 4) Linee Guida CEE per effettuare la valutazione dei rischi - "D.L.gs CEE: orientamenti CEE riguardo alla valutazione dei rischi sul lavoro" in fogli di informazione ISPESL ANNO VIII '95 monografico), reperibili sul sito Internet [http://www.cgil.it/saluteesicurezza/linee\\_guida\\_cee\\_sulla\\_valutazion.htm](http://www.cgil.it/saluteesicurezza/linee_guida_cee_sulla_valutazion.htm)
- 5) vedi nota precedente, anch'esso reperibile sul sito Internet [www.cgil.it/saluteesicurezza](http://www.cgil.it/saluteesicurezza).
- 6) Caruncho G, Carbone A, Stedile L. Esposizione multipla ad agenti chimici. *Med Lav Erg* 2003.
- 7) Decreto Legislativo 2 febbraio 2002, n. 25 "Attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro" - *GU n. 57 del 8-3-2002 SO n. 40*.
- 8) Greco A, Bernamonti, M. Il contributo del medico competente per la valutazione dei rischi. *Atti del 58° Congresso Nazionale SIMLII; Bologna, 11-14/10/1995; 153-161*.
- 9) Bartolucci GB et al. Linee Guida per la valutazione del rischio. *SIMLII - Vol. 9, 2004 - Tipografia PI-ME Editrice s.r.l. Pavia - ISBN 88-7963-165-9*.
- 10) Legge delega n. 30 del 14 febbraio 2003 "Delega al Governo in materia di occupazione e mercato del lavoro" - *GU n. 47 del 26/02/2003*
- 11) Decreto Legislativo 15 agosto 1991 numero 277 "Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212.
- 12) D.P.R. n. 303 1956 "Norme sull'igiene del lavoro".

**Richiesta estratti:** E. Ramistella - E-mail: [ramistellaernesto@virgilio.it](mailto:ramistellaernesto@virgilio.it)

G. Mosconi<sup>1</sup>, G. Di Leone<sup>2</sup>, P. Bianco<sup>3</sup>, P. Boscolo<sup>4</sup>, A. Cristaudo<sup>5</sup>

## Predisposizione e valutazione dei protocolli sanitari

<sup>1</sup> UOML Ospedali Riuniti di Bergamo

<sup>2</sup> SPESAL AUSL BA/3

<sup>3</sup> Medico del Lavoro Competente

<sup>4</sup> Unità operativa di Medicina del Lavoro, Università di Chieti-Pescara

<sup>5</sup> Sezione Medicina Preventiva del Lavoro, Azienda Ospedaliera-Universitaria Pisana

**RIASSUNTO.** I “protocolli sanitari” sono utilizzati per effettuare accertamenti preventivi e accertamenti periodici. In particolare, nell’ambito degli accertamenti preventivi, lo scopo principale è quello di valutare lo stato di salute ed in specifico la funzione degli apparati ed organi bersaglio. Negli accertamenti periodici i protocolli devono altresì permettere la valutazione dell’insorgenza di eventuali modificazioni precoci e reversibili dello stato di salute causati dall’esposizione a specifici fattori di rischio durante lo svolgimento dell’attività lavorativa.

Il protocollo sanitario deve essere considerato anche un passo indispensabile di una corretta procedura della qualità.

**Parole chiave:** protocolli sanitari, procedura di qualità, fattori di rischio.

**ABSTRACT.** PREDISPOSITION AND EVALUATION OF SANITARY PROCEDURES IN OCCUPATIONAL MEDICINE. “Sanitary procedures” are used to perform preventive and periodic clinical examinations of workers. Their main purpose is to evaluate health status and function of target organs. Periodic medical procedures are used to evaluate the possible onset of precocious and reversible modifications of the health status induced by exposure to specific risk factors during working activities. Moreover, they must be considered an essential step of a correct management of the quality.

**Key words:** sanitary procedures, quality procedure, risk evaluation.

### Premessa

La sorveglianza sanitaria in medicina del lavoro è una attività di prevenzione che si fonda sul controllo medico del lavoratore ma richiede anche la conoscenza approfondita del ciclo tecnologico, dell’organizzazione del lavoro, degli aspetti quali - quantitativi dell’esposizione ai fattori di rischio professionali (rilevati anche attraverso il monitoraggio ambientale e biologico) e degli specifici effetti sulla salute dei lavoratori. Essa ha lo scopo di prevenire le malattie professionali e le malattie correlate al lavoro e di impedire che malattie dovute a qualsiasi causa possano peggiorare per effetto del lavoro. Sulla base di quanto affermato e nel rispetto della normativa vigente, la SIMLII ha definito la sorveglianza sanitaria come “l’insieme di atti medici finalizzati alla tutela della salute e alla sicurezza (nella sua componente sanitaria) dei lavoratori, in relazione ai fattori di rischio professionali ed alle modalità di svolgimento dell’attività lavorativa, ed alla formulazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica” (LG - SIMLII vol 11).

Questi “atti medici” sono (normalmente) nella pratica applicazione della sorveglianza sanitaria possono essere formalizzati in “protocolli sanitari” per rischio o mansione presenti nel “programma di sorveglianza sanitaria aziendale” con lo scopo di definire la procedura attraverso la quale il medico del lavoro competente (MLC) effettua la sorveglianza sanitaria.

### I protocolli sanitari in medicina del lavoro

Il termine “protocollo” (da *proto* primo + *kolla* incolmare), secondo il Dizionario Italiano di Tullio De Mauro (ed. 2000, pag. 2005), ha diverse accezioni, tutte in ambito tecnico-scientifico, che variano dalla diplomazia al diritto internazionale, dall’amministrazione pubblica alla burocrazia e infine nella medicina. Secondo il dizionario medico Dorland, per protocollo è da intendersi “insieme di procedimenti necessari a sviluppare una certa indagine”. Nell’area medica è infatti frequentemente usato il termine di “protocollo diagnostico” che rappresenta un insieme di norme e procedimenti atti a programmare l’atti-

vità sanitaria per conseguire una diagnosi, oppure il termine di “protocollo terapeutico” inteso come trattamento medico standard utilizzabile sia nella pratica clinica che come strumento di sperimentazione. In medicina del lavoro il concetto di “protocollo sanitario” assume un significato ancora diverso. Rispetto alle altre discipline, infatti, i “protocolli sanitari” sono indicati dalla normativa vigente, anche se il termine non è specificamente utilizzato, per effettuare la sorveglianza sanitaria in rapporto ai rischi (esami clinici e biologici e indagini diagnostiche, art. 16, comma 3) e rappresentano un atto documentale in quanto inseriti nel “programma di sorveglianza sanitaria aziendale” o “piano sanitario aziendale” che contiene, come è noto, anche aspetti non sanitari dell’attività del MLC (attività di formazione e informazione, i sopralluoghi, un parere sull’andamento degli infortuni, una sintesi dei profili di rischio...).

(Spesso, anche nelle linee guida della SIMLII, si utilizzano i termini di protocollo sanitario, di programma di sorveglianza sanitaria e di Linee Guida come sinonimi. Molti sono infatti gli elementi che li accomunano). Nella pratica i termini di protocollo sanitario e di programma di sorveglianza sanitaria sono spesso utilizzati come sinonimi per gli elementi in comune e non sono di solito differenziati. Potrebbe pertanto essere utile iniziare un percorso per definire gli elementi di differenziazione rimandando ad altri contesti le definizioni e i rapporti con la sorveglianza sanitaria attualmente codificata dalle LG SIMLII per le necessarie condivisioni ed approfondimenti. Questo contributo ha solo lo scopo di focalizzare gli attuali ambiti operativi, le principali finalità avviando le eventuali fasi successive. (Questo potrebbe ingenerare alcune confusioni. Non è intenzione di chi scrive derimere la questione, ma al fine di facilitare la comprensione di quanto andremo a riferire, ci si limita a richiamarne gli ambiti e le principali finalità):

- il protocollo sanitario, stante quanto sopra riferito, si può considerare come una sequenza preordinata di accertamenti sanitari finalizzati al monitoraggio degli esposti a specifici rischi legati alla mansione;
- il programma di sorveglianza sanitaria si può considerare come l’insieme di atti medici e non medici (formazione ed informazione, sopralluogo....) del MLC finalizzati alla tutela della salute e alla sicurezza dei lavoratori e di cui fanno parte integrante i protocolli sanitari per rischio e/o mansione;
- le Linee Guida sono invece raccomandazioni di comportamento per il MLC, frutto di un processo sistematico di valutazione delle informazioni scientifiche esistenti, per assisterlo nel decidere come gestire specifiche situazioni legate al lavoro nel modo più appropriato (P. Apostoli - 2006).

In estrema sintesi, nel rispetto di quanto riferito nelle LG SIMLII sulla sorveglianza sanitaria, nella stesura di un protocollo sanitario, dovranno essere soddisfatti i seguenti obiettivi:

- **Realizzazione della prevenzione.** Il controllo medico dei lavoratori va considerato come un elemento fondamentale per la realizzazione della prevenzione. Integrando le informazioni raccolte nel corso della sorve-

glianza medica con quelle desumibili dal DVdR si può contribuire alla verifica dei contenuti della valutazione del rischio e alla promozione di interventi migliorativi sull’igiene e sull’organizzazione del lavoro.

- **Conclusione clinico diagnostica.** Il controllo medico si fonda sui principi dell’arte medica finalizzati alla diagnosi, cura e prevenzione delle malattie occupazionali.
- **Individuazione di fattori di ipersuscettibilità.** Il controllo medico ha lo scopo primario di evidenziare fattori di “ipersuscettibilità” individuale nei confronti delle noxae ed eventuali possibili specifiche modificazioni in senso peggiorativo dello stato di salute del lavoratore esposto ad uno o più specifici fattori di rischio.
- **Formulazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica.** L’atto conclusivo della sorveglianza sanitaria (che si configura come scopo primario nella sorveglianza medica preventiva) è quello (tra l’altro previsto dalla legislazione vigente) di giungere alla formulazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica per ogni singolo lavoratore.

---

### Aspetti metodologici

I “protocolli sanitari” sono utilizzati per effettuare accertamenti preventivi e accertamenti periodici. In particolare, nell’ambito degli accertamenti preventivi, lo scopo principale è quello di valutare lo stato di salute ed in specifico la funzione degli apparati ed organi bersaglio. Negli accertamenti periodici i protocolli devono altresì permettere la valutazione dell’insorgenza di eventuali modificazioni precoci e reversibili dello stato di salute causati dall’esposizione a specifici fattori di rischio durante lo svolgimento dell’attività lavorativa.

I protocolli sanitari si realizzano attraverso alcuni o tutti i seguenti strumenti dell’arte medica: raccolta dell’anamnesi lavorativa, fisiologica e patologica, somministrazione di questionari, esame obiettivo, valutazione della funzionalità degli organi bersaglio eseguita per mezzo di esami di laboratorio chimico-clinico e strumentali, utilizzando possibilmente indicatori di tipo subclinico per quanto possibile sensibili e specifici e dotati di sufficiente valore predittivo ed in grado di evidenziare effetti precoci e reversibili.

La sorveglianza sanitaria comprende anche accertamenti sanitari a richiesta del lavoratore, prima della cessazione del rapporto di lavoro e accertamenti e visite mediche specialistiche integrative che presuppongono obiettivi specifici per i quali dovranno essere stilati appropriati protocolli.

Nella normativa vigente, per la maggioranza delle esposizioni a rischio, non ci sono indicazioni precise sia sul tipo degli accertamenti sanitari da effettuare, sia sulla loro periodicità (anche per rischi normati dal D. Lgs 626/94 come la movimentazione manuale dei carichi, il rischio biologico ed il rischio da agenti cancerogeni).

Peraltro, stabilire la tipologia e la periodicità degli accertamenti non compete al legislatore, ma unicamente al MLC. Le Società Scientifiche hanno in questo ambito un fondamentale ruolo di orientamento, fornendo le linee di

indirizzo e tutti gli strumenti utili per definire le corrette prassi. A questo riguardo ha dato di recente una risposta la SIMLII con la produzione delle "LG per la formazione continua e l'aggiornamento del Medico del Lavoro": strumento aggiornato ed utile al MLC per lo sviluppo delle conoscenze e dei comportamenti necessari a svolgere con maggiore efficacia ed appropriatezza la propria attività, con l'obiettivo di garantirne un costante e diffuso miglioramento tecnico - scientifico, soprattutto nell'ambito degli accertamenti sanitari.

Rimandando quindi alle specifiche LG SIMLII per la definizione dei contenuti dei protocolli sanitari per fattore di rischio (rumore, cancerogeni e mutageni, videoterminali, vibrazioni, solventi, radiazioni ionizzanti, sensibilizzanti, metalli, fitosanitari, patologie dell'arto superiore e del rachide, dermatiti da contatto), ci sembra importante rimarcare che la elaborazione di un "protocollo sanitario" in medicina del lavoro non possa che discendere dalla "valutazione del rischio". In questo rapporto si evidenzia la differenza sostanziale rispetto alle altre discipline mediche. La metodologia si fonda sull'essenza stessa della disciplina che si può sintetizzare nella conoscenza del binomio uomo-ambiente di lavoro, con tutte le variabili in esso contenute: cicli lavorativi, sostanze utilizzate, noxe patogene, uomo sano, uomo malato, uomo ipersuscettibile.

Tralasciando i dati concettuali, noti a tutti i cultori della materia, è possibile delineare delle fasi nella predisposizione di un "protocollo sanitario" che rappresentano i processi decisionali specifici della disciplina della medicina del lavoro.

**La prima fase** è rappresentata dalla identificazione dei pericoli lavorativi in rapporto al comparto di appartenenza dell'unità produttiva (metalmecanica, costruzioni, lavorazione del legno, chimica, servizi ecc.). Con questo dato è possibile evidenziare i fattori di rischio collegati alle attività e compiti lavorativi del comparto desunti dalle esperienze e dalla letteratura e individuare le fasi lavorative, le tecnologie utilizzate e le figure professionali coinvolte.

**La seconda fase** è rappresentata dalla valutazione dei rischi identificati e stimati per l'attività produttiva dell'azienda oggetto di studio, attività alla quale il MLC è chiamato a collaborare attivamente. Il documento di valutazione dei rischi (DVdR) che ne consegue, deve essere accuratamente analizzato, per le parti di competenza, dal MLC al fine di individuare le fasi lavorative, le mansioni e i relativi rischi specifici. Da quest'analisi sarà possibile, individuati gli apparati e gli organi bersaglio, ottenere indicazioni utili per la visita specialistica di medicina del lavoro nella sua articolazione (anamnesi ed esame obiettivo), gli esami ematochimici e strumentali finalizzati al monitoraggio delle funzioni a rischio, i questionari specifici per individuare disturbi o sintomi precoci, il monitoraggio biologico per documentare l'esposizione, la periodicità delle visite e degli accertamenti sanitari. In questa fase vanno anche individuati eventuali obblighi previsti dalla normativa di riferimento per i rischi rilevati sulla sorveglianza sanitaria.

**La terza fase** è rappresentata dalla stesura dei "protocolli sanitari" per rischio o mansione che, come è stato detto, andranno a far parte integrante del programma di sor-

veglianza sanitario aziendale. Per la definizione dei contenuti clinici dei protocolli sanitari per singolo fattore di rischio si rimanda alle specifiche Linee Guida SIMLII. A questo riguardo, nel vol. 11 delle LG, viene riportata una sinossi della sorveglianza sanitaria negli esposti a rischi chimici, fisici ed ergonomici.

Nella stesura dei protocolli sanitari, il MLC, deve tenere anche presente la necessità di elaborazione dei risultati sanitari a fini biostatistici (come registrare le informazioni ed i dati raccolti, la loro codifica, le modalità di elaborazione statistica) e la necessità di sottoporre il lavoratore a controlli più approfonditi, a visite specialistiche (audiologiche, neurologiche, oculistiche...) di secondo livello sulla base degli esiti della raccolta dei sintomi, dell'esame obiettivo, degli esami di laboratorio e strumentali (accertamenti di screening).

Il rispetto dei criteri di qualità impone al MLC, nella scelta degli accertamenti sanitari, di verificare le migliori evidenze possibili (dati della letteratura), la loro validità ed appropriatezza ("fare le cose giuste alle persone giuste"), gli effettivi benefici (vantaggi e svantaggi per i lavoratori), il gradimento del lavoratore, i costi, il rispetto di procedure standardizzate. Recenti studi hanno anche messo in luce, in assenza di procedure standardizzate di qualità basate sulla evidenza, una variabilità inter-individuale elevata dei giudizi espressi da MLC che hanno esaminato i medesimi lavoratori, ponendo così un serio problema di aggiornamento delle pratiche professionali degli specialisti in medicina del lavoro (Franco - 2006). Nella stesura dei protocolli il MLC non può non considerare l'efficacia e l'appropriatezza degli accertamenti che intende proporre. Nella sorveglianza sanitaria dei lavoratori il MLC è sempre più chiamato ad affrontare tematiche come le patologie lavoro-correlate e quelle condizionate dal lavoro a genesi multifattoriale e condizionate da caratteristiche individuali (genetiche e comportamentali) o da fattori di rischio ambientali in modo variabile per tipo ed entità. Ciò comporta una revisione ed ampliamento dei metodi di intervento tradizionali, la elaborazione di nuovi metodi e nuove procedure di intervento che, nella specificità della nostra disciplina, devono poter rispondere all'esigenza di conferire alle decisioni mediche carattere di scientificità e possibilmente di dimostrarne l'efficacia ("Evidence-based Prevention"). Questa spinta verso procedure di dimostrata efficacia e quindi di qualità, dovrebbe responsabilizzare maggiormente i MLC nella corretta gestione delle risorse disponibili, per raggiungere, attraverso un adeguato aggiornamento, i risultati migliori possibili in uno specifico contesto. L'obiettivo è quello di applicare un approccio che potremmo definire di "Prevention Governance", per il quale, anche nella stesura di un protocollo sanitario, il MLC ne deve verificare l'efficacia o quantomeno l'appropriatezza (Stiamo facendo le cose giuste? Le stiamo facendo bene? Siamo sufficientemente aggiornati?). Devono essere tenute in giusta considerazione le esigenze del lavoratore (utente) e del datore di lavoro (cliente). La sfida è quella di ricercare una corrispondenza massima tra interventi professionali e bisogni, in particolare quelli di "non ammalarsi" e di migliorare le capacità di lavoro attraverso un accorto uso delle "migliori evidenze disponi-

bili". L'elaborazione di protocolli sanitari deve soddisfare e conciliare vari aspetti dell'efficacia mettendo in evidenza condizioni di ipersuscettibilità e segni precoci di tecnopatia nel rispetto della normativa vigente (esami mirati al rischio) e non dimenticando che i protocolli sanitari si inseriscono in un ambito di azioni principalmente finalizzate alla prevenzione. In una situazione di risorse limitate non va dimenticato anche il problema dei costi: è da considerare "più appropriato un esame meno efficace di un altro se la differenza di efficacia è piccola e l'intervento più efficace costa molto di più" (Apostoli - 2006). La scelta dovrà inoltre ricadere su quegli accertamenti sanitari che sono sia più efficaci sia più appropriati per il lavoratore a cui lo si propone. Altro tipo di costi da considerare nella stesura di un protocollo sanitario sono quelli derivanti dalla loro eventuale "invasività" e possibilità di danno(sità) per il lavoratore e la popolazione. In questo contesto particolare attenzione deve essere posta agli esami radiologici che dovranno avere una adeguata appropriatezza (giustificabilità) in relazione agli obiettivi clinici che ci si pongono.

Tenendo conto dei differenti scenari produttivi e dell'impostazione che il MLC può dare al programma di sorveglianza sanitaria sulla base della propria competenza ed esperienza è possibile individuare, nelle sue linee generali, una procedura per la predisposizione dei "protocolli sanitari" come di seguito riportato:

A) Raccolta documentale e di definizione dei profili di rischio

- revisione della letteratura e dei trattati di medicina del lavoro sui principali fattori di rischio che caratterizzano la tipologia produttiva e il comparto di appartenenza;
- analisi dei risultati della individuazione, stima e valutazione dei fattori e delle lavorazioni a rischio presenti in azienda (riportati nel DVdR);
- verifica di eventuali obblighi di legge in riferimento ai rischi valutati;
- presa visione delle LG prodotte dalle Società Scientifiche (ad esempio dalla SIMLII);
- identificazione degli apparati ed organi bersaglio dei fattori di rischio identificati;
- definizione dei profili di rischio per mansione in relazione alla entità (vedi esito delle IA e del MB), modalità di esposizione (lavorazioni a ciclo chiuso, all'aperto, esposizione episodiche, continue, con l'uso di DPI,...) e alla organizzazione del lavoro (turni, orari, presenza contemporanea di altri operatori...);

B) Definizione del protocollo sanitario per mansione:

- definizione delle modalità di effettuazione delle visite mediche preventive e periodiche per mansione (questionari mirati, ricerca di sintomi e segni specifici per gli organi ed apparati bersaglio, specifiche manovre semeiotiche, ...) in funzione del profilo di rischio;
- individuazione degli accertamenti strumentali e di laboratorio specifici ed appropriati in base all'entità del rischio da effettuare in assunzione coerenti con il profilo di rischio;

- individuazione degli accertamenti strumentali e di laboratorio specifici ed appropriati in base all'entità del rischio da effettuare nelle visite periodiche coerenti con il profilo di rischio e definizione della periodicità degli accertamenti sanitari.

Nella stesura dei protocolli vanno anche considerati gli esiti di eventuali accertamenti sanitari pregressi.

---

### Attività di valutazione

Il protocollo sanitario potrebbe rientrare fra le *...misure di prevenzione e di protezione... conseguente alla valutazione dei rischi*" (art. 4 co. 1 lett. b) e le *"...misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza"* (art. 4 co. 1 lett. c) " previste dal D.Lgs. 626/94 e s.m.i. Va anche ricordato che il Datore di Lavoro (DL), nelle situazioni nelle quali è prevista la presenza del MLC *"richiede l'osservanza da parte del MC degli obblighi previsti dal presente decreto, informandolo sui processi e sui rischi connessi all'attività produttiva"* (art. 4 co. 5 lett. g) e che il MLC, per l'appunto, *"collabora con il datore di lavoro e con il servizio e protezione di cui all'art. 8, sulla base della specifica conoscenza dell'organizzazione dell'azienda ovvero dell'unità produttiva e delle situazioni di rischio, alla predisposizione dell'attuazione delle misure per la tutela della salute e dell'integrità psico-fisica dei lavoratori"* (art. 17 co. 1 lett. a). (È anche vero che) il protocollo sanitario potrebbe anche essere interpretato come facente parte del "programma delle misure ritenute opportune ..." e far parte integrante del programma di sorveglianza sanitaria.

Il protocollo sanitario (deve) può essere considerato un passo fondamentale (indispensabile) per una corretta procedura applicativa e per la qualità della prestazione professionale. Per tale ragione, e con le necessarie partecipazioni ed approfondimenti nell'ambito della società scientifica anche (in considerazione delle legittime perplessità che potrebbero derivarne) in considerazione del sovraccarico organizzativo e gestionale, potrebbe essere nel futuro auspicabile prevedere una sua redazione, quantomeno come norma di buona prassi, anche come eventuale area (terreno) di confronto, nel rispetto dell'autonomia professionale, con i colleghi dell'Organo di Vigilanza.

L'obiettivo non può e non deve essere quello di imporre, ad esempio, una verifica delle "scadenze" della sorveglianza sanitaria (perlopiù autodeterminate dallo stesso MLC) sulle quali è sempre più necessaria una visione meno "amministrativa" e più fondata sulla ricerca e verifica di interventi di provata efficacia, il vero scopo è quello di avviare o di affinare, laddove siano già esistenti, le occasioni di confronto, finalizzate a perfezionare lo strumento della sorveglianza sanitaria.

A tali fini i Servizi Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro delle AUSL (ASL) stanno ormai da tempo modificando la propria operatività orientandola verso un atteggiamento sempre meno "repressivo" (per quanto la vigilanza rimane pur sempre un compito istituzionalmente delegato ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 626/94 e s.m.i.) e

sempre più orientato verso aspetti operativi dedicati alla promozione di efficaci ed appropriati programmi di tutela della salute negli ambienti di lavoro. Strumento di questa nuova impostazione è la valorizzazione della funzione di "assistenza" (terzo mandato di una triade compresa nel dettato dell'art. 24 del D.Lgs. 626/94 e s.m.i. e richiamata più volte nei vari Piani Nazionali e/o Regionali per la salute, che prevede anche l'informazione oltre alla consulenza, quest'ultima però negata ai soggetti che "svolgono attività di controllo e di vigilanza").

È peraltro necessario ricordare che nella normativa, oggetto di approfondimento, esistono già significativi esempi di valorizzazione del confronto fra Organo di vigilanza e Medici Competenti. A titolo esemplificativo si cita quanto previsto dall'art. 72 decies ("L'Organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza sanitaria diversi rispetto a quelli definiti dal MC"), e 72 undecies del D.Lgs. 626/94 e s.m.i. ("Su richiesta, è fornita agli Organi di vigilanza copia dei documenti di cui al comma 1" - cartella sanitaria e di rischio) che non vanno necessariamente intesi nell'ottica repressiva ma che potrebbero, anzi devono rappresentare, una proficua occasione di confronto e di condivisione di obiettivi. Ci sembra quindi utile richiamare alcuni aspetti operativi spesso trascurati nell'elaborazione di protocolli sanitari:

#### a) Rispetto dei protocolli sanciti per legge

È opportuno rammentare che se è vero che l'attuale impostazione delega, molto opportunamente, al MLC la definizione del protocollo sanitario in funzione dei rischi valutati, superando pertanto il precedente sistema tabellare, è anche vero che permangono tuttora alcune "indicazioni normative" che impongono specifici protocolli sanitari. A questo riguardo, un esempio è quello del DM 20/01/1987 (relativo ai lavoratori esposti ad amianto), che imponeva l'esecuzione di precisi accertamenti alternativi all'esame radiologico, e che, così come modificato dal D.Lgs. 257/06, prevede quantomeno l'effettuazione di "esami della funzione respiratoria". Analoghe impostazioni possono essere ritrovate anche per quanto attiene gli esposti a rumore, ad agenti chimici o biologici. Anche in questi casi sarà importante valorizzare il rapporto tra MLC e i colleghi dell'organo di vigilanza, finalizzandolo alla produzione di protocolli sanitari più attinenti agli effettivi rischi presenti in azienda e meno vincolati da generiche imposizioni normative.

#### b) Rapporti tra protocolli sanitari e Statuto dei lavoratori

È giusto rammentare quanto disposto dallo Statuto dei Lavoratori in merito alla possibilità di effettuare visite mediche e accertamenti integrativi che non siano strettamente correlati al rischio lavorativo a cui è esposto il singolo dipendente ed alle disposizioni di norma. Accade con una discreta frequenza di verificare che alcuni accertamenti vengono proposti a lavoratori non esposti a rischio, senza acquisirne preventivamente l'autorizzazione, e senza peraltro che l'esito di questi accertamenti possa essere utilizzato per l'espressione del giudizio di idoneità.

#### c) Aspetti etici

È importante ricordare anche le conseguenze, sul piano etico, che l'adozione di un protocollo sanitario non adeguato può comportare sia sul giudizio di idoneità al lavoro del lavoratore dipendente (effetti sul piano occupazionale) sia sulla "azienda" (produttività e modifiche dell'organizzazione del lavoro).

In conclusione, al fine di migliorare la qualità delle prestazioni sanitarie per la tutela della salute dei lavoratori nella redazione di idonei protocolli sanitari, l'auspicio è che anche la SIMLII avvii un percorso di approfondimento (si faccia carico di favorire il confronto) che coinvolga i Medici del Lavoro Competenti e Medici dei Servizi Pubblici del territorio anche sulla base del presente contributo (documento), nel rispetto delle competenze e dell'autonomia professionale.

---

#### Bibliografia

- 1) Apostoli P. Dalla qualità alla dimostrazione di efficacia in medicina del lavoro. G Ital Med Lav Erg 2006; 28 Supplemento al N° 1: 131-134.
- 2) Atti del convegno nazionale "Ricerca e dimostrazione delle basi scientifiche delle prove di efficacia in medicina del lavoro". A cura di Mosconi G, Riva MM, Mangili A, Apostoli P. G Ital Med Lav Erg 2006; 28 Supplemento al N° 1: 131 - 215.
- 3) Decreto Legislativo 626/94 e successive modifiche.
- 4) Franco G. Agreement of medical decisions in occupational health as a quality requirement. Int Arch Occup Environ Health. 2006 Feb 1; 1-5.
- 5) Soleo L, Romano C, Abbritti G, Bartolucci GB, Basso A, Bergamaschi A, Bertazzi PA, Bianco P, Bovenzi M, Coggiola M, Cortesi I, Cristaudo A, Gelormini A, Giachino GM, Gigante MR, Iacovone MT, Imbriani M, Magrini A, Mosconi G, Murgia N, Mutti A, Negro C, Pira E, Ribaldi L, Saia B, Apostoli P. Linee Guida per la Sorveglianza Sanitaria. Volume 11, Tipografia PIME Editrice srl - Pavia - 2004.
- 6) Linee Guida per la Formazione Continua e l'Accreditamento del Medico del Lavoro. Volumi da 1 a 17. Tipografia PIME Editrice srl - Pavia - 2003/2005.

**Richiesta estratti:** G. Mosconi - E-mail: gmosconi@ospedaliriuniti.bergamo.it

F. Roscelli<sup>1</sup>, G. Frigeri<sup>2</sup>, A. Quercia<sup>3</sup>, A. De Rosa<sup>4</sup>

## La buona pratica nella sorveglianza sanitaria del medico competente

<sup>1</sup> Azienda USL di Parma, Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro, Parma

<sup>2</sup> Euronorma S.a.s., Sala Baganza (PR)

<sup>3</sup> ASL Viterbo, Servizio Prevenzione, Igiene e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro, Viterbo

<sup>4</sup> Parma

**RIASSUNTO.** Ai medici del lavoro è sempre più richiesta una elevata professionalità, sia rispetto alle conoscenze che per quanto riguarda un comportamento eticamente corretto. Tuttavia, non è facile definire con precisione cosa si intende per buona pratica medica e per standard accettabili di competenza e condotta professionale riguardo alla sorveglianza sanitaria dei lavoratori. Questo lavoro propone alcuni possibili punti di convergenza tra medici del lavoro dei Servizi delle ASL (organo di vigilanza) e medici del lavoro competenti, che sono da considerare in entrambi i casi operatori della prevenzione nei luoghi di lavoro. Gli standard di buona pratica devono essere definiti congiuntamente tra le varie figure mediche della prevenzione, nell'ambito delle acquisizioni della comunità scientifica. La vigilanza sul rispetto delle norme di legge è indispensabile, ma il puro rispetto formale di quanto previsto dal D.Lgs 626/94 non è sufficiente ad assicurare l'adozione di una buona pratica da parte del medico del lavoro competente. Un'azione di controllo - definita come "attività più generale preordinata alla promozione e alla verifica dell'adeguatezza dei processi e dei comportamenti messi in atto dai soggetti interessati al fine di garantire una efficace tutela della salute dei lavoratori" - è ritenuta più idonea per un confronto tecnico-professionale tra medico dei Servizi e medico competente. Le isolate esperienze di controllo su esami strumentali effettuati nella sorveglianza sanitaria documentano rilevanti scostamenti dalle linee guida e dalle raccomandazioni della letteratura sulla corretta esecuzione degli esami stessi. Appare utile indagare se il fenomeno sia limitato ad ambiti locali o più diffuso, ma esiste una evidente sottovalutazione del problema da parte dei Servizi delle ASL; d'altra parte, si riscontra una notevole riluttanza dei medici competenti a confrontarsi su questo terreno. Occorre quindi giungere all'elaborazione condivisa di un codice di buona prassi, per stabilire un livello di riferimento sulla base del quale valutare (e auto-valutare) le performance del medico competente.

**Parole chiave:**

**ABSTRACT.** GOOD PRACTICE FOR MEDICAL SURVEILLANCE BY OCCUPATIONAL PHYSICIANS. Society - employers, workers, trade unions, public - demands the highest standards of professional competence and ethical conduct from occupational physicians. However, defining what exactly constitutes good medical practice and acceptable standards of professional competence and conduct is not so easily done. Good practice in occupational medicine should be aimed not only at improving the effectiveness of preventive action in the strict sense, but also at constantly adopting rigorous methodologies based on evidence and procedures breaking loose from rigid formats, which must be as uniform as possible throughout the country. It's essential, therefore, to develop consensus documents on workers' health surveillance, meeting with approval of occupational health physicians both operating in a free market context or within the framework of public sector health service.

**Key words:** workers' health surveillance, good medical practice, occupational physician.

### Introduzione

Sulla buona pratica della sorveglianza sanitaria, come definita nel Capo IV del Decreto Legislativo 626/94, si gioca una partita decisiva per la professionalità e la credibilità del medico competente specialista in medicina del lavoro ("medico del lavoro competente").

Abbiamo preferito adottare l'espressione *buona pratica* - anziché *qualità* - in quanto la riteniamo più adatta a descrivere gli standard deontologici e di capacità professionale richiesti al medico del lavoro competente (Koh, 2003).

Si evitano così anche i possibili equivoci indotti dalle norme ISO 9000, in cui il concetto di qualità viene definito come capacità di soddisfazione dei bisogni di tutti gli attori che intervengono nei processi di produzione/fornitura e utilizzo/fruizione di beni e servizi, comprendendo i clienti e gli utenti/consumatori, i lavoratori, i proprietari e gli azionisti, i fornitori e la collettività in genere, nel rispetto delle strategie aziendali. Definizione che poco si presta ad un'attività quale la sorveglianza sanitaria.

Il tema della buona pratica nella sorveglianza sanitaria dei lavoratori è stato oggetto di documenti a livello internazionale (ILO, 1998; ICOH, 2002; Palmer, 2002 e 2004) e discusso in vari convegni in Italia negli ultimi anni (Ferrari, 2002; Roscelli, 2005; Mosconi 2006). Si è ben lontani, tuttavia, dall'essere giunti a punti fermi e unanimemente condivisi su cosa si debba intendere per buona pratica in questo campo, anche per le oggettive difficoltà legate all'apparato normativo italiano non sempre razionale.

La presente nota vuole schematizzare le posizioni comuni raggiunte dal gruppo redazionale (composto da due medici del lavoro dei Servizi delle ASL - Organi di vigilanza - e due medici del lavoro competenti), piuttosto che dare indicazioni circa i rispettivi punti di vista.

### Punti d'incontro tra Organi di Vigilanza e Medici Competenti

- 1) Medici del lavoro dei servizi delle ASL e medici del lavoro competenti sono operatori della prevenzione a pari titolo, sia pure con diverso ruolo. Entrambi sono parte di un complesso sistema integrato di prevenzione, il cui obiettivo comune è la tutela della salute dei lavoratori.

- 2) Per le attività di sorveglianza sanitaria dei lavoratori il medico del lavoro deve basarsi su un duplice corpus normativo. Da un lato si situano le direttive comunitarie recepite con il D.Lgs 626/94 e le successive integrazioni che, dal punto di vista amministrativo, rientrano nelle competenze del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali. Dall'altro vi sono il Codice di deontologia medica (approvato dalla FNOMCeO nel 1998) e le norme più generali di legislazione sanitaria, inclusa la Legge 833/78, che fanno riferimento al Ministero della Salute e - per le funzioni delegate - alle Regioni e Province autonome. Ciò significa che quell'insieme di conoscenze tecnico-scientifiche e di esperienze, necessarie per poter svolgere adeguatamente la sorveglianza sanitaria dei lavoratori, non si esaurisce nel D.Lgs 626/94. In altre parole, il puro rispetto formale di quanto previsto dal D.Lgs 626/94 non è sufficiente ad assicurare l'adozione di una buona pratica da parte del medico del lavoro competente.
- 3) Nel documento "Prime linee di indirizzo per l'attuazione del D.Lgs 626/94", emanato nel febbraio 1995 dal Coordinamento delle Regioni e delle Province Autonome, sono stati individuati come strumenti propri dei Servizi di prevenzione delle ASL gli interventi di informazione, di assistenza, di vigilanza e di controllo. In particolare, la **vigilanza** viene definita come "attività di verifica delle conformità dell'organizzazione dei processi lavorativi alla legislazione in materia di sicurezza e igiene del lavoro". Per **controllo** si intende, invece, una "attività più generale preordinata alla promozione e alla verifica dell'adeguatezza dei processi e dei comportamenti messi in atto dai soggetti interessati al fine di garantire una efficace tutela della salute dei lavoratori".
- 4) Rispetto alla sorveglianza sanitaria, in molte aree d'Italia i Servizi di prevenzione delle ASL hanno attuato soprattutto interventi di vigilanza, che hanno avuto per oggetto la verifica della effettuazione della sorveglianza sanitaria (esistenza del giudizio di idoneità) e la verifica di adempimenti formali (istituzione della cartella sanitaria e di rischio, conservazione della documentazione, ecc.) espressamente previsti dalle norme. In alcune aree geografiche, inoltre, i Servizi delle ASL hanno privilegiato gli interventi di assistenza, con l'elaborazione di numerosi documenti di indirizzo, la proposta di procedure e di protocolli, l'analisi dettagliata dei compiti del medico competente.
- 5) Molto più rari sono stati gli interventi di controllo, così come sopra definiti. A questa tipologia di intervento appartengono alcune (rare) esperienze che hanno affrontato il problema dei contenuti della sorveglianza sanitaria, in particolare analizzando la qualità di alcuni accertamenti strumentali integrativi della visita medica. Queste analisi hanno messo in luce rilevanti scostamenti dalle correnti linee guida e raccomandazioni delle società scientifiche e della letteratura rispetto alla "corretta" esecuzione e interpretazione degli esami radiologici e delle prove spirometriche (Valenti, 2001; Manzari, 2003).
- 6) Il gruppo redazionale del presente documento concorda nel ritenere che la buona pratica nella sorveglianza sanitaria non debba essere oggetto di vigilanza, ma di controllo. Reputa, inoltre, che gli standard di buona pratica debbano essere definiti congiuntamente tra le varie figure mediche della prevenzione, nell'ambito delle acquisizioni della comunità scientifica.
- 7) In estrema sintesi, lo scopo istituzionale della sorveglianza sanitaria può essere puntualizzato nell'individuazione di controindicazioni alla mansione specifica e nel controllo nel tempo dello stato di salute dei lavoratori. Pertanto, partendo dal lavoro già svolto, *in primis* dalle Linee Guida della SIMLII per la sorveglianza sanitaria (Soleo, 2004), occorre intraprendere una vasta opera di rivalutazione delle attività e delle prestazioni connesse a questa pratica, al fine di identificare:
  - quali siano i protocolli e gli accertamenti clinici e strumentali in grado di rispondere, in base anche ad una appropriata valutazione costi/benefici, allo scopo istituzionale;
  - quali siano parametri che determinano gli standard minimi di qualità dei suddetti accertamenti, in considerazione del fatto che una sorveglianza sanitaria al di sotto di tali standard si rivela del tutto inutile, se non dannosa.
- 8) Il fenomeno di esami strumentali inservibili, rilevato nelle limitate esperienze di controllo ad oggi disponibili, ha mostrato dimensioni tali che pare necessario verificare se e quanto sia realmente diffuso sul territorio nazionale. Tuttavia, esiste una notevole resistenza dei Servizi delle ASL ad attivare azioni di controllo sulla qualità della sorveglianza sanitaria e, d'altra parte, esiste una notevole riluttanza dei medici competenti a confrontarsi su questo terreno.
- 9) La stesura di una relazione scritta sui risultati complessivi, anonimi e collettivi della sorveglianza sanitaria, pur non essendo esplicitamente prevista dal D.Lgs 626/94, rappresenta indubbiamente una pratica da incentivare, in quanto fornisce un indubbio aiuto per monitorare la situazione aziendale, anche in relazione all'aggiornamento della valutazione dei rischi. La relazione sanitaria, in sostanza, è primariamente un documento aziendale interno, uno strumento di lavoro per RLS, RSPP, datore di lavoro e medico competente. Secondariamente, può essere utilizzata anche all'esterno dell'Azienda, per esempio dall'Organo di Vigilanza, dall'INAIL, dalla Magistratura, quale documentazione consultabile rispetto ai propri fini istituzionali. Proposte di modelli e schemi sono accettabili ed anche auspicabili, purché non siano imposti dall'alto ma concordati tra le parti.
- 10) Il rapporto tra medico competente e lavoratore ha delle peculiarità: il lavoratore "subisce" la sorveglianza sanitaria da parte di un medico scelto dal datore di lavoro. Quest'ultimo ha strumenti solo indiretti per valutare la qualità della prestazione professionale che pure è a suo carico. È possibile che queste peculiarità possano influire negativamente sulla buona pratica

della sorveglianza sanitaria e pare quindi opportuna una riflessione da parte delle istituzioni e degli operatori della prevenzione coinvolti.

- 11) In aggiunta a quanto sopra, la sorveglianza sanitaria può avere anche una funzione più generale di promozione della salute, specie quando il medico del lavoro viene a contatto con persone che altrimenti non accedrebbero spontaneamente ai servizi sanitari. È necessario, tuttavia, valutare attentamente pro e contro di questa attività, che deve avvenire con il consenso informato di tutte le parti coinvolte.
- 12) Particolare attenzione deve essere rivolta ai problemi etici che possono sorgere nel perseguire obiettivi contemporanei ed in competizione tra di loro, come ad esempio la tutela del posto di lavoro e la protezione della salute, il diritto all'informazione ed la riservatezza dei dati sensibili, il conflitto tra interessi individuali e collettivi.
- 13) Appare necessario, in conclusione, giungere all'elaborazione condivisa di un codice di buona prassi, per tradurre in termini di condotta professionale i valori e i principi etici di Medicina del Lavoro. Il suo scopo primario dovrebbe essere quello di dare indicazioni a tutti gli operatori della prevenzione, per stabilire un livello di riferimento sulla base del quale valutare (e auto-valutare) le loro performance.

---

## Bibliografia

- 1) Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome. Prime linee di indirizzo per l'attuazione del D.Lgs 626/94 di recepimento delle direttive CEE per il miglioramento della sicurezza e della sicurezza dei lavoratori sul luogo di lavoro. Roma, 2 febbraio 1995.
- 2) Federazione Nazionale degli Ordini dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri. Codice di deontologia medica. Revisione 1998. [www.fnomceo.it](http://www.fnomceo.it) (sito visitato il 10.7.2006).
- 3) Ferrari D, Ghersi R, Migliore M (a cura di). Atti del Convegno "Promozione della qualità in medicina del lavoro. Orientamenti e Linee Guida per l'attività del medico competente", Modena 28 settembre 2002. Modena, Azienda USL di Modena 2002.
- 4) Koh D, Lee S-M. Good medical practice for occupational physicians. *Occup Environ Med* 2003; 60: 1-2.
- 5) International Commission on Occupational Health. Il codice internazionale di etica per gli operatori di medicina del lavoro. Aggiornamento 2002. [http://www.icohweb.org/core\\_docs/code\\_ethics\\_it.pdf](http://www.icohweb.org/core_docs/code_ethics_it.pdf) (sito visitato il 10.7.2006).
- 6) International Labour Organization. Technical and ethical guidelines for workers' health surveillance. *Occupational Safety and Health Series No. 72*. Geneva, ILO 1998. <http://www.ilo.org/public/english/sup-port/publ/pdf/osh72.pdf> (sito visitato il 10.7.2006).
- 7) Manzari G, Valenti E, D'Epifanio F, Quercia A, Cardona E. Controllo di qualità tecnica sui radiogrammi del torace effettuati per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti al rischio di pneumoconiosi: proposta di un metodo di screening qualitativo. *Med Lav* 2003; 94: 242-249.
- 8) Mosconi G, Riva MM, Mangili A, Apostoli P (a cura di). Atti del Convegno "Ricerca e dimostrazione delle basi scientifiche delle prove di efficacia in medicina del lavoro", Bergamo 16 dicembre 2005. *G Ital Med Lav Erg* 2006; 28: 1, Suppl, 129-215.
- 9) Palmer KT, Harling CC, Harrison J, Macdonald EB, Snashall DC. Good medical practice: guidance for occupational physicians. *Occup Med (Lond)* 2002; 52: 341-352.
- 10) Palmer KT, McElearney N, Harrington M. Appraisal standards in occupational medicine. *Occup Med (Lond)* 2004; 54: 218-226.
- 11) Roscelli F (a cura di). Atti del Convegno "La qualità nella sorveglianza sanitaria dei lavoratori", Bologna 15 settembre 2005. <http://it.geocities.com/medlavpr/> (sito visitato il 10.7.2006).
- 12) Soleo L (coordinatore), Romano C, Abbritti G et al. Linee guida SIMLII per la sorveglianza sanitaria. Pavia, Fondazione Maugeri 2004.
- 13) Valenti E, Manzari G, De Angelis V et al. Controllo di qualità delle prove spirometriche eseguite nell'ambito della sorveglianza sanitaria per esposizione a rischio lavorativo, in provincia di Viterbo. *Med Lav* 2001; 92: 5-11.

**Richiesta estratti:** *Franco Roscelli, Azienda USL di Parma, Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro, Via Vasari 13/a, 43100 Parma, Italy - E mail: froscelli@ausl.pr.it*

A. Messineo<sup>1</sup>, A. Bruschi<sup>2</sup>, G. Di Martino<sup>4</sup>, A. Imperatore, O. Rossi<sup>3</sup>, N. Serretti<sup>2</sup>

## I lavori atipici: rilievi di attualità, sorveglianza sanitaria, vigilanza

<sup>1</sup> Dipartimento di Prevenzione, ASL Roma H

<sup>2</sup> Dipartimento di Prevenzione Az. USL 5 Pisa

<sup>3</sup> Dipartimento di Prevenzione Az. USL 6 Livorno

<sup>4</sup> Medicina del Lavoro - ASL Chieti - Università di Chieti-Pescara

**RIASSUNTO.** Ormai nel nostro Paese oltre il 20% dei lavoratori espleta la propria attività con qualche forma di “flessibilità” ed i lavori considerati un tempo “atipici”, caratterizzati soprattutto da forme di flessibilità, sono via via diventati sempre meno atipici anche per l'intervenuta regolamentazione giuridica. La formazione non adeguata per la propria professionalità, la scarsa autonomia decisionale, ricoprire ruoli marginali nell'azienda oppure un carico di lavoro molto alto (o molto basso) insieme alle caratteristiche del lavoro (pericolosità, scomodità degli orari, carico fisico o mentale e carattere routinario dell'attività), il debole supporto sociale da parte dei lavoratori a tempo indeterminato e la carenza di tutela sindacale sono indicati come fattori in gioco nella comparsa delle alterazioni dello stato di salute che comprendono sia quelle tipiche delle lavorazioni svolte e correlate a rischi noti e censiti, sia alterazioni più generiche, meno note ma attribuite prevalentemente a fattori psicosociali causati da precarietà della prestazione, breve durata del rapporto di lavoro con numerosi turni, difficoltà di integrazione nel sistema di sicurezza aziendale, prevalente occupazione in settori a maggior rischio, rilevante presenza di immigrati con problemi di inserimento, il basso profilo scolastico della manodopera, ridotte esperienze lavorative. Il mancato o scarso inserimento nel contesto relazionale e comunicativo aziendale è uno dei punti critici più rilevanti e generalizzato al punto che secondo alcuni AA il sistema di prevenzione più efficace (definito “salvavita”) consisterebbe nell'esistenza di un sistema di comunicazione formalizzato, progettato e gestito in una vera ottica bidirezionale. Mentre interventi di formazione e sorveglianza sanitaria possono evitare la marginalizzazione, in tema di vigilanza si potranno ricercare modelli e strumenti adeguati per valutare le particolari realtà, tenendo presente norme e interpretazioni giurisprudenziali.

**Parole chiave:** lavoro atipico, livelli di sicurezza, condizione lavorativa.

**ABSTRACT.** Based on the analysis of data collected during scientific studies and on the knowledge gained from the investigations on flexible or new forms of jobs it can be observed that the increasing amount of industrial accidents reporting and the existence of bad frame of mind are to be charged to the lack of training, to the uncertainty related to these type of jobs, to the short duration of the employment timeframe, to the difficulty of being in line with the company security standards, to risky activities, to immigrants who hardly get socially integrated, to workers with a low level of education and to their limited work experience. Since lots of studies have demonstrated that workers are fully unsatisfied when they recognize the uncertainty of their job situation it is mandatory to intervene on the real implementation of training, health control, emergency management and monitoring, thus avoiding any kind of marginalization. Given the complexity of these new forms of jobs, it will be up to the supervising institutions to look for new and adequate models and tools to monitor and control all the different situations, always keeping in mind all the relevant rules and laws.

**Key words:** flexible work, saecurity standards, job siyuation.

### Premessa

Negli ultimi anni, a seguito dei mutamenti intervenuti all'interno della società, si è notevolmente sviluppato l'interesse intorno alla tematica della “flessibilità del lavoro”, dove per flessibilità si intende “il grado di adattabilità o adeguamento del sistema o dei suoi elementi al manifestarsi di mutamenti o al sorgere di determinati vincoli”. Hanno contribuito allo sviluppo di una elevata quota di flessibilità nel lavoro soprattutto i *mutamenti nell'economia e nel mercato* (ad esempio la volatilità dei mercati, l'esigenza di nuove produzioni nei luoghi di minor costo, la terziarizzazione), l'accresciuta importanza di *fattori socio-culturali* (ricerca di maggiori spazi per le esigenze di well being, la necessità di ridurre il pendolarismo), *fattori di tipo organizzativo nell'impresa* (la necessità di accedere a mutamenti produttivi rapidi, la convenienza di nuove tipologie produttive come il telelavoro), hanno infine concorso *fattori legislativi* (recepimento di indicazioni europee con normative sulla flessibilità).

Da un punto di vista sociologico, il “lavoro subordinato standard” è caratterizzato da “integrazione gerarchica, organizzativa, spaziale e temporale dell'impresa, l'offerta della disponibilità temporale del lavoratore piuttosto che l'offerta di una prestazione specifica e l'esclusività del rapporto”. Per “lavoro atipico” si può quindi intendere qualsiasi forma di rapporto di lavoro in cui manchi una o più di queste caratteristiche. Tuttavia, i lavori definiti un tempo “atipici” in quanto caratterizzati da alta flessibilità sono via via diventati sempre meno “atipici” con il crescente ricorso a tali tipologie da parte delle imprese e con la contrattualizzazione che ne è seguita.

La flessibilità, principale caratteristica del lavoro atipico, può oggi assumere molte forme, alcune delle quali sono state oggetto di recente regolamentazione legislativa.

Una di queste è la *Somministrazione di lavoro* introdotta dal D. Lgs. 276/03, in sostituzione del lavoro interinale fattispecie contrattuale attraverso la quale un soggetto (somministratore), preventivamente autorizzato, mette a disposizione di un altro soggetto (utilizzatore) lavoratori che prestano la propria attività nell'interesse e sotto la direzione e il controllo dell'utilizzatore stesso. Sono previsti due contratti distinti: il contratto di lavoro subordinato tra la agenzia di somministrazione e il lavo-

ratore (a tempo determinato o a tempo indeterminato) e il contratto di somministrazione tra la agenzia di somministrazione e l'utilizzatore. (Anche questo contratto può essere a tempo determinato o a tempo indeterminato, in questo ultimo caso prende il nome di *staff leasing*, ovvero il contratto commerciale tra le due aziende in cui i posti di lavoro possono essere ricoperti da lavoratori assunti dall'agenzia di somministrazione con una pluralità di contratti a termine.) Il contratto subordinato si differenzia da quelli "tipici" per la scissione del potere direttivo (spettante all'utilizzatore) da quello disciplinare (spettante al somministratore).

Il Dlgs 276 del 10.9.2003 ha introdotto una regolamentazione anche per *il lavoro in appalto* (art.29) e per *il distacco* (art.30), che si realizza se un datore di lavoro, per soddisfare un proprio interesse, pone temporaneamente uno o più lavoratori a disposizione di un altro soggetto per la esecuzione di una determinata attività lavorativa. Anche il *lavoro intermittente* (art.33 e seg.), con le tipologie contrattuali a orario ridotto, modulato o flessibile, trova una adeguata collocazione giuridica con il Dlgs 276/2003 come lo *job sharing* ovvero *il lavoro ripartito* (art.41), speciale contratto mediante il quale due lavoratori assumono in solido l'adempimento di una unica ed identica obbligazione lavorativa.

Tra le altre forme di lavoro flessibile ricordiamo: il *Part-time*, (art.46) la forma di impiego meno "atipica" e più diffusa (può essere articolato in *part-time orizzontale*, con riduzione dell'orario su scala giornaliera; *part-time verticale*, con decurtazione dell'orario su scala annuale); l'*Apprendistato* e il *contratto di inserimento*, il *lavoro a progetto* (in cui è confluita la maggior parte dei rapporti di collaborazione coordinata e continuativa) ed il *lavoro occasionale* cioè le prestazioni rese appunto occasionalmente e non oltre 30 gg nell'anno oppure con compenso non superiore a 3000 Euro nell'anno da soggetti a rischio di esclusione sociale o comunque non ancora entrati nel mercato del lavoro o in procinto di uscirne se attinenti a piccoli lavori domestici, di assistenza ad anziani, o similari (insegnamento privato supplementare, piccoli lavori di giardinaggio o manutenzione di edifici o monumenti, attività di volontariato ecc).

Alcune tipologie di lavori flessibili non sono caratterizzate da una precisa definizione normativa ma si inseriscono tra quelle già esistenti come il *week-end job* in cui le prestazioni sono concentrate al sabato e domenica. Anche il *lavoro notturno* protratto è da alcuni considerata un'attività "atipica". La disciplina del lavoro notturno contenuta nel D.lgs. n.532 del 1999 è stata da ultimo modificata dal D.lgs.n.66/2003 (artt.11-15). Vengono anche generalmente inclusi tra i lavori flessibili il *lavoro all'estero*, il *Mobile-work*, (lavoro stanziale prolungato presso clienti ed il Pony express), *gli stage*, *il lavoro stagionale* che si svolge solo in certi periodi dell'anno, alcuni tipi di *lavoro parasubordinato*, come l'INAIL definisce i contratti di lavoro con rapporto continuativo (*Co.Co.Co*) ed *a progetto*, le attività svolte nei *Call-center* all'interno di aziende ed enti o all'esterno, ma che per loro conto sviluppano servizi specializzati di interazione mediante telefono e/o altri media con diverse tipologie: *Call center in house*,

*Call center outsourcing*, *Call center sociali* ed i *Call center automatizzati*. *lavori socialmente utili (Lsu)*, *lavori di pubblica utilità (Lpu)*, e naturalmente *il telelavoro* che può realizzarsi a domicilio *Home-work*, o in modalità mobile *working-out*.

## La flessibilità oggi

Secondo il rapporto EURISPES 2005 "in Italia la flessibilità sembra sia stata interpretata piuttosto come possibilità per l'imprenditore di modificare in qualsiasi momento le condizioni del rapporto di lavoro (e quindi anche le modalità di cessazione del rapporto di lavoro) con il proprio dipendente e non come strumento in grado di rendere flessibile l'organizzazione stessa del lavoro". Si tratta di un approccio finora negativo sotto il profilo della prevenzione e i risultati, sono univoci in termini di carenza di sicurezza, salute e tutela, oltre che di occupazione. Una volta definiti precari, oggi più finemente definiti atipici, questi lavoratori presentano una situazione di assoluta carenza nella tutela per malattia, per quanto riguarda ferie, diritti sindacali, (ind.CGIL-ISPEL 2003) retribuzione, tutti fattori sinergici con la scarsa sicurezza e salute sul lavoro.

Secondo il fenomeno del lavoro "flessibile" non riguarda solo i più giovani, (il 57% ha tra i 18 e i 25 anni) ma anche, e con percentuali maggiori, i lavoratori tra i 26 e 32 anni (66,9%) e fra i 33 e 39 anni (67,8%). Se la maggior parte dei contratti atipici, è a progetto, con contratto occasionale, o con collaborazione coordinata e continuativa, il 13,2% prevede la subordinazione a tempo parziale, l'8,5% tramite agenzie interinali e il 5,4% il contratto d'inserimento.

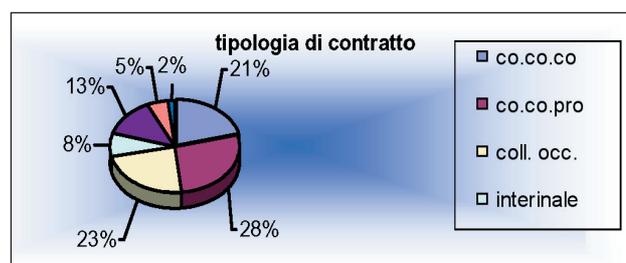


Figura 2 (fonte Eurispes 2005)

Oggi poi la professionalità non evita la precarietà; infatti il 55,9% del campione è in possesso di un master o specializzazione post-laurea e l'83,2% ha conseguito una laurea. E la sicurezza o precarietà, sono i primi fattori che influisce anche sulla vita sociale; carenti condizioni nel privato, con impossibilità per i lavoratori "flessibili" di crearsi una famiglia, di accedere ad un mutuo per comprare la casa e difficoltà anche per un contratto di affitto nelle grandi città, sono denunciati dal 76,3% delle donne e dal 52,8% degli uomini. Del resto, la stragrande maggioranza del campione (89,7%) risulta celibe o nubile e appena il 6,5% risulta sposato, mentre l'1,3% convive ed il 2,5% è divorziato o separato. Inoltre la maggior parte dei lavoratori flessibili ritiene che il diritto alla maternità sia poco o per nulla garantito.

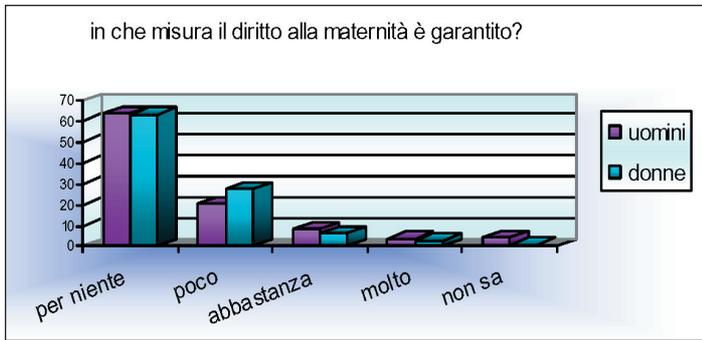


Figura 3 (fonte Eurispes 2005)

La precarietà lavorativa condiziona più le scelte di maternità dal momento che la percentuale di donne che ritengono elevata l'influenza della l'atipicità del proprio rapporto di lavoro sulla possibilità di fare un figlio è pari al 32,8%, a fronte di un dato maschile del 27%

La situazione è più complessa in tema di stipendi soprattutto per le donne, per l'esiguità salariale (non si superano 1000 euro nel 76,5% dei casi) e per la modalità di erogazione degli importi; infatti solo il 71,5% degli atipici intervistati percepisce lo stipendio mensilmente con spiegabile e giustificata comparsa di ansia, depressione e malattie psicosomatiche, peraltro denunciate con frequenza. La maggior parte delle donne lamenta situazioni stress correlate sostenute o causate dalla preoccupazione per la mancanza di stabilità e l'impossibilità di avere figli.

Alle donne e immigrati, sono riservate le condizioni di lavoro peggiori, anche dal punto di vista dei rischi occupazionali e le attività peggio retribuite (occupazioni saltuarie, lavoro irregolare, attività discontinue ed "altamente flessibili"); i lavoratori extracomunitari rappresentano il



Figura 5 (fonte Eurispes 2005)

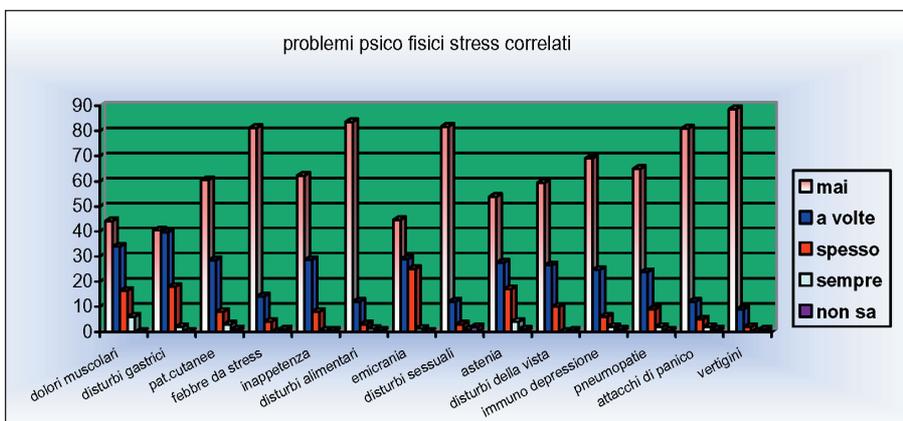


Figura 6 (fonte Eurispes 2005)

12% nell'industria, il 10,9% nelle costruzioni, l'8,7% negli alberghi e pubblici esercizi, il 5% nel commercio, ed il 7,5% negli altri servizi. Esistono anche particolari "aree" come ad es lavoratori rumeni prevalentemente in edilizia, egiziani nelle pizzerie, marocchini nel piccolo commercio, bengalesi e pachistani nei distributori di carburante, cinesi nel settore della ristorazione, indiani nell'allevamento dei bovini, ecc..) e sono spesso lavoratori "a doppio rischio" perché extracomunitari non formati alle specifiche produzioni e per di più "flessibili".

Nello sviluppo di situazioni di malessere concorrono elementi collegati al futuro pensionistico dal momento che tra le donne il 71,5% ritiene che, al termine della propria esperienza lavorativa, la propria pensione sarà inesistente (37,5%) o comunque insufficiente a garantire una vecchiaia dignitosa.

Tra le novità di rilievo, nel settore dell'impiego flessibile, vi è, rispetto al passato:

- La presenza, spesso in settori nuovi, di lavoro minorile e l'aumento del lavoro prestato dalle donne in tutti i comparti produttivi
- L'incremento progressivo e continuo della presenza di lavoratori e lavoratrici immigrati con formazione ed informazione sui rischi inadeguata specie per situazioni particolarmente pericolose d'impiego nelle quali sovente sono impiegati e correlata relativa diminuzione delle tutele giuridiche e previdenziali per il ricorso a forme irregolari di prestazioni d'opera. Le ricerche internazionali (3° Indagine -Fondazione di Dublino) e le indagini nazionali (Isfol) e locali (Torino, Emilia-Romagna), indicano come infortuni e malattie professionali restino tuttora a livelli preoccupanti, con indici di rischio grave e continuo in alcuni settori (edilizia, trasporti, agricoltura) e soggetti (immigrati, lavoratori precari, donne).
- L'outsourcing, gli appalti, le situazioni di esternalizzazione anche complesse per la realizzazione di una apparente riduzione dei costi da parte dell'appaltatore senza che il medesimo sia responsabile delle condizioni in cui si opera
- La polverizzazione ed aumento delle microimprese, spesso composte da un'unica persona ed il mascheramento del lavoro dipendente.

### Alcune indicazioni sull'applicazione della normativa

Per la vigente legislazione di sicurezza e prevenzione i lavoratori "atipici" sono equiparati, ai lavoratori subordinati: ciò deriva dal combinato disposto dell'art. 2, comma 1, lettera a), secondo passo del D.Lgs. 626/94 e dell'art. 23, comma 5, ultimo passo del D.Lgs. 276/2003 ed il parere della Procura Generale del Pie-

monte e Valle d'Aosta concorda sull'interpretazione data del combinato disposto 626/276.

Alcune Regioni (Toscana, Piemonte, Veneto, Friuli Venezia Giulia) hanno adottato o hanno in corso specifiche regolamentazioni o linee guida in accordo con tale posizione) inoltre per quanto riguarda il registro infortuni, secondo le interpretazioni delle Regioni, dovrebbe essere applicato in forma letterale l'art.4 comma 5 lettera o del Dlgs 626/94 per il quale sul registro dell'azienda utilizzatrice devono essere annotati gli eventi occorsi in azienda a tutti i lavoratori subordinati (e quindi anche agli "atipici").

Secondo alcune Regioni nella valutazione dei rischi e nella elaborazione del documento devono essere considerati anche i rischi connessi al ricorso alle nuove tipologie contrattuali, poiché il datore di lavoro ha l'obbligo di valutare **tutti i rischi** come previsto dalla L.39/02 che modifica l'art. 4 del D.Lgs 626/94 (a seguito della sentenza della Corte di Giustizia Europea).

La valutazione dovrebbe tener conto della presenza di lavoratori temporanei, del loro numero, delle mansioni e dei rischi generici e specifici ai quali possono essere esposti e considerare che l'inserimento di un numero variabile di questi lavoratori può comportare modifiche dell'assetto organizzativo e quindi essere un rischio aggiuntivo per l'insieme delle maestranze.

È indispensabile che il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP), il Medico Competente (MC) e il Rappresentante dei lavoratori per la Sicurezza (RLS) siano opportunamente informati dalla direzione aziendale dell'inserimento di lavoratori con contratti temporanei. In particolare i RLS devono ricevere sufficienti informazioni, al fine di svolgere la loro funzione di rappresentare tutti i lavoratori (compresi quelli "atipici")Recentemente poi il Ministero del Lavoro ha emanato la circolare n. 17/2006 (14 Giugno 2006) avente per oggetto le collaborazioni coordinate e continuative nella modalità a progetto di cui agli artt. 61 e ss. d.lgs. n. 276/2003 ed i call center, nella quale sono sottolineati precisi criteri di individuazione e specificazione del progetto o programma di lavoro, necessità di autonomia del collaboratore nella gestione dei tempi di lavoro e modalità di coordinamento consentite tra il committente ed il lavoratore, in assenza delle quali il lavoratore è considerato un normale lavoratore subordinato

### Gli infortuni nei lavoratori atipici

Una conferma della precarietà e dei pericoli connessi ai lavori flessibili si desume anche dai dati relativi agli infortuni, raccolti in Europa mediante il sistema ESAW 3, che mostrano come quasi il 50% degli infortuni siano casi occorsi a lavoratori che non si trovano a svolgere il proprio lavoro routinario nel consueto posto di lavoro.

Tale considerazione conferma una forte ipotesi di rischio su tutte le attuali forme di lavoro atipico che portano sempre più i lavoratori a contatto con situazioni e posti di lavoro a loro poco noti per dislocazione, risvolti tecnologici o modalità operative.

Del resto, a rafforzare ulteriormente la criticità di tali lavori, giunge anche l'analisi effettuata dal gruppo INAIL-ISPEL-REGIONI (*Indagine per l'approfondimento dei casi di infortunio mortale, INAIL-ISPEL - REGIONI, 2006*) basata su oltre 2500 infortuni gravi e mortali accaduti nel periodo 2002-2004 che ha mostrato i seguenti risultati:

- più del 85% degli infortuni mortali e il 70% di quelli gravi avviene in aziende fino a 9 addetti, in sostanza nelle imprese che hanno i livelli applicativi più bassi del sistema aziendale di prevenzione e sono più difficili da controllare per il loro numero, per la loro ubiquitaria diffusione su territorio, in molti casi per la loro temporaneità (cantieri edili)
- Il 98% degli infortuni gravi e mortali riguarda il sesso maschile ed in particolare, per quanto riguarda la nazionalità degli infortunati, rumeni (3,05%), albanesi (2,97%) e marocchini (1,65%) sono i più rappresentati dopo gli italiani (85,6%)
- Inoltre, gli "errori di procedura" sono al primo posto nella determinazione dei problemi di sicurezza sia a riguardo delle attività dell'infortunato che di terzi e tale situazione appare correlata al deficit di formazione normalmente osservato nei lavoratori atipici e nei lavoratori irregolari, questi ultimi fortemente in gioco nei gravi e mortali infortuni specie in edilizia.

### La formazione/informazione nei lavoratori atipici

In tutte le situazioni di temporaneità dei rapporti di lavoro risultano di fondamentale importanza un'adeguata informazione e formazione dei lavoratori, ancora più necessarie in quanto si determinano cambiamenti frequenti di luoghi di lavoro, cicli produttivi, ambienti, mansioni, situazioni organizzative ecc. Da una ricerca ISFOL emerge che i "precari" si infortunano più degli stabili nel primo anno mentre tale quota si riduce di più nel secondo anno, il che appare indice di scarsa/ assenza di una vera e propria formazione. Alcune indicazioni sulla inadeguatezza della formazione nei lavoratori "flessibili" sono desunte dai rilievi degli organi di vigilanza e da alcuni studi di settore: ad esempio, nell'indagine condotta da CGIL e ISPEL (4), il 73,1% dei lavoratori intervistati asserisce di non essere mai stato informato sui rischi presenti sull'attuale posto di lavoro.



Figura 11 (fonte CGIL- ISPEL 2003)

Balzani e Calabrese (3) hanno rilevato che una buona parte dei lavoratori somministrati risulta essere stata informata sui rischi lavorativi solo in modo assai generico da parte dell'agenzia fornitrice, che ha fatto ricorso alla sola distribuzione di materiale cartaceo (88% dei casi). Solo nel 9% dei lavoratori l'informazione è stata "specificata" e caratterizzata da corsi o lezioni frontali mirati alla collocazione lavorativa. D'altra parte, le imprese utilizzatrici avrebbero provveduto all'informazione generale sui rischi nel 63,2% dei casi e solo nel 57,3% alla formazione specifica sui rischi presenti nel luogo di lavoro. Se si confrontano i dati con quelli relativi alla formazione svolta nella stessa regione e desunti dal monitoraggio sull'applicazione del Dlgs 626/94 (2000-2002) si rileva come sia nettamente inferiore non solo la percentuale di interinali che hanno fruito di informazione generale e specifica rispetto al campione del monitoraggio regionale ma come anche sia inferiore la percentuale di interinali rispetto ai lavoratori tradizionali, che hanno fruito di materiale cartaceo, di lezioni frontali, di lavori di gruppo o di sussidi audiovisivi. E le figure che dovrebbero essere più in gioco nella formazione efficace (RSPP, RLS, MC) sono in genere poco conosciute dagli interinali.

Nelle indagini in Toscana, è emerso che:

- gli atipici non sono contemplati nelle valutazioni dei rischi;
- sono confermate le carenze su formazione ed addestramento;
- vi sono incertezze (o inadeguatezze) sulla registrazione infortuni;
- emergono situazioni di inadeguatezza sulle dotazioni di DPI e sulla sorveglianza sanitaria.

Dall'indagine della CGIL (4), emerge poi che solo una esigua parte (4,6%) dei lavoratori è a conoscenza della compilazione del documento, mentre la maggioranza (30,6%) non sa che cosa sia, o (38%) non è al corrente circa la sua compilazione o (23,1%) ritiene che non è mai stato redatto.

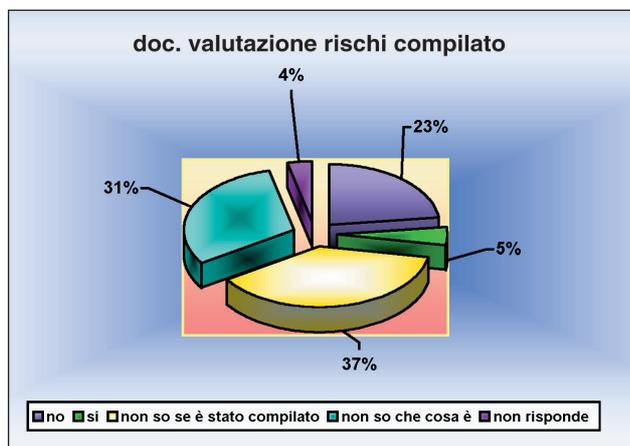


Figura 12 (fonte CGIL- ISPESL 2003)

È quindi naturale che il 58,3% ritenga che la tutela della salute sul posto di lavoro sia inadeguata.

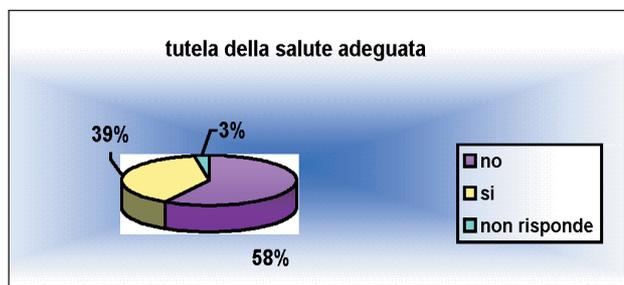


Figura 13 (fonte CGIL- ISPESL 2003)

Risulta anche che coloro che sono stati informati o formati sui rischi presenti sul posto di lavoro si esprimono favorevolmente sul livello di tutele, ritenendolo adeguato nel 76,9% dei casi, mentre nel caso di mancata informazione il giudizio favorevole scende al 27,8.

### Sorveglianza sanitaria

Per quanto concerne la sorveglianza sanitaria, una discreta aliquota di lavoratori non sembra essere sottoposta al controllo periodico (37% nella ricerca delle Marche) e gli obblighi di sorveglianza sanitaria sono talvolta espletati formalmente, tal'altra svolti impropriamente e frequentemente del tutto disattesi. Modalità organizzative e ostacoli di tipo logistico incidono in modo concreto sulla applicazione di corretti modelli di sorveglianza sanitaria: la brevità di alcune missioni o il susseguirsi di contratti temporanei non facilitano il ruolo del medico competente che se da una parte non riesce a seguire periodicamente il lavoratore, a maggior ragione spesso non è neanche in grado di rispondere con tempestività a richieste del datore di lavoro che ha necessità di avviare rapidamente il soggetto al lavoro.

Vi è necessità di raggiungere un equilibrio che garantisca il rispetto della normativa da parte del datore di lavoro e del medico competente e al contempo non determini inutili ripetizioni di accertamenti ed esami per il lavoratore. Esiste negli atipici quella che viene ormai pressoché unanimemente definita "carezza diffusa nella tracciabilità" non solo del rischio ma anche degli aspetti clinici ed eventualmente patologici correlati con il lavoro. Questo aspetto è grave anche per le ricadute amministrative e medico legali che comporta dal momento che è assai difficile in un "lavoratore flessibile" mettere in relazione alterazioni ed eventuale insorgenza di patologia associata ad un rischio pregresso e saltuario. Tale aspetto è stato più volte discusso e messo in evidenza in passato anche nelle Linee Guida Simlii (16) e potrà in futuro essere risolto solo attraverso l'adozione di atti amministrativi che codifichino nelle sedi opportune una registrazione adeguata ed una conservazione adeguata dei dati.

La questione prioritaria per la sorveglianza sanitaria sarà, per il Medico Competente, anzitutto chiedere l'elenco completo dei dipendenti con mansioni svolte ed orario espletato per evidenziare eventuali lavoratori atipici, valutando successivamente l'esistenza di presupposti per la realizzazione della sorveglianza sanitaria, verificando la tracciabilità ed interazione dei rischi mediante un'attenta anamnesi ed collaborando all'effettuazione della formazione di tali lavoratori.

La sorveglianza sanitaria dovrebbe essere effettuata nei casi in cui è prevista dalle vigenti norme di legge; casi straordinari di sorveglianza sanitaria non previsti espressamente dalla normativa dovrebbero sempre essere oggetto di accurata valutazione con riguardo all'aspetto epidemiologico, alla più consolidata letteratura medica, alle linee guida esistenti. Nel caso, il ricorso alla sorveglianza sanitaria potrà essere considerato non in violazione dell'art.5 della Legge 300 solo se assolutamente giustificato, previsto e validato dal MC nel documento di valutazione dei rischi se considerato in sostanza intervento generale di prevenzione in presenza di un rischio residuo non altrimenti eliminabile.

Si ricorda infine la necessità di tenere traccia di tutte le esposizioni, per quanto possibile, attraverso gli strumenti informativi disponibili come la cartella sanitaria e di rischio che deve essere consegnata al lavoratore al termine di ogni contratto, perché possa essere aggiornata in caso di nuovo lavoro dal MC.

In caso di esposizione ad agenti cancerogeni e chimici è altresì previsto l'invio di copia della cartella sanitaria all'ISPESL alla cessazione del rapporto di lavoro.

Questo può apparire come ulteriore aggravio burocratico, d'altro canto bisogna considerare che il legislatore italiano non si è adeguato alle indicazioni contenute nella direttiva del Consiglio Europeo del 25 giugno 1991, n. 91/383 che invitava a non utilizzare lavoratori temporanei in mansioni pericolose o che comunque esponessero a rischi di particolare gravità. L'indicazione, in parte recepita dalla L.196/97 che, rimandando ad uno specifico Decreto Ministeriale, vietava esplicitamente alcune lavorazioni per il lavoro interinale, tra le quali quelle comportanti esposizioni a cancerogeni è stata poi abrogata rendendo nulla questa importante precauzione. Poiché tale aspetto rappresenta una tra le lacune maggiori nella salvaguardia della salute dei lavoratori occorrerebbe valutare accuratamente l'effettuazione di lavori particolarmente pericolosi a cura di operatori "flessibili" segnalandosi anche l'opportunità di una eventuale rivisitazione e modificazione della specifica normativa.

### Rischi e patologie nei lavoratori atipici

Nel 2002 la Fondazione Europea di Dublino ha indagato su rischi e sistemi di prevenzione attuati per alcune categorie di lavoratori, includendo nella disamina anche i lavori flessibili, tra i quali gli interinali ed i lavori a tempo determinato. Dalla ricerca, risultavano penalizzati i lavoratori flessibili ed in particolare le donne, per le quali venivano denunciati con maggiore frequenza disturbi muscolo scheletrici (mal di schiena e disturbi al collo - spalla, alle braccia ed alle gambe), problemi cutanei, allergie e gastralgie, mentre gli uomini avrebbero segnalato con maggiore frequenza, oltre ai disturbi muscolo scheletrici, alle allergie ed alle patologie della cute, disturbi respiratori.

I lavoratori temporanei infatti sono soggetti, oltre ai rischi "classici" per i quali sono da tempo note malattie professionali, a rischi responsabili di patologie lavoro correlate per le quali anche esposizioni di modesta entità e/o di breve durata, ma ripetute, possono divenire di tutto rilievo.

Alcune forme di contratto temporaneo sono ormai da molti AA correlate a esiti avversi di natura psicosociale e sulla salute che dipendono dal tipo di contratto, dal sesso e dalla classe sociale (17, 18).

Gli indicatori di stress, risultano generalmente più elevati nei lavoratori atipici rispetto agli occupati stabili anche per la percezione della insicurezza dell'impiego e per le differenti condizioni di lavoro. D'altra parte, vi può essere una sorta di selezione che può mascherare gli effetti dello stress e sembra anche che laddove la flessibilità del lavoro non sia lasciata all'organizzazione dell'individuo ci siano peggiori condizioni di salute e benessere. Numerosi secondo lo studio della CGIL, i sofferenti di disturbi gastrointestinali (almeno qualche volta il 59,6%), di dolori muscolari (55,8%), di emicranie (55,3%), stanchezza cronica (45,5%), disturbi della vista (40,2%), problemi cutanei (38,8%), inappetenza e debolezza (37,2%). Leggermente più contenuta la quota di soggetti che lamentano disturbi respiratori (34,5%, di cui spesso o continuamente il 10,7%) e calo delle difese immunitarie (30,3%, di cui spesso il 5,6%). Appare opportuno sottolineare, ancora, come una minoranza significativa del campione accusi disturbi sessuali (16,3%), alimentari (15,9%) e attacchi di panico (18%, di cui il 6,1% in modo frequente o continuo).

La formazione non adeguata per la propria professionalità, la scarsa autonomia decisionale, ricoprire ruoli marginali nell'azienda oppure un carico di lavoro molto alto (o molto basso) insieme alle caratteristiche del lavoro (pericolosità, scomodità degli orari, carico fisico o mentale e carattere routinario dell'attività), il debole supporto sociale da parte dei lavoratori a tempo indeterminato e la carenza di tutela sindacale sono indicati come fattori in gioco nella comparsa delle alterazioni dello stato di salute.

Sotto il profilo anamnestico-clinico vengono prevalentemente segnalate situazioni di insoddisfazione, di stress e di problemi correlati allo scarso contenuto delle mansioni ed insoddisfazione anche per i seguenti fattori:

- **precarietà** della prestazione lavorativa,
- **durata breve del rapporto di lavoro** con numerosi turni e **difficoltà di integrazione nel sistema di sicurezza** aziendale (l'elemento del mancato o scarso inserimento nel contesto relazionale e comunicativo aziendale è uno dei punti critici più rilevanti e generalizzato al punto che secondo alcuni AA il sistema di prevenzione più efficace (definito "salvavita") consisterebbe nell'esistenza di un sistema di comunicazione formalizzato, progettato e gestito in una vera ottica bidirezionale (11),
- **prevalente occupazione in settori a maggior rischio** quali il metalmeccanico, l'edilizia, l'agricoltura,
- **rilevante presenza di immigrati con problemi di inserimento**,
- **basso profilo scolastico della manodopera**,
- **ridotte esperienze lavorative** degli operatori,
- **minore opportunità di formazione** e livelli più bassi di formazione.

Emergono svariati aspetti del lavoro che possono influire negativamente sullo stato di salute. Le risposte alla domanda sulla percezione del proprio livello di equilibrio psico-fisico confermano che non sono affatto pochi quelli che avvertono una instabilità di equilibrio (17,6%) o si sentono in uno stato di ansia (21,3%).

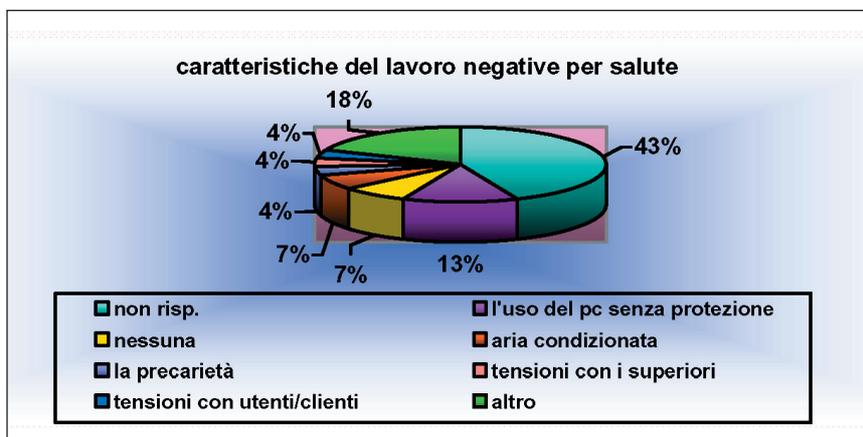


Figura 16 (fonte CGIL- ISPESL 2003)

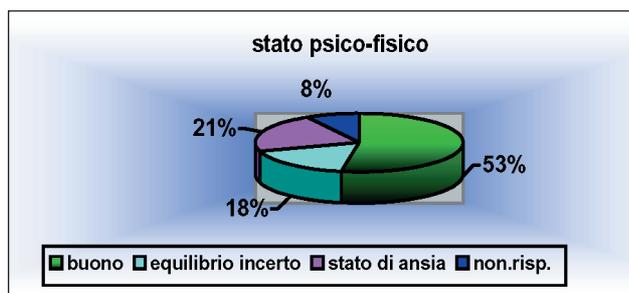


Figura 17 (fonte CGIL- ISPESL 2003)

Esempi di interventi migliorativi proposti dalle aziende, per tentare di risolvere le problematiche sopra citate sono le seguenti:

- atipici assunti per periodi lunghi, anche per garantire formazione ed addestramento
- accordi aziendali per gli atipici, mirati a prevenire disagi legati alla precarietà su (maternità, ferie etc.);
- potenziamento degli strumenti comunicativi interni alle aziende per rendere paritaria l'informazione;
- integrazione della formazione con l'affiancamento;
- vincoli per il ricorso agli atipici nei contratti di appalto;
- affidamento di mansioni a rischio minore agli atipici

## La vigilanza

Un compito importante dell'organo di vigilanza è la ricerca di modelli e strumenti di controllo adeguati per esplorare il tipo di realtà particolare. Gli aspetti da valorizzare in tale sede sono soprattutto la raccolta di informazione sui seguenti aspetti:

- contratti di lavoro (es valutando il confronto con la recente circolare ministeriale sui contratti a progetto)
- adeguatezza sostanziale e diffusione della formazione ed informazione
- verifica delle effettive condizioni di lavoro, dei rischi ad esse correlate e delle corrette valutazioni in merito;
- verifica del registro infortuni
- adeguata professionalizzazione ed addestramento;
- attività di sorveglianza sanitaria.

La vigilanza si concretizza nel controllo di:

- adeguatezza del dVR all'interno del quale devono essere considerati tutti i rischi compresi quelli connessi in maniera specifica all'impiego di lavoratori con contratto di lavoro atipico
- applicazione di quanto previsto nei contratti di somministrazione e di lavoro relativamente alla tutela della salute dei lavoratori (in caso di lavoro somministrato)
- inserimento nel registro infortuni degli eventi occorsi a lavoratori atipici
- corretta attuazione della sorveglianza sanitaria in base ai rischi residui nell'unità produttiva
- effettuazione degli accertamenti sanitari obbligatori
- adeguatezza della compilazione della cartella sanitaria e di rischio
- avvenuta informazione/formazione a carico dei datori di lavoro.

Nel caso di lavoro somministrato occorrerà verificare se l'azienda fornitrice ha informato i prestatori di lavoro su: mansioni, misure di sicurezza, rischi per la sicurezza e la salute connessi alle attività produttive in generale. Nell'ambito della sorveglianza sanitaria è necessario valutare se l'impresa utilizzatrice, nel caso in cui le mansioni richiedono una sorveglianza medica speciale o comportino rischi specifici, ha informato il prestatore di lavoro ai sensi del D.Lgs 626/94. È necessario che al lavoratore sia data formazione ed informazione sui rischi riferiti al posto di lavoro ed alle mansioni nonché i possibili danni e le conseguenti misure e procedure di prevenzione e protezione.

Allo scopo poi di verificare nelle attività ad attuale maggior sviluppo quali i call center, se il lavoro coordinato e continuativo sia effettivamente previsto per le sole prestazioni che siano genuinamente autonome, il progetto o programma di lavoro dovrebbe consentire al collaboratore di autodeterminare il ritmo di lavoro.

## Mappatura dei rischi

Considerando la complessità del fenomeno "lavoro flessibile" sotto l'aspetto della temporalità, variabilità della mansione ed aspecificità delle competenze, si suggeriscono alcuni schemi semplificativi dei possibili rischi e degli interventi di prevenzione di competenza sanitaria collegati alle diverse situazioni lavorative.

Tipologia di contratto e rischi connessi			
Contratto a tempo determinato			
Tipologia di lavoro	Rischi	Formazione informazione	Sorveglianza sanitaria
<b>Lavoro intermittente (a chiamata o job on call)</b>	inerenti alla mansione interferenze con la vita sociale disagio legato alla precarietà	Rischi presenti e procedure di sicurezza Utilizzo DPI Elementi di primo soccorso	Visita preventiva per esposti a rischio Visita a richiesta Visita periodica alle scadenze di legge
<b>Week-end job</b>	inerenti alla mansione possibile carenza di supervisione servizi aziendali ridotti orari giornalieri allungati interferenza con la vita sociale disagio legato alla precarietà	Rischi presenti e procedure di sicurezza Utilizzo DPI Elementi di primo soccorso	Visita preventiva per esposti a rischio Visita a richiesta Visita periodica alle scadenze di legge (Nel week-end)
<b>Lavori stagionali</b>	inerenti alla mansione probabilità elevate di mansioni faticose ed infortuni microclima spesso condizione di lavoratore straniero (v. rischi relativi) disagio legato alla precarietà	Rischi presenti e procedure di sicurezza Utilizzo DPI Elementi di primo soccorso	Visita preventiva per esposti a rischio Visita a richiesta Visita alla fine della stagione

Tipologia di contratto e rischi connessi		
Lavoro somministrato		
Rischi	Formazione informazione	Sorveglianza sanitaria
Inerenti alla mansione Possibile frequente cambio di mansioni differenti Probabilità più elevata di mansioni differenti e di infortuni Difficoltà di inserimento Disagio legato alla precarietà	Rischi presenti e procedure di sicurezza Utilizzo DPI Elementi di primo soccorso	<i>È unanimemente ritenuto che per i prestatori di lavoro "sommministrato" la sorveglianza sanitaria dovrà essere effettuata dal medico competente dell'impresa utilizzatrice con esclusione della visita preventiva che potrebbe essere fatta dal medico competente dell'agenzia di somministrazione in caso di assunzione a tempo indeterminato</i>  Visita preventiva Visita a richiesta Visita periodica a scadenza

Tipologia di contratto e rischi connessi		
Lavoro all'estero		
Rischi	Formazione informazione	Sorveglianza sanitaria
Inerenti alla mansione Ritmi sonno/veglia alterati Pasti disordinati e diversi Malattie infettive Stress	Alimentazione corretta e sicura Riconoscimento sintomi di stress Vaccinazioni e profilassi necessarie Siti WEB utili per prevenzione sanitaria e sicurezza personale	Preventiva di idoneità per viaggi a destinazione particolare Al rientro da destinazioni inconsuete Consigliata visita Periodica triennale <b>Vaccinazioni e profilassi</b>

Tipologia di contratto e rischi connessi		
Lavoro a progetto		
Rischi	Formazione informazione	Sorveglianza sanitaria
Inerenti alla mansione Possibile frequente cambio di mansioni differenti Probabilità più elevata di mansioni differenti e di infortuni. Difficoltà di inserimento Disagio legato alla precarietà	Rischi presenti e procedure di sicurezza Utilizzo DPI Elementi di primo soccorso	Visita preventiva per esposti a rischio Visita a richiesta Visita periodica alle scadenze di legge <i>Nei rapporti di lavoro a progetto si applicano le norme sulla sicurezza ed igiene di cui al Dlgs 626/94 e succ. m.i. quando la prestazione lavorativa si svolge nei luoghi di lavoro del committente, nonché le norme di tutela contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali.</i>

Tipologia di contratto e rischi connessi		
Telelavoro		
Rischi	Formazione informazione	Sorveglianza sanitaria
Lavoro isolato Utilizzo intensivo VDT Orari di lavoro scorretti Uso di arredi ed attrezzature non corretti	Posture e utilizzo attrezzature Sicurezza	Visita preventiva Visita a richiesta Visita periodica

Tipologia di contratto e rischi connessi		
Job-sharing		
Rischi	Formazione informazione	Sorveglianza sanitaria
Inerenti alla mansione e ponderati in funzione dell'esposizione Possibili overtimes Mansioni meno qualificate Scarso senso di appartenenza Minori informazioni <u>Maggiori rischi</u> da flessibilità, discontinuità nella presenza sul posto di lavoro	Rischi presenti e procedure di sicurezza Utilizzo DPI Elementi di primo soccorso	<u>Preventiva</u> per tutti gli esposti a rischi (indipendentemente dalla ponderazione) <u>A richiesta</u> <u>Periodica</u> a giudizio del medico

Tipologia di contratto e rischi connessi		
Mobile work		
Rischi	Formazione informazione	Sorveglianza sanitaria <sup>(°)</sup>
Utilizzo intensivo autovettura Utilizzo eccessivo del cellulare Lavoro spesso isolato Stress Pasti disordinati Lavoro presso clienti	Primo soccorso *Postura * Utilizzo cellulari / Port-it *Interazione farmaci - guida *Alimentazione *Riconoscimento sintomi di stress *Periodicità dei controlli sanitari	<u>Visita preventiva</u> <u>Visita a richiesta</u> <b><u>Visita periodica proposta ogni 3 anni</u></b>

(°) Rischi "normati" oppure "valutati" adeguatamente dal MC

Tipologia di contratto e rischi connessi		
Call-Center		
Rischi	Formazione informazione	Sorveglianza sanitaria
Utilizzo intensivo telefono e VDU Postura fissa Ritmi intensi Stress Talvolta isolamento	Postura e lay-out postazione Pause Riconoscimento sintomi stress Consultazione medico competente	Visita preventiva Visita a richiesta Visita periodica

## Conclusioni

Nel porre attenzione alle nuove forme di rischio legate all'atipicità lavorativa è necessario che ci sia una unanimità nel riconoscere: 1) **l'isolamento e la frammentazione sociale** come conseguenza di contratti ad hoc che distruggono i legami organizzativi tra individui, 2) **la disinformazione** per ridotti flussi informativi sull'organizzazione o sull'innovazione, 3) **la dequalificazione** quando i contratti non vengono rinnovati o quando vengono modificati verso il basso.

Esempi di interventi migliorativi proposti dalle aziende, per tentare di risolvere le problematiche sopra citate sono le seguenti:

- atipici assunti per periodi lunghi, anche per garantire formazione ed addestramento qualificato
- accordi aziendali per gli atipici, mirati a prevenire disagi legati alla precarietà su (maternità, ferie etc.);
- potenziamento degli strumenti comunicativi interni alle aziende per rendere paritaria l'informazione;
- integrazione della formazione con l'affiancamento;
- vincoli per il ricorso agli atipici nei contratti di appalto;
- affidamento di mansioni a rischio minore agli atipici

Nell'attesa di norme specifiche più calzanti per i lavoratori "flessibili" occorrerebbe porre la massima attenzione perché nelle imprese venga attuata:

- a) una redazione scritta del documento di valutazione dei rischi con dettaglio delle condizioni in cui si presenta l'occupazione flessibile
- b) una accurata valutazione dei rischi collegata alla organizzazione del lavoro (questione che spesso presenta carenze anche in riferimento ad occupazioni di tipo tradizionale)
- c) un sistema corretto di monitoraggio non solo degli infortuni accaduti (registro infortuni) ma anche degli infortuni mancati, nel quale possano in qualche modo essere coinvolti anche i lavoratori "flessibili"
- d) un buon funzionamento del sistema di comunicazione aziendale, una politica che sia orientata verso il benessere organizzativo con misure specifiche per i lavoratori flessibili
- e) il coinvolgimento e la partecipazione attiva del medico competente nelle politiche di prevenzione aziendali per tali lavoratori insieme alla partecipazione consapevole degli RLS sulle tematiche di sicurezza che coinvolgono gli atipici.

La sicurezza sui luoghi di lavoro deve assumere il concetto di sicurezza integrale, in quanto non si tratta solo della sicurezza della macchina o delle strutture, ad essere al centro della prevenzione ma l'uomo. Migliori condizioni si traducono, nella pratica lavorativa, in un maggior riconoscimento della dignità del lavoratore mentre in una fase in cui il mondo del lavoro richiede maggiore flessibilità, il lavoratore non deve essere costretto a moltiplicare le sue

energie psico-fisiche per adattarsi al cambiamento. Dal momento che i nuovi lavoratori sembrano risentire delle nuove strategie organizzative, che possono determinare condizioni di potenzialità o penalizzazione in relazione al rapporto tra individuo ed organizzazione della struttura sociale, è sicuramente compito delle istituzioni agevolare il lavoratore con tutele formali collettive, con adeguata vigilanza e con disposizioni giuridiche tese a proteggerlo (3).

## Bibliografia

- 1) Altieri G, Bonaretti M, Leonardi S, Rampino L. Lavoro Flessibile e Pubblica Amministrazione.
- 2) Apostoli P, Messineo A, Iacovone T, Bergamaschi A, Caldura U, Costa G, Iavicoli S, Persechino B, Soleo L. Linee guida per la sorveglianza sanitaria degli addetti ai lavori atipici e a lavori a turni. Ed. Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale & FSM volume 8, 2004.
- 3) Balzani B, Calabrese M, Marini F, Rossini R, Comai M. L'informazione sui rischi dei lavoratori interinali nel settore metalmeccanico. Atti 2° Conv. Naz. Lavoro Salute e Sicurezza, ASUR MARCHE, 2006.
- 4) CGIL-ISPESL. Indagine su salute, sicurezza e benessere nel lavoro flessibile, maggio 2003.
- 5) Ciacia C, D'Angelo E. I Contratti Atipici, EPC 2002, Roma.
- 6) Colao AM, Pisciotano V, Giampaolletti G, Cenci G, Bernardi V. Realtà emergente: fenomeno infortunistico e lavoro extracomunitario nella zona di Fabriano. Atti 2° Conv. Naz. Lavoro Salute e Sicurezza, ASUR Marche, 2006.
- 7) Cristaudo A, Buselli R Risultati preliminari di una esperienza di ricerca sullo stato di salute dei lavoratori atipici Pisa, 26.5.2006.
- 8) Di Giammarco AM. L'ampliamento del mercato del lavoro e la sicurezza dei lavoratori "un binomio possibile?". Atti 2° Conv. Naz. Lavoro Salute e Sicurezza, ASUR Marche, 2006.
- 9) Dotti A. I servizi di prevenzione nel lavoro che cambia: l'esperienza e le proposte del Piemonte Pisa, 26.5.2006.
- 10) Eurispes 2005: Sondaggio sulla precarietà dei rapporti di lavoro.
- 11) Galli G. Partecipazione dei lavoratori flessibili al sistema di gestione aziendale. Ambiente & Sicurezza, 3, 2004.
- 12) INAIL rapporto annuale 2005.
- 13) IRES. Dinamiche d'impresa, flessibilità contrattuale e impatti sulla salute e sicurezza nella percezione dei lavoratori Giugno 2006.
- 14) Montanini F. Il lavoro atipico: andamento e dimensioni del fenomeno. Atti 2° Conv. Naz. Lavoro Salute e Sicurezza, ASUR Marche, 2006.
- 15) Messineo A, Di Pierri C, Iacovone T. Lavori a tempo determinato. Ed. Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale & FSM volume 8, 2004.
- 16) Messineo A, Iacovone T, Bergamaschi A, Caldura U, Costa G, Iavicoli S, Persechino B, Soleo L. Linee Guida per la sorveglianza sanitaria degli addetti a lavori atipici. PIME Pavia 2004.
- 17) Peruzzi M, Masiero G. I servizi di prevenzione nel lavoro che cambia: l'esperienza del Veneto. Pisa, 26.5.2006.
- 18) Rustichelli E, Incagli L. Il tanto e il poco del lavoro flessibile, ISFOL, 2002.
- 19) Serretti N, Turini L, Bruschi A, Ciapini C, Genovese P, Fedi A, Zamboni C, Sgarrella C Il lavoro atipico: le linee di indirizzo regionali della Toscana Pisa, 26.5.2006.
- 20) Soprani P Riforma del lavoro e obbligazioni di sicurezza: gli aspetti prevenzionistici e di salvaguardia della salute. Ambiente & Sicurezza 3, 2004.

A. Aceto

## Organi di vigilanza e Medici Competenti per la prevenzione e la sicurezza nei luoghi di lavoro: aspetti giuridici

Procuratore della Repubblica presso il tribunale ordinario di Pescara

**RIASSUNTO.** L'ordinamento giuridico italiano, dopo l'entrata in vigore della Costituzione Repubblicana del '48, ha conosciuto, non solo nel campo della prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro, una vera e propria rivoluzione copernicana per effetto della quale al centro del sistema non è più lo Stato-fine bensì l'uomo portatore, in quanto tale, di diritti inviolabili che la Repubblica Democratica-mezzo riconosce e garantisce in ogni sede, ivi compresi i luoghi nei quali il lavoratore svolge la propria attività. A tal fine l'imprenditore/datore di lavoro è stato costituito garante della sua salute mediante un complesso articolato di leggi e norme che gli impongono l'adozione di misure di sicurezza sia a livello individuale, sia, più in generale, a livello organizzativo dell'impresa nella sua globalità. Tale posizione di garanzia è stata rafforzata attraverso la sanzione penale di tutti i comportamenti posti in essere in elusione o in violazione degli obblighi facenti capo all'imprenditore/datore di lavoro. La centralità della cultura della prevenzione ha fatto sì, in questo modo, che l'attività di controllo confluisse in quella di polizia giudiziaria con il riconoscimento, in capo agli organi di vigilanza, della qualifica di ufficiali di polizia giudiziaria e l'adozione delle norme del codice di procedura penale quali regole procedurali di condotta vincolanti per gli organi di vigilanza stessi ma anche quali garanzie per il rispetto del diritto di difesa dell'imprenditore/datore di lavoro.

**Parole chiave:** ordinamento giuridico, salute, organi di vigilanza.

**ABSTRACT.** *INSPECTIVE GROUPS AND OCCUPATIONAL PHYSICIANS FOR PREVENTION AND SECURITY IN WORK ENVIRONMENT: LEGAL ASPECTS. Italian jurisdiction, since the setting up of the Republic in 1948, has experienced a real and proper Copernican revolution, not only in the field of prevention of accidents and safety at work, which has meant that at the centre of the system there is no longer a State-finality but the individual person, in the form of inviolable rights that the Democratic Republic-vehicle recognises and guarantees in every place, including all places of occupation. To this end the entrepreneur/employer has become the guarantor of the health of his employees through a complex series of laws and regulations that imposes the adoption of safety measures on an individual, general and organizational level in the company. This guarantee has been reinforced by bringing in penalties for all those evasions or violations of these obligations of the entrepreneur/employer. The centralizing of the culture of prevention has meant that all the controls converge on the judicial police, with the head of the surveillance bodies having the status of officer of the judicial police, and with the adoption of regulations that follow the code of criminal procedures, which, while being binding for the same surveillance bodies is also a guarantee in respecting the right to be defended of the entrepreneur/employer.*

**Key words:** jurisdiction, health, surveillance bodies.

“L'Italia è una Repubblica democratica fondata sul lavoro” (art. 1 Cost.). “La Repubblica riconosce e garantisce i diritti inviolabili dell'uomo sia come singolo sia nelle formazioni ove si svolge la sua personalità, e richiede l'adempimento dei doveri inderogabili di solidarietà politica, economica e sociale” (art. 2 Cost.). “Tutti i cittadini hanno pari dignità sociale e sono eguali davanti alla legge, senza distinzione di sesso, di razza, di lingua, di religione, di opinioni politiche, di condizioni personali e sociali. È compito della Repubblica rimuovere gli ostacoli di ordine economico e sociale che, limitando di fatto la libertà e l'uguaglianza dei cittadini, impediscono il pieno sviluppo della persona umana e l'effettiva partecipazione di tutti i lavoratori all'organizzazione politica, economica e sociale del Paese” (art. 3 Cost.). “La Repubblica tutela la salute come fondamentale diritto dell'individuo e interesse della collettività, e garantisce cure gratuite agli indigenti” (art. 32 Cost.). “La Repubblica tutela il lavoro in tutte le sue forme ed applicazioni” (art. 35 Cost.). “I lavoratori hanno diritto che siano preveduti ed assicurati mezzi adeguati alle loro esigenze di vita in caso d'infortunio, malattia, invalidità, vecchiaia, disoccupazione involontaria” (art. 38 Cost.). “L'iniziativa economica privata è libera. Non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale o in modo da recare danno alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana” (art. 41 Cost.).

Sono queste le norme ed i principi costituzionali di riferimento dell'intera disciplina normativa in materia di prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro; disciplina la cui intera *filosofia*, non sarebbe nemmeno necessario dirlo, tanto è evidente, ruota intorno al nucleo centrale del fondamentale diritto alla salute di ciascun individuo ed, in particolare, dei lavoratori. Già il Codice Civile del 1930, che individuava nell'imprenditore il capo dell'impresa dal quale dipendevano gerarchicamente i suoi collaboratori, dovendosi intendere per tali i prestatori di lavoro subordinato (artt. 2086 e 2094, Cod. Civ.), imponeva al datore di lavoro l'obbligo di adottare *le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, erano necessarie a tutelare l'integrità e la personalità morale dei prestatori di lavoro* (art. 2087 Cod. Civ.); ma si trattava di norme a contenuto generico e non immediatamente precettivo nel senso che non imponevano all'imprenditore specifiche regole, autonomamente e specificamente sanzionate, come tali immediatamente verificabili e, in caso di omissione, sanzionabili. Tutto, in buona sostanza, era rimesso alla capacità organizzati-

va dell'imprenditore, alla sua *sensibilità filantropica*, salvo poi verificare, ma ad infortunio già avvenuto, la sussistenza di eventuali profili di responsabilità, sotto il duplice profilo civile e penale, nella causa delle lesioni riportate dal singolo lavoratore. Non apparteneva quindi alla logica di quel legislatore il concetto di *prevenzione*. Esisteva (ed esiste), è vero, una norma del codice penale che sanzionava (e sanziona ancor oggi) la condotta di chi volutamente, o anche solo per negligenza, imperizia, imprudenza o ignoranza, *omette(va) di collocare impianti, apparecchi o segnali destinati a prevenire disastri o infortuni sul lavoro o li rimuove o li danneggia* (artt. 437 e 466 Cod. Pen.), ma si tratta(va) di precetto indirizzato a *chiunque* (e dunque non direttamente al singolo datore di lavoro), collocato in un titolo (il sesto del libro secondo) che individua condotte integranti altrettanti *delitti contro l'incolumità pubblica* nei quali, quindi, l'orizzonte della tutela della salute del singolo lavoratore in quanto tale non solo non è prossimo ma si confonde nell'indistinta massa della pubblica incolumità.

La Costituzione Repubblicana del '48 ha mutato radicalmente la prospettiva e le modalità di approccio al problema. Non a caso ho voluto aprire il mio intervento con l'indicazione analitica delle norme costituzionali di riferimento (diretto e indiretto) e non a caso l'ho fatto scegliendo di illustrarle non per argomento tematico ma semplicemente per ordine numerico, così come esse sono riportate nella Carta, in modo da rendere ancora più evidente la centralità dei valori "*lavoro*" ed "*individuo*" fondanti la Repubblica Italiana rispetto ad ogni altro valore o interesse, pubblico o privato che sia. Ed appare subito evidente come il radicale rovesciamento di prospettiva abbia immediatamente comportato un innalzamento a rango costituzionale della tutela, sotto ogni profilo, del lavoratore soprattutto in relazione all'ambiente di lavoro (l'impresa, ove per tale s'intenda la *formazione sociale nella quale si svolge la sua personalità*) nel quale egli consuma gran parte della sua esistenza; e ciò sotto il duplice profilo: a) del riconoscimento, anche in sede lavorativa, dei suoi diritti inviolabili; b) dell'imposizione di inderogabili doveri di solidarietà economica e sociale a carico di colui che rimane pur sempre il capo dell'impresa. L'imprenditore/datore di lavoro non è più solo capo dell'impresa ma anche *garante della salute dei suoi collaboratori ed, in quanto tale, non più solo depositario di poteri ma anche e soprattutto destinatario di obblighi sempre più precisi, pregnanti e vincolanti*.

La traduzione, in termini normativi, è sotto gli occhi di tutti. Dal 1955 in poi il legislatore nazionale e quello comunitario hanno concorso a delineare un coacervo davvero impressionante di norme che fanno obbligo all'imprenditore/datore di lavoro di adottare specifiche cautele volte a prevenire gli infortuni sul lavoro. Non starò qui ad elencare le numerose, numerosissime disposizioni di legge che hanno tradotto in termini normativi questi precetti ma è chiaro che la scelta è stata quella di sottrarre alla discrezionalità ed alla capacità di ogni singolo imprenditore/datore di lavoro (pubblico o privato che fosse) la decisione di individuare quali specifici strumenti adottare allo scopo e ciò al fine non solo di rendere certe regole di condotta comunque fornite di sanzione penale in caso di loro inosservanza, ma anche di uniformarle su tutto il territorio nazio-

nale ed intracomunitario in evidente ossequio ai principi di uguaglianza ed effettività della tutela. Le stesse modalità di approccio al problema sono mutate. Se in principio, infatti, il legislatore *si accontentava* di prescrivere all'imprenditore/datore di lavoro di adottare determinate specifiche misure antinfortunistiche, le norme più recenti, proprio in attuazione del principio di effettività della tutela, hanno esteso sempre più il proprio campo di applicazione alle modalità stesse di organizzazione globale del lavoro attraverso l'individuazione di *misure generali di tutela*, di strumenti per renderne effettiva l'osservanza da parte di tutti ed il coinvolgimento dei diretti interessati nella individuazione delle misure e nella condivisione delle scelte organizzative. Sono nati così il *servizio di prevenzione e protezione* (art. 8 D.L.º 626/94), il *medico competente* (artt. 16 e 17 D.L.º cit.), il *rappresentante per la sicurezza* (art. 18 D.L.º cit.); agli stessi principi s'ispirano *l'informazione e la formazione dei dipendenti* (artt. 21 e 22 D.L.º cit.). Ed è di non poco momento il fatto che la omessa elaborazione del documento di cui all'art. 4, comma 2º, D.L.º cit., la mancata designazione tanto del responsabile del servizio di prevenzione e protezione quanto dei relativi addetti, l'omessa nomina del medico competente, l'omessa formazione/informazione dei lavoratori dipendenti, integrino altrettante condotte penalmente sanzionate.

Mai come in questo campo, forse, si è fatto tanto ricorso allo strumento della sanzione penale. E se la scelta della *contravvenzione* è tecnicamente funzionale a rendere il più ampio possibile l'ambito applicativo di norme che inglobano condotte tanto dolose quanto colpose e se quindi in questo modo i processi che le hanno ad oggetto non devono affaticarsi nella verifica del solo elemento doloso (certamente più difficile da accertare), è però altrettanto vero, da un lato, che in questo modo la prassi giudiziaria ha visto sempre più tramontare il ricorso al già citato art. 437 Cod. Pen. (delitto a specifica connotazione dolosa) anche in casi di clamorose omissioni dei più elementari presidi antinfortunistici, dall'altro che sempre più forte è il rischio della estinzione per prescrizione dei reati contravvenzionali. Sì che una scelta normativa ispirata al principio di effettività della tutela rischia, paradossalmente e nei fatti, di essere vanificata proprio per il suo *vizio di origine*. Non si possono a questo punto fare due considerazioni, rese peraltro stringenti dalla contingenza storica dell'attuale ricorso sempre più massiccio a manovalanza extracomunitaria: la prima, sul piano della prassi giudiziaria, comporta la necessità di un recupero del delitto di cui all'art. 437 Cod. Pen. quanto meno in quei casi in cui l'omissione dei presidi antinfortunistici sia talmente palese e clamorosa da non poter non essere ricondotta ad una scelta organizzativa dell'imprenditore/datore di lavoro finalizzata all'abbattimento dei costi ed alla massimizzazione dei profitti (e non sto qui ad evocare i casi in cui tale politica consente, nei pubblici appalti, la formulazione di offerte indubbiamente più competitive) approfittando, per l'appunto, della evidente condizione di inferiorità (se non di vera e propria sudditanza) psicologica e materiale della manovalanza straniera, ampiamente presente sul mercato e disposta a tutto pur di raggranellare qualche euro; la seconda, *de jure condendo*, auspica un cambiamento di rotta nelle modalità

di sanzione penale delle condotte omissive trasformandole tutte in delitti dolosi e prevedendone anche la connotazione colposa. In questo caso il termine entro il quale la sentenza di condanna dovrebbe passare in giudicato (termine che per le contravvenzioni è di cinque anni) si allungerebbe almeno fino a sette anni e sei mesi.

L'accertamento di qualunque fatto/reato compete alla polizia giudiziaria che "deve, anche di propria iniziativa, prendere notizia dei reati, impedire che vengano portati a conseguenze ulteriori, ricercarne gli autori, compiere gli atti necessari per assicurare le fonti di prova e raccogliere quant'altro possa servire per l'applicazione della legge penale". La polizia giudiziaria, inoltre, "svolge ogni indagine e attività disposta o delegata dall'autorità giudiziaria". Le relative funzioni vengono svolte "dagli ufficiali e dagli agenti di polizia giudiziaria" (così recita l'art. 55 C.p.p.). Appare dunque normale che dei fatti/reato in questa materia si possano occupare ufficiali ed agenti di polizia giudiziaria in forza alla Polizia di Stato, all'Arma dei Carabinieri ed alla Guardia di Finanza siccome naturalmente ed ontologicamente qualificati tali dall'art. 57, comma 1°, C.p.p., a prescindere dal fenomeno criminoso del quale si occupino o si debbano occupare. Ma è anche vero che lo stesso art. 57 cit. prevede che siano "altresì ufficiali ed agenti di polizia giudiziaria, nei limiti del servizio cui sono destinate e secondo le rispettive attribuzioni, le persone alle quali le leggi ed i regolamenti attribuiscono le funzioni previste dall'art. 55" (art. 57, comma 2°, c.p.p.). Sicché appare in qualche modo più fisiologico che ad occuparsi dell'accertamento, della prevenzione e della repressione dei reati in questo specifico settore (ed insomma a svolgere funzioni di polizia giudiziaria) siano proprio gli organi deputati alla vigilanza e tra questi, in particolare, il personale ispettivo di cui all'art. 21, comma 3°, L. 833/78, espressamente chiamato in causa dall'art. 19 D.L.º 758/94 (ma vanno certamente ricordati, secondo un'elencazione non esaustiva, anche gli ufficiali sanitari di cui agli artt. 40 R.D. 1265/34 e 2 D.P.R. 264/61 e gli ispettori del lavoro di cui all'art. 8 D.P.R. 520/55). Certamente non rientra in questa categoria il medico competente al quale nessuna norma fa carico dello svolgimento delle funzioni previste dall'art. 55 C.p.p.. Si tratta del resto di funzioni incompatibili con la possibilità, per quanto discutibile ma pur sempre normativamente prevista, che il medico competente sia a libro paga dell'imprenditore/datore di lavoro o sia comunque dipendente da una struttura con quest'ultimo convenzionata (art. 17, comma 5°, D.L.º 626/94). Si può discutere dell'estensibilità anche al medico competente dell'obbligo, gravante su ogni medico che ne riconosca l'esistenza, di denuncia delle malattie professionali (art. 139 D.P.R. 1124/65 T.U. delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali), obbligo peraltro sicuramente facente capo al cd. medico di fabbrica di cui all'art. 33 D.P.R. 303/56, ma di certo non siamo in presenza di un ufficiale o agente di polizia giudiziaria.

L'attribuzione agli organi di vigilanza della qualifica di ufficiali di polizia giudiziaria comporta che a questi ultimi competa lo svolgimento di tutte le funzioni ed i compiti previsti, in generale, dall'art. 55 c.p.p. cit., ivi compreso,

ovviamente lo svolgimento delle attività d'indagine all'uopo delegate dall'Autorità Giudiziaria. Del resto, non va dimenticato il rapporto di dipendenza funzionale che lega la polizia giudiziaria in generale all'Autorità Giudiziaria, rapporto distinto e diverso da quello di dipendenza organica che lega il singolo agente o ufficiale di polizia giudiziaria all'ente di appartenenza, qualunque esso sia. Il che, per quanto riguarda la specifica materia, può portare ad una serie di problemi di coordinamento con l'ente di appartenenza a cominciare dal delicatissimo aspetto della segretezza delle indagini e, prima ancora, della riservatezza della notizia di reato e quindi della possibilità che possano esservi destinatari ulteriori e diversi dal pubblico ministero, fino alla possibile destinazione del dipendente ad altro ufficio privo di attribuzioni in materia di vigilanza.

Non è possibile in questa sede affrontare i tantissimi aspetti che la confluenza dell'attività di vigilanza nella procedura penale (e la attribuzione della qualifica di ufficiale di polizia giudiziaria) comporta. Lascio al dibattito lo sviluppo e l'approfondimento di eventuali specifici aspetti.

Qui voglio limitarmi a ricordare solo alcuni aspetti di ordine generale che, anche per la loro criticità, possono fornire lo spunto per un confronto:

- a) La attribuzione della qualifica di agente ed ufficiale di polizia giudiziaria costituisce diretta conseguenza della scelta operata dal legislatore di non sovrapporre l'attività di vigilanza a quella di investigazione penale e di conservare, a fini processuali, la validità degli atti compiuti in sede ispettiva/amministrativa. Il riferimento normativo è costituito dall'art. 220 disp. coord. c.p.p. il quale prevede che "quando nel corso di attività ispettive o di vigilanza previste da leggi o decreti emergono indizi di reato, gli atti necessari per assicurare le fonti di prova e raccogliere quant'altro possa servire per l'applicazione della legge penale sono compiuti con l'osservanza delle disposizioni del codice";
- b) Ciò comporta la necessità della esatta individuazione del momento in cui l'attività ispettiva si trasforma in attività d'indagine preliminare perché a quel momento deve essere fatta risalire l'applicabilità delle norme che disciplinano il procedimento penale sin dal suo esordio e, quindi, l'estensione di tutte le garanzie difensive previste dalla legge a favore della persona sottoposta a indagini (si pensi, per fare un esempio, alla utilizzabilità delle dichiarazioni rese dall'autore del fatto in assenza del difensore);
- c) Per il corretto esercizio dei suoi poteri l'organo ispettivo dovrà necessariamente esibire il tesserino di riconoscimento dal quale risulti l'attribuzione della qualifica di ufficiale di polizia giudiziaria;
- d) La qualifica di ufficiale di polizia giudiziaria deve essere riconosciuta solo a coloro che, nell'ambito del medesimo ente, svolgono effettivamente poteri ispettivi e di vigilanza; essa non è legata alla mansione in quanto tale ma alle attribuzioni dell'ufficio nel quale le mansioni vengono svolte;
- e) Il potere di prescrizione di cui all'art. 20 D.L.º 758/94 appartiene già alla sfera dell'esercizio delle funzioni di polizia giudiziaria e ne costituisce espressione, sospen-

de il procedimento penale fino alla scadenza del termine fissato dall'organo di vigilanza e porta, ove soddisfatte le relative condizioni, all'estinzione della contravvenzione accertata;

- f) Proprio però perché finalizzato all'eliminazione della contravvenzione accertata, il potere di prescrizione non è *spendibile* in caso di accertamento del delitto di cui all'art. 457 Cod. Pen.;
- g) In questi casi, laddove ne ricorrano le condizioni, è possibile procedere al sequestro preventivo del cantiere o comunque del luogo di lavoro il cui utilizzo possa comportare il ragionevole pericolo di un danno immediato all'integrità fisica degli addetti ai lavori;
- h) Questo però non vuol dire che la prescrizione abbia eliminato la possibilità di procedere al sequestro preventivo quando vengano accertate contravvenzioni. La sospensione del procedimento, infatti, non impedisce l'adozione dei provvedimenti urgenti finalizzati a neutralizzare pericoli immediati e concreti alla salute delle persone (art. 23, comma 3°, D.L.º 758/94);
- i) Poiché *“con la prescrizione l'organo di vigilanza può imporre specifiche misure atte a far cessare il pericolo per la sicurezza o per la salute dei lavoratori durante il lavoro”* (art. 20, D.L.º cit.) è evidente che assai delicata è la valutazione della scelta di quale strumento

utilizzare in concreto per scongiurare siffatto pericolo. Si tratta di valutazioni che a mio avviso devono, quando possono, essere prese d'intesa con l'Autorità Giudiziaria territorialmente competente;

- j) Da ultimo, ma non per ordine d'importanza, la qualifica di ufficiale di polizia giudiziaria proietta l'organo di vigilanza nella cultura della giurisdizione con tutto ciò che ne consegue in termini di corretto, proficuo e leale rapporto con l'Autorità Giudiziaria, di valutazione del proprio agire in *funzione esclusiva del dibattimento e non meramente statistica o, peggio ancora, di parte. La confluenza dell'attività di vigilanza in quella di polizia giudiziaria proietta la prima nell'orbita del processo, posto che non può esservi 'azione' senza 'giurisdizione' ma nemmeno 'giurisdizione' senza 'azione' in un rapporto di simbiosi osmotica che impronta di sé anche l'attività di polizia giudiziaria; la polizia giudiziaria, infatti, svolge le indagini necessarie per le determinazioni inerenti all'esercizio dell'azione penale (art. 326 C.p.p.); determinazioni che competono esclusivamente al pubblico ministero che, a sua volta ed a tale scopo, deve tener conto anche degli elementi a favore della persona sottoposta alle indagini nel valutare l'idoneità degli elementi assunti a sostenere l'accusa in giudizio (art. 125 disp. att. C.p.p.)*.

**Richiesta estratti:** A. Aceto - E-mail: Aldo.aceto@giustizia.it