

*Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro e Dipartimento di Prevenzione Medico
ASL di Brescia*

*U.O. Medicina del Lavoro, Igiene, Tossicologia e Prevenzione Occupazionale
Spedali Civili di Brescia*

PIANO MIRATO
PREVENZIONE DELLE MALATTIE PROFESSIONALI
DA METALLI DURI

RELAZIONE CONCLUSIVA



APRILE 2015

INDICE

1. Premessa
2. Introduzione
 - 2.1 Esposizione a metalli duri e vie di assorbimento
 - 2.2 Patologie da metalli duri
3. Materiali e metodi
 - 3.1. Caratteristiche del campione di imprese
 - 3.2. Monitoraggio ambientale e biologico
 - 3.3. Indagine clinica
4. Risultati
 - 4.1. Fase conoscitiva
 - 4.2. Vigilanza
 - 4.3. Risultati del monitoraggio biologico ed ambientale
 - 4.3.1 Monitoraggio ambientale
 - 4.3.2 Monitoraggio biologico
 - 4.3.3 Discussione dei risultati
5. Orientamenti per la prevenzione
 - 5.1 Valutazione del rischio e dell'esposizione
 - 5.2. Misure di prevenzione collettiva
 - 5.3. Misure di protezione individuale
 - 5.4. Sorveglianza sanitaria

Relazione redatta a cura di:

P.G. Barbieri, E. Brunelli, S. Garattini, M. Sarnico (SPSAL – ASL Brescia)

P. Apostoli, G. De Palma, M. Paganelli (U.O.O.M.L. - Spedali Civili)

Operatori del Servizio PSAL che hanno partecipato:

*P.G. Barbieri, D. Boninsegna, G.F. Borghetti, E. Brunelli, R. Festa, F. Franchi,
M. Galvagni, S. Garattini, F. Pedrini, F. Rizzini, M. Sarnico, F. Schettino, L. Scolari.*

Operatori del Servizio U.O.O.M.L. che hanno partecipato:

P. Apostoli, G. De Palma, D. Festa, F. Orlandi , M. Paganelli, L. Scicolone

1 Premessa

Nel 2014 il Servizio PSAL della ASL di Brescia ha programmato e realizzato un Piano Mirato di Prevenzione dedicato alla lavorazione dei metalli duri (MD), cobalto e tungsteno essenzialmente, e all'esposizione dei lavoratori alle polveri derivanti dalla produzione di utensili da taglio che li contengono.

Questa decisione è scaturita dall'osservazione di un caso di pneumopatia da metalli duri in un lavoratore addetto al taglio di barrette e affilatura manuale, che era risultato esposto per 10 anni ad elevati livelli di cobalto e tungsteno.

La possibilità che altri lavoratori risultassero esposti a concentrazioni elevate di MD e l'importante diffusione in provincia di Brescia di aziende con questo tipo di lavorazione ha reso opportuna una indagine, rivolta a un campione di imprese, per conoscere più approfonditamente questa problematica e fornire possibili indicazioni utili alla assunzione di *buone prassi* da parte dei datori di lavoro e dei lavoratori.

Questa relazione riassume l'indagine svolta dal Servizio PSAL in collaborazione con l'U.O. Medicina del Lavoro, Igiene, Tossicologia e Prevenzione Occupazionale dell'A.O. Spedali Civili di Brescia.

Sono presentati, in particolare, i risultati delle indagini volte a valutare il rischio lavorativo e l'esposizione a MD in un campione di 19 imprese del settore. attraverso attività di monitoraggio ambientale e biologico di lavoratori addetti alla produzione di utensili da taglio,

Rispetto a quanto precedentemente realizzato nei documenti di valutazione del rischio da parte dei datori di lavoro e medici competenti, in questa relazione sono presentati orientamenti per la prevenzione del rischio da MD, da realizzare attraverso l'adeguata valutazione del rischio, l'assunzione sistematica di misure di prevenzione tecniche, organizzative e procedurali, nonché attraverso una appropriata sorveglianza sanitaria e specifica informazione e formazione dei lavoratori.

Queste *buone prassi* per la prevenzione sono state, in parte, presentate nel corso del Seminario tenutosi il 18.12.2014 con alcune imprese e saranno oggetto di maggiore diffusione nel corso del 2015, affinché tutte le imprese del settore si attrezzino, autonomamente e con sollecitudine, ad affrontare al meglio questa rilevante problematica per evitare l'insorgenza di gravi patologie polmonari tra i lavoratori.

2 Introduzione

Il rischio da esposizione lavorativa a polveri di metalli duri è noto da molti anni.

Nel 1990 nella provincia di Bergamo erano state segnalate alcune patologie polmonari

da cobalto in addetti alla produzione di taglienti diamantati per la lavorazione di lapidei [Parigi P. et Al., 1990].

Approfondimenti svolti a cura del Servizio di Medicina del Lavoro della ASL di Bergamo in collaborazione con il Servizio di Medicina del Lavoro degli Ospedali Riuniti avevano fatto emergere un quadro allarmante delle condizioni di lavoro in questo settore per la diffusa, quanto sottovalutata, esposizione a cobalto e tungsteno.

Indagini cliniche effettuate su lavoratori con elevata esposizione a cobalto avevano evidenziato come queste circostanze fossero in grado di causare l'insorgenza di gravi fibrosi polmonari con insufficienza respiratoria, anche in soggetti giovani e con limitata anzianità lavorativa.

In esito alle numerose indagini ambientali effettuate, con l'integrazione di attività di monitoraggio biologico e sorveglianza sanitaria, questi Servizi di Medicina del Lavoro nel 1992 organizzarono a Bergamo un importante Congresso europeo per presentare i risultati emersi e creare una occasione di dibattito scientifico sulla prevenzione delle malattie polmonari da cobalto.

Nel 1994 vennero pubblicati gli atti del Congresso nel numero speciale *Cobalt and hard metal disease* della rivista *The Science of the Total Environment*, a cura di Seghizzi P., Mosconi G., Sabbioni E. e Minoia C.; venivano qui raccolti numerosi contributi di autori italiani e stranieri che permettevano la messa a fuoco del problema, suggerendo strategie di valutazione e prevenzione del rischio, quanto protocolli di sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti.

Specifiche relazioni erano dedicate, tra le altre, alla criticità della valutazione del rischio e al necessario ricorso a tutti gli strumenti a disposizione dell'igiene del lavoro per una corretta stima dell'esposizione, a partire dal monitoraggio biologico. Veniva altresì focalizzata l'importanza della diagnosi precoce della pneumopatia da metalli duri, con approfonditi protocolli diagnostici, per scongiurare l'evoluzione clinica della patologia, attraverso l'interruzione dell'esposizione.

Merita ricordare che nella casistica riportata dai medici del lavoro di Bergamo figuravano due operaie di 16 e 17 anni che avevano contratto la fibrosi polmonare rispettivamente dopo 2 e 3 anni dall'inizio dell'esposizione [Migliori M. et al., 1994].

In questo consesso scientifico, tra i rischi per la salute derivanti dall'esposizione a cobalto era anche indicato quello cancerogeno, tuttavia con un livello di evidenza *inadeguata*, come da valutazione della Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC, Monografia N°52 1991), malgrado la sufficiente evidenza nell'animale.

Successivamente, nel 2006 la Monografia N° 86 della IARC classificava l'esposizione a cobalto in associazione con il tungsteno come cancerogena *probabile* (gruppo 2A); parte dei componenti del gruppo di valutazione IARC propendeva tuttavia per la

classificazione come cancerogeno *certo* (gruppo 1). La successiva Monografia N° 100C del 2012 ha riconfermato per il momento questa classificazione.

L'evidenza di un (altamente) probabile effetto cancerogeno per il polmone conseguente all'esposizione combinata a polveri di cobalto e tungsteno rende imperativa l'assunzione di ogni possibile misura di prevenzione e protezione per contenere al minimo possibile questa esposizione, considerato che per gli effetti cancerogeni non è possibile al momento identificare un livello soglia di esposizione a cui l'effetto (tumore) non si manifesterà con elevata probabilità, contrariamente ad altri effetti sulla salute.

Come si avrà modo di valutare nei capitoli seguenti, a distanza di 20 anni dal Congresso europeo su cobalto e malattie da metalli duri, anche in provincia di Brescia l'indagine condotta nel 2014 ha consentito di verificare, purtroppo, che lo scenario di grave sottovalutazione del rischio si è sostanzialmente riproposto.

Le conseguenze di questa sottovalutazione, in termini di mancata prevenzione delle patologie polmonari da cobalto e tungsteno, sono tuttora oggetto di valutazione.

2.1 Esposizione a metalli duri e vie di assorbimento

Il cobalto non è soltanto un elemento tossico: esso infatti, a concentrazioni fisiologiche, svolge delle funzioni essenziali per lo sviluppo ed il normale funzionamento dell'organismo (elemento essenziale), in quanto elemento costitutivo della vitamina B12 (cobalamina), coinvolta nelle reazioni di sintesi del DNA e del RNA. I tessuti che risentono maggiormente di un deficit di vitamina B12 sono quelli caratterizzati da un elevato ricambio cellulare e dunque il midollo osseo emopoietico e la mucosa gastrointestinale. Poichè inoltre la vitamina B12 interviene nel metabolismo dei lipidi, un suo deficit si associa anche a sintomi neurologici.

Le principali fonti alimentari di vitamina B12 (e cobalto) sono carne, in particolare fegato, pesce (molluschi soprattutto), uova e latticini.

In ambito lavorativo, l'esposizione a cobalto avviene attraverso le polveri metalliche che lo contengono e la principale via di assorbimento è rappresentata dall'apparato respiratorio, ove giunge in seguito a inalazione. A questo livello è privilegiato l'assorbimento in particolare dei composti solubili (particelle di cobalto e carburo di tungsteno) e del cobalto in forma ionica (Co^{++}). L'assorbimento per via digerente, che in ambito lavorativo non è previsto se si rispettano le più elementari norme igieniche (igiene personale, divieto di fumo e di mangiare e bere nei locali di lavoro), sembra potenziato in condizioni di carenza di ferro. E' possibile un assorbimento attraverso la cute in seguito ad imbrattamento, in particolare di Co^{++} , che è presente nelle miscele

oleose di rettifica.

L'eliminazione del cobalto assorbito avviene principalmente per via urinaria; studi condotti in lavoratori esposti a polveri di metalli duri hanno evidenziato un picco di eliminazione 2-4 h dopo l'esposizione, seguito da rapido calo nelle prime 24 ore (Apostoli et al, 1994).

Non sono al momento note per il tungsteno funzioni biologiche specifiche. Le principali sedi di assorbimento sono l'apparato respiratorio e l'apparato digerente.

L'eliminazione avviene principalmente per via urinaria, con una cinetica più rapida rispetto al cobalto.

Da un punto di vista tossicologico cobalto e tungsteno agiscono in maniera sinergica: la combinazione dei due metalli produce un incremento sia dell'assorbimento per via inalatoria che delle proprietà tossicologiche. Negli aggregati depositati a livello polmonare, il carburo di tungsteno favorisce la ionizzazione del Co metallico in Co^{++} , e dunque la sua solubilizzazione (e assorbimento), nonché la riduzione dell'ossigeno, qui presente in alte concentrazioni, con formazione di radicali liberi dell'ossigeno. Il danno ossidativo polmonare costituisce uno dei principali meccanismi con cui si determina la pneumopatia da metalli duri.

2.2 Patologie da metalli duri

I meccanismi con cui i metalli duri esplicano i loro effetti tossici derivano dalle proprietà tossicologiche del cobalto e dall'interazione sinergica tra cobalto e carburo di tungsteno.

A carico delle alte vie respiratorie possono verificarsi episodi di rinite sia su base irritativa che allergica. Il cobalto è infatti un agente sensibilizzante che può dare, sempre a livello dell'apparato respiratorio, anche asma bronchiale e a livello cutaneo dermatite da contatto.

Il quadro più caratteristico e specifico della co-esposizione a polveri contenenti cobalto e carburo di tungsteno è però quello della pneumopatia da metalli duri (nota anche come pneumoconiosi da metalli duri o polmonite interstiziale a cellule giganti): in alcuni pazienti sono presenti sintomi episodici/subacuti correlati all'esposizione professionale, mentre in altri pazienti il quadro polmonare evolve più rapidamente verso la fibrosi interstiziale, forma irreversibile e gravemente invalidante di insufficienza respiratoria.

Nella forma cronica i sintomi sono aspecifici ed essenzialmente costituiti da astenia, tosse secca e dispnea ingravescente. Le prove spirometriche di funzionalità respiratoria possono evidenziare un quadro restrittivo e, in conseguenza del

coinvolgimento dell'interstizio, una riduzione della diffusione alveolo-capillare, misurata con monossido di carbonio (DLCO).

Dal punto di vista radiologico, la radiografia del torace può evidenziare opacità reticolo-nodulari, in genere nei campi medio-basali bilateralmente mentre la Tomografia Computerizzata (TC) evidenzia reticolazioni ed aree a vetro smerigliato sub-pleuriche o, nei casi più avanzati, fibrosi interstiziale con aspetti a nido d'ape.

Istologicamente o anche con il solo esame citologico su fluido di lavaggio bronco-alveolare (BAL) è possibile dimostrare la presenza di flogosi interstiziale caratterizzata dalla presenza di cellule giganti multinucleate specifiche della pneumopatia da metalli duri.

Lo sviluppo e l'evoluitività della malattia sono dipendenti non solo dai livelli di esposizione ma anche in larga parte dalla suscettibilità individuale; questo emerge in modo evidente dalla disparità di quadri clinici in lavoratori con livelli di esposizione sovrapponibili anche all'interno della stessa azienda. Alcuni studi hanno evidenziato un'associazione dell'antigene di istocompatibilità HLA-DP Glu beta69 con i quadri patologici più gravi. Non esistono al momento terapie efficaci; l'unico mezzo in grado di rallentare o arrestare l'evoluzione della malattia è la prevenzione secondaria con una diagnosi precoce e la cessazione dell'esposizione che, se realizzata per tempo, prima della comparsa di fibrosi polmonare, può permettere la guarigione.

E' stato infine appurato un legame tra tumore polmonare ed esposizione a metalli duri. Come già ricordato, per la IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) la miscela di cobalto metallico e carburo di tungsteno è classificata in gruppo 2A, "probabile cancerogeno per l'uomo", mentre invece l'esposizione isolata a Co metallico è classificata nel gruppo 2B, "cancerogeno possibile per l'uomo".

3 Materiali e metodi

3.1 Caratteristiche del campione di imprese

L'indagine ha riguardato 19 aziende di produzione, rigenerazione, affilatura di utensili in metalli duri o di acciai speciali contenenti leghe di cobalto e tungsteno.

Le lavorazioni sono effettuate con macchine a controllo numerico (MCNC) con impiego di lubrorefrigeranti e con affilatrici e profilatrici manuali a secco.

Il campione è formato per la maggior parte da piccole aziende, di cui 12 con meno di 5 lavoratori esposti e una sola con più di 30 esposti.

A tutte le aziende è stata inviata una lettera con richiesta di fornire l'estratto della valutazione dei rischi relativamente alla esposizione a metalli duri, i risultati di

eventuali indagini ambientali, del monitoraggio biologico e della sorveglianza sanitaria.

3.2 Monitoraggio ambientale e biologico

In 17 aziende del campione il Servizio PSAL ha effettuato il monitoraggio biologico con la raccolta delle urine di fine turno e fine settimana lavorativa per la determinazione di cobalto e tungsteno. In 5 aziende è stato effettuato anche il monitoraggio biologico della esposizione a idrocarburi aromatici policiclici (IPA) mediante la determinazione del 1-idrossipirene urinario (1OHP). Contemporaneamente al monitoraggio biologico in 3 aziende è stato effettuato il monitoraggio ambientale con la determinazione della concentrazione di cobalto e tungsteno nell'aria dell'ambiente di lavoro.

In una azienda si è proceduto a particolari approfondimenti sia a livello biologico, ricerca della concentrazione di cobalto e tungsteno nell'aria espirata, che ambientale, con la determinazione della granulometria delle polveri aero disperse.

Le analisi dei campioni biologici e ambientali sono state eseguite dal laboratorio della Unità Operativa Ospedaliera di Medicina del Lavoro, Igiene Tossicologia e Prevenzione Occupazionale, degli Spedali Civili di Brescia.

I risultati del cobalto e tungsteno urinari sono espressi in microgrammi per litro (mcg/l) e per la loro interpretazione vanno confrontati con:

- i valori di riferimento della popolazione generale non professionalmente esposta proposti dalla Società Italiana Valori di riferimento (SIVR) del 2011, che sono per il cobalto 0,1-1,5 mcg/l e per il tungsteno 0,05-0,15 mcg/l

Tali valori sono appropriati termini di confronto nel caso di esposizione lavorativa ad agenti cancerogeni, al fine di definire se l'esposizione, e quindi il rischio, siano superiori a quelli della popolazione generale non professionalmente esposta.

- gli indici biologici di esposizione (BEI[®]) della ACGIH (Conferenza Americana degli Igienisti Industriali Governativi) 2014, fissati solo per il cobalto in 15 mcg/l, da considerarsi come valori al di sotto dei quali la maggior parte dei lavoratori non dovrebbe subire effetti negativi per la salute, ad eccezione degli effetti cancerogeni ed allergici, che non dipendono dalla dose.

I risultati del monitoraggio ambientale vanno confrontati con i valori limite (TLV-TWA[®]) dell'ACGIH che per il 2014 sono pari, rispettivamente, per il cobalto a 20 mcg/mc; per il tungsteno a 1000 mcg/mc (composti solubili) e a 5000 mcg/mc (composti non solubili); per le polveri inalabili a 10 mg/mc.

I TLV-TWA[®] sono i valori limite di esposizione per le 8 ore lavorative al di sotto dei quali la maggior parte dei lavoratori non dovrebbe subire effetti negativi per la salute, ad eccezione degli effetti cancerogeni ed allergici che non dipendono dalla dose.

3.3 Indagine clinica

Nelle prime due aziende indagate si è ritenuto necessario prescrivere alle imprese, attraverso il medico competente, l'esecuzione di un approfondimento clinico per valutare i possibili effetti della esposizione a metalli duri. I lavoratori esposti sono stati sottoposti a CT spirale ad alta risoluzione (HRCT) (10 lavoratori addetti a lavorazioni manuali a secco), RX torace con tecnica ILO-BIT (45 lavoratori) e spirometria con DLCO (55 lavoratori).

4. Risultati

4.1 Fase conoscitiva

Dall'esame dei documenti di valutazione dei rischi (DVR) è emerso che 11 aziende hanno completamente ignorato la problematica dei metalli duri nelle loro lavorazioni. In essi si fa riferimento solo alla presenza di polveri metalliche generiche a cui corrispondono misure di prevenzione generiche.

In 3 sole aziende il rischio da esposizione a polveri di metalli duri è stato individuato prima del 2014, mentre in altre 5 il rischio da inalazione di metalli duri è stato considerato in una revisione del documento di valutazione dei rischi dell'estate 2014.

Il contributo alla valutazione dei rischi da parte del medico competente è risultato scarso o nullo, elemento confermato anche dalla lettura dei verbali di sopralluogo, completamente privi di contenuto tecnico, utile per il datore di lavoro e il RSPP nella individuazione del rischio.

Solo 2 aziende avevano effettuato una indagine ambientale con determinazione del cobalto e solo 3 il monitoraggio biologico del cobalto e/o tungsteno, i cui risultati tuttavia non erano stati integrati nel documento di valutazione dei rischi, come necessario.

Anche a causa del mancato o comunque scarso contributo del medico competente al processo di valutazione dei rischi, la sorveglianza sanitaria è risultata largamente inadeguata, limitandosi alla sola visita medica e spirometria.

Laddove è stato effettuato il monitoraggio biologico del cobalto la valutazione si è basata solo sul confronto con i BEI[®] dell'ACGIH, ovvero i valori limite per i professionalmente esposti. Questo approccio risulta inadeguato a valutare l'esposizione ad agenti cancerogeni, per i quali il confronto deve essere fatto anche con i valori di riferimento per la popolazione generale. Di conseguenza la

comunicazione dei risultati della sorveglianza sanitaria alle imprese è risultata inadeguata e inefficace ai fini della valutazione del rischio e della prevenzione.

4.2 Vigilanza

Si è proceduto quindi ad effettuare i sopralluoghi delle aziende nel corso dei quali è emerso che:

- gli impianti di aspirazione, presenti in tutte le aziende, erano stati realizzati senza specifica progettazione e presentavano quasi sempre bocchette di aspirazione poco o nulla orientabili
- uso DPI scarso/inadeguato e limitato ai guanti e occhiali, nessuna protezione delle vie respiratorie
- servizi igienici mediocri e gestiti in modo inadeguato
- inadeguata formazione ad una corretta igiene personale: doccia effettuata da pochissimi addetti, abiti da lavoro non sempre cambiati ad inizio e fine turno e nella pausa pranzo
- formazione e informazione dei lavoratori sul rischio specifico insufficiente, anche in conseguenza della inadeguatezza della VR

In riferimento alla sicurezza, si è riscontrato che molte macchine utensili presentavano gli organi lavoratori non protetti o con dispositivi di sicurezza elusi.

Le carenze nell'applicazione della normativa di igiene e sicurezza sul lavoro sono state oggetto di specifiche prescrizioni da parte del Servizio PSAL.

4.3 Risultati del monitoraggio ambientale e biologico

4.3.1 Monitoraggio ambientale

Nei mesi di giugno e Novembre 2014 in 3 aziende, è stato condotto un monitoraggio ambientale per la ricerca di polveri inalabili, cobalto e tungsteno. In totale sono stati raccolti 30 campioni di cui 18 di tipo personale e 12 di centro ambiente.

I risultati sono espressi in mcg/mc per cobalto (tab. 1 e 2) e tungsteno (tab. 3 e 4) e in mg/mc per le polveri inalabili (tab. 5).

Dall'analisi dei risultati riportati in tabella 1 si evidenzia sul campione totale un valore mediano di cobalto pari a 0,09 mcg/mc, con un intervallo compreso tra 0,005 e 3,02 mcg/mc. Si è poi voluto approfondire andando a separare (tabella 2) i risultati in relazione al tipo di lavorazione a secco (13 postazioni) o a umido (17 postazioni). I valori mediani di cobalto aerodisperso sono significativamente maggiori ($p < 0,05$) nel

gruppo delle lavorazioni a secco (0,14 mcg/mc), rispetto a quelle a umido (0,06 mcg/mc), con intervalli rispettivamente di 0,005-3,02 e 0,008-0,35 mcg/mc.

Le stesse analisi condotte per il tungsteno (tab. 3) hanno evidenziato sul gruppo totale un valore mediano di 0,045 mcg/mc e un intervallo compreso tra 0,001 e 1,05 mcg/mc; anche in questo caso le lavorazioni a secco hanno presentato un valore mediano significativamente ($p=0,001$) più elevato (0,1 mcg/mc), rispetto alle lavorazioni a umido (0,02 mcg/mc), con intervalli compresi rispettivamente tra 0,003 e 1,05 e tra 0,001 e 0,1 mcg/mc (tab. 4).

Per quanto riguarda i risultati delle polveri inalabili (tab 5) si evidenzia un valore mediano sulle 30 postazioni campionate pari a 0,11 mg/mc, con un intervallo compreso tra <0,05 e 1,15 mg/mc.

In un caso l'analisi delle polveri è stata approfondita anche mediante analisi granulometrica, misurando con un analizzatore GRIMM, presso due postazioni di affilatura manuale e una a controllo numerico la percentuale di particelle presenti nelle diverse frazioni granulometriche. Come si evince dalle figure 1 e 2, l'80% delle particelle ha un diametro inferiore a 2 micron e oltre il 90% sta al di sotto dei 5 micron, nel range quindi delle polveri respirabili.

4.3.2 Monitoraggio biologico

Nel periodo maggio-novembre 2014 sono stati raccolti in totale 184 campioni urinari a fine turno di fine settimana lavorativa, appartenenti a 147 lavoratori in quanto in 3 ditte la raccolta urinaria è stata ripetuta più volte.

Ai lavoratori è stato somministrato un questionario per valutare la presenza di eventuali fattori confondenti, in particolare fumo di sigaretta, assunzione di farmaci (integratori, farmaci omeopatici), protesi odontoiatriche/ortopediche e per valutare la presenza di patologie allergiche o a carico dell'apparato renale e respiratorio. A tutti i lavoratori è stato inoltre richiesto di fornire informazioni riguardanti l'attività svolta nei giorni antecedenti il monitoraggio biologico, in particolare il tipo di metallo lavorato e le macchine utilizzate, a controllo numerico o manuali.

Dall'analisi dei risultati riportati in tabella 6, si evidenzia sul totale dei 184 campioni (44 di addetti alle lavorazioni a secco; 97 di addetti alle lavorazioni a umido; 43 di addetti a lavorazioni sia a secco che a umido), un valore mediano di cobalturia pari a 1,7 mcg/l, quindi superiore al 95° percentile dei valori di riferimento SIVR, con un intervallo compreso tra 0,1 e 27,2 mcg/l. È interessante notare come in 95 campioni (52%) siano state riscontrate concentrazioni di cobalto urinario superiori al 95° percentile dei valori di riferimento SIVR; mentre in 6 campioni (3%) è stato superato

anche il valore limite BEI[®] dell'ACGIH.

Le analisi sui campioni classificati per tipo di lavorazione (tabella 7) hanno evidenziato un valore mediano di cobalturia superiore (ma non statisticamente significativo) per gli addetti alle lavorazioni a secco (2,3 mcg/l), rispetto agli addetti alle lavorazioni a umido (1,6 mcg/l), con percentuali di superamento del 95° percentile dei valori di riferimento SIVR rispettivamente del 75% e del 51%.

La tabella 8 evidenzia sul campione totale dei 184 campioni un valore mediano di tungsteno pari a 2,2 mcg/l, quindi superiore al 95° percentile dei valori di riferimento SIVR, con un intervallo compreso tra 0,1 e 151 mcg/l. In questo caso, la totalità dei campioni analizzati presentava concentrazioni di tungsteno urinario superiori al 95° percentile dei valori di riferimento SIVR.

L'analisi sui campioni classificati per tipo di lavorazione (a secco e a umido) (tabella 9) ha evidenziato, analogamente a quanto osservato per il cobalto, un valore mediano di tungsteno urinario superiore (ma non statisticamente significativo) per gli addetti alle lavorazioni a secco (3,4 mcg/l), rispetto agli addetti alle lavorazioni a umido (2,2 mcg/l).

4.3.3 Discussione

Nonostante i risultati delle indagini effettuate dimostrino basse concentrazioni ambientali di cobalto e tungsteno, con valori ampiamente inferiori ai valori limite ambientali, lo stesso non è stato dimostrato dai risultati del monitoraggio biologico. Infatti, il 52% ed il 100% rispettivamente dei valori di cobalto e tungsteno urinari sono risultati superiori al 95° percentile dei valori di riferimento SIVR, così che possiamo affermare che l'attività di addetto alla lavorazione di metalli duri comporta un'esposizione a cobalto e tungsteno certamente superiore a quella della popolazione generale non professionalmente esposta. Inoltre, l'asimmetria dei risultati delle elaborazioni statistiche nel confronto tra valori misurati nelle lavorazioni "a secco" rispetto a quelle "a umido" tramite le attività di monitoraggio ambientale e biologico sottolinea l'importanza di vie di assorbimento diverse da quella respiratoria.

Lo studio conferma dunque l'utilità del monitoraggio biologico che in queste circostanze è stato sicuramente più informativo ai fini della valutazione dell'esposizione e della previsione del rischio per la salute dei lavoratori. Nella fattispecie, l'esposizione a cobalto e tungsteno non è sufficientemente controllata con le misure preventive e protettive adottate.

Alla luce di queste considerazioni riteniamo pertanto che il monitoraggio biologico debba essere utilizzato in modo sistematico e proseguito nel tempo anche per la verifica dell'efficacia delle misure preventive e protettive adottate.

Tabella 1: concentrazione di COBALTO ambientale (mcg/mc)

Azienda	N.	media	mediana	range
P	9	0,2	0,16	0,06-0,53
T	16	0,31	0,1	0,08-3,02
U	5	0,031	0,025	0,005-0,07
TOT	30	0,23	0,09	0,005-3,02

Tabella 2: concentrazione di COBALTO ambientale nelle lavorazioni a secco e a umido (mcg/mc)

Lavorazione	N.	media	mediana	range
Secco	13	0,41	0,14	0,005-3,02
Umido	17	0,09	0,06	0,008-0,35

Tabella 3: concentrazione di TUNGSTENO ambientale (mcg/mc)

Azienda	N.	media	mediana	range
P	9	0,07	0,04	0,02-0,21
T	16	0,14	0,09	0,001-1,05
U	5	0,018	0,014	0,003-0,05
TOT	30	0,1	0,05	0,001-1,05

Tabella 4: concentrazione di TUNGSTENO ambientale in lavorazioni a secco e a umido (mcg/mc)

Lavorazione	N.	media	mediana	range
Secco	13	0,19	0,1	0,003-1,05
Umido	17	0,03	0,02	0,001-0,1

Tabella 5: concentrazione di POLVERI inalabili (mg/mc)

Azienda	N.	mediana	range
G	5	0,24	0,11-0,39
P	9	0,02	0,11-0,72
T	16	0,06	<0,05-1,15
TOT	30	0,11	<0,05-1,15

Figura 1: granulometria particelle inalabili presso affilatura manuale

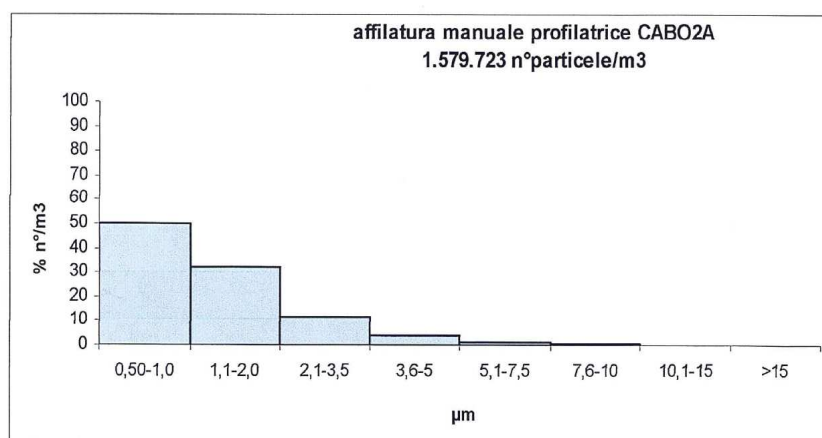


Figura 2: granulometria particelle inalabili presso affilatura CNC

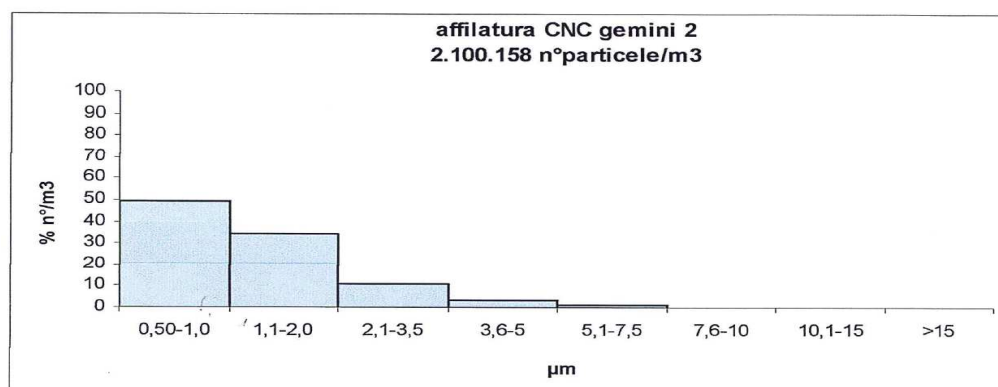


Tabella 6: concentrazione di COBALTO urinario (mcg/l)

Azienda	N.	mediana	range	n.(%) >VR°	n.(%)> IBE°
A	4	3,35	1,0-5,3	3 (75%)	0
B	4	2,05	1,6-4	4 (100%)	0
C	10	7,45	2,7-20	10 (100%)	2 (20%)
D	2	5,25	1,3-9,2	1 (50%)	0
E	4	0,7	0,4-1,1	0	0
F	3	2,5	0,5-3,7	2 (66,7%)	0
G	5	1,2	0,9-3,5	2 (40%)	0
H	13	0,4	0,1-1,4	0	0
I	5	2,5	1,6-15,9	5 (100%)	1 (20%)
L	3	4,9	0,9-27,2	2 (66,7%)	1 (33,3%)
M	7	1,2	0,2-2,6	2 (28,6%)	0
N	4	2,1	1,7-3,2	4 (100%)	0
O	3	0,6	0,1-3,6	1 (33,33%)	0
P	18	1,15	0,3-3,7	6 (33,33%)	0
R	3	2,3	1,1-3,5	2 (66,7%)	0
S	15	3,1	0,5-12,5	13 (86,7%)	0
T	62	1,75	0,5-24	35 (56,45%)	2 (3,2%)
TOT	184	1,7	0,1-27,2	95 (51,63%)	6 (3,2%)

° percentuale di soggetti con concentrazioni urinarie di Co maggiori del 95° percentile dei valori di riferimento SIVR 2011 (0,1-1,5 mcg/l) e del BEI® ACGIH 2011 (15 mcg/l)

Tabella 7: Concentrazione di COBALTO urinario (mcg/l) in lavoratori addetti alla lavorazione a secco e a umido

Lavorazione	N.	mediana	range	n. (%) >VR°
SECCO	44	2,3	0,2-24	33 (75%)
UMIDO	97	1,6	0,1-27,2	49 (50,5%)

° percentuale di soggetti con concentrazioni urinarie di Cobalto maggiori del valore superiore di riferimento SIVR 2011 (0,1-1,5 mcg/l)

Tabella 8: Concentrazione di TUNGSTENO urinario (mcg/l)

Azienda	N.	mediana	range	n. (%) >VR°
A	4	4,3	0,9-8,7	4 (100%)
B	4	1,6	0,3-12,3	4 (100%)
C	10	53,85	17,2-151,1	10 (100%)
D	2	25,55	8,9-42,2	2 (100%)
E	4	0,85	0,5-1,1	4 (100%)
F	3	4,1	0,7-5,5	3 (100%)
G	5	1,9	1,2-7,5	5 (100%)
H	13	0,4	0,1-2,7	12 (92,3%)
I	5	5,2	1,5-22,6	5 (100%)
L	3	13	1,7-27,4	3 (100%)
M	7	3,5	0,6-42,8	7 (100%)
N	4	2,2	1,4-5	4 (100%)
O	3	1,9	0,7-7,2	3 (100%)
P	18	1,7	0,3-7	18 (100%)
R	3	16,2	9,1-24,7	3 (100%)
S	15	12,1	2,5-37,9	15 (100%)
T	62	2,2	0,7-23,9	62 (100%)
TOT	184	2,2	0,1-151,1	184 (100%)

° percentuale di soggetti con concentrazioni urinarie di Tungsteno maggiori del valore superiore di riferimento SIVR 2011 (0,05-0,15 mcg/l)

Tabella 9: Concentrazione di TUNGSTENO urinario (mcg/l) in lavoratori addetti alla lavorazione a secco e a umido

Lavorazione	N.	mediana	range	n. (%) >VR°
Secco	44	3,4	0,2_37,9	34 (77,3%)
Umido	97	2,2	0,1_151,1	51 (52,6%)

° percentuale di soggetti con concentrazioni urinarie di Tungsteno maggiori del valore superiore di riferimento SIVR 2011 (0,05-0,15 mcg/l)

5. Orientamenti per la prevenzione

5.1 Valutazione del rischio e dell'esposizione

Come esposto nei paragrafi precedenti la valutazione del rischio è risultata uno dei punti critici in quasi tutte le aziende.

In particolare, la valutazione del rischio chimico deve identificare la presenza di TUTTI gli agenti pericolosi sul luogo di lavoro: materie prime impiegate, tutte le sostanze che si generano durante le lavorazioni, prodotti di consumo, agenti chimici impiegati per la manutenzione e le pulizie, rifiuti.

Nel nostro caso le barrette di metallo duro, ai fini della applicazione della normativa europea sulle sostanze chimiche (REACH e CLP), sono da considerarsi miscele e come tali devono essere corredate da schede dati di sicurezza, così come le mole e gli elettrodi. Oltre a considerare le caratteristiche intrinseche delle sostanze/miscele tal quali, è necessario valutare la trasformazione ed eventuale diffusione nell'ambiente di lavoro delle sostanze stesse o loro derivati, nonché le modalità di esposizione e le circostanze in cui viene svolto il lavoro.

A titolo di esempio, per quanto riguarda i metalli duri deve essere valutato, anche con misurazioni ambientali e biologiche, come questi metalli si liberano nel processo lavorativo. Vanno evidenziate le diverse condizioni espositive nelle lavorazioni a secco o con lubro-refrigeranti, in presenza di macchine chiuse o aperte e le vie di assorbimento respiratoria, cutanea, digerente.

Dalle indagini svolte si è accertato che le polveri che si sviluppano hanno granulometria finissima (80% inferiore a 2 micron); la conoscenza di questo dato determina la scelta delle misure di prevenzione.

Per quanto riguarda gli oli minerali occorre considerare l'arricchimento in IPA e cobalto in forma ionizzata (Co^{++}) che normalmente avviene a causa delle elevate temperature di lavorazione dovute all'attrito tra l'utensile e il pezzo in lavorazione.

La valutazione dell'esposizione, elemento indispensabile nella valutazione del rischio e dell'efficacia delle misure preventive adottate, deve essere condotta secondo precisi standard operativi e qualitativi.

In particolare, per quanto riguarda il monitoraggio ambientale è necessario seguire le seguenti fasi:

1) deve essere progettato con il coinvolgimento di più figure professionali, in particolare il datore di lavoro, il medico competente, il RSPP, gli RLS e i tecnici di laboratorio/igienisti industriali. In questa fase è fondamentale acquisire il lay-out aziendale e individuare le postazioni da campionare;

- 2) deve essere programmato, nel senso che deve essere individuata la giornata "tipo" durante la quale il ciclo deve essere il più possibile rappresentativo;
- 3) deve seguire dei criteri ben precisi (norma UNI EN 689/97), a partire dalla durata minima del campionamento;
- 4) deve essere accompagnato da una raccolta dati specifica e dettagliata relativa al tipo di attività svolta per ogni postazione monitorata;
- 5) deve essere possibilmente contestuale al monitoraggio biologico.

Per quanto riguarda il monitoraggio biologico vale la pena ricordare i punti di forza di questo accertamento che fornisce preziose informazioni: è un esame a basso costo, di facile esecuzione e poco invasivo, quindi solitamente ha una buona compliance da parte dei lavoratori, tiene conto anche delle esposizioni pregresse (ultima settimana per gli elementi in argomento), dà un risultato integrato in quanto considera più vie di assorbimento.

Anche il monitoraggio biologico come quello ambientale deve rispettare alcune regole comuni, per il rispetto delle quali la figura del medico competente gioca un ruolo fondamentale:

1. deve essere programmato, nel senso che va deciso preliminarmente il momento della raccolta del campione (sampling time) in base alla tossicocinetica dell'elemento; in questo caso, fine turno di fine settimana lavorativa;
2. deve essere organizzato dal momento della raccolta al momento dell'arrivo del campione in laboratorio, quindi ad esempio:
 - i barattoli vuoti devono essere tenuti chiusi, in luoghi puliti, lontano da fonti di polvere o altri inquinanti;
 - i lavoratori devono essere istruiti su come raccogliere correttamente il campione di urina, previo lavaggio delle mani e/o doccia, previo cambio abiti da lavoro;
 - una volta che il campione è stato raccolto deve essere conservato in modo corretto, mantenuto in frigorifero fino all'arrivo in laboratorio secondo i tempi prestabiliti;
- 3) ad ogni lavoratore deve essere somministrato un questionario che indichi chiaramente cosa ha svolto quel lavoratore sia in ambito lavorativo che extra nella settimana della raccolta e metta in risalto eventuali abitudini di vita, assunzione di farmaci e/o patologie che in qualche modo possono influire sulla concentrazione urinaria dell'elemento in analisi.

Sulla base di quanto emerso dalla valutazione dei rischi dovrà essere riformulato il programma di informazione e formazione di tutte le componenti aziendali, nel quale saranno specificate le motivazioni, gli obiettivi e le modalità di verifica dell'efficacia delle attività svolte da parte delle varie figure aziendali coinvolte.

5.2 Misure di prevenzione collettiva

L'esposizione a metalli duri si verifica in conseguenza dell'esposizione a polveri che li contengono. Come in tutti i casi di esposizione a polveri inalabili è fondamentale innanzitutto limitarne la produzione e l'aerodispersione. E' dunque auspicabile che tutte le lavorazioni vengano operate con macchine chiuse ed aspirate. Per le lavorazioni residue in cui è richiesto l'intervento diretto dell'operatore (generalmente affilatura manuale) devono essere progettate ed installate aspirazioni localizzate adeguate su macchine e postazioni di lavoro con bocchette orientabili. E' sempre da preferire l'utilizzo di macchine, anche manuali, che abbiano già integrato un sistema di aspirazione piuttosto che l'aggiunta successiva di bocchette e componenti che più difficilmente si integrano e riescono a non interferire con la lavorazione.

E' noto che nel caso delle bocche aspiranti la velocità dell'aria si mantiene elevata solo nelle immediate vicinanze della bocca e diminuisce rapidamente allontanandosi da essa anche di poco.

Alla breve distanza pari a metà del diametro la velocità si riduce al 30% della velocità iniziale.

Ad una distanza pari a un diametro la velocità si riduce al solo 7% della velocità iniziale.

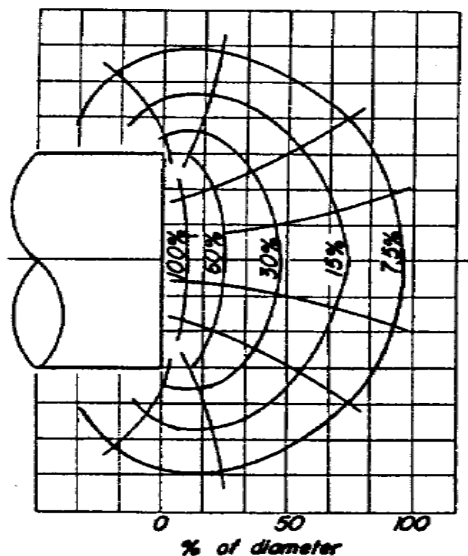


Fig. 4-2

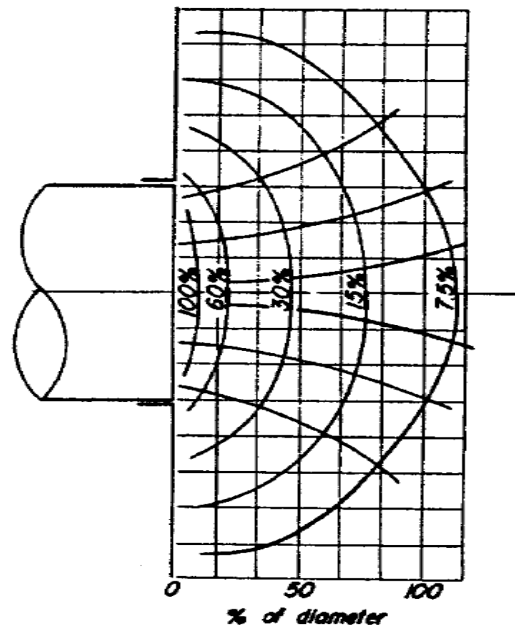


Fig. 4-3

Ciò spiega perché una cappa per l'aspirazione localizzata è efficace solo se collocata molto vicino alla sorgente inquinante.

Quale che sia il sistema di aspirazione adottato è indispensabile stabilire:

- il volume di controllo, cioè la porzione di spazio nel quale l'impianto realizza il suo flusso utile che deve comprendere tutta la zona dove l'inquinante è

rilasciato;

- la velocità di controllo cioè la velocità (in genere uniforme) dell'aria sulla superficie di controllo.

La velocità necessaria a catturare l'inquinante viene detta velocità di cattura.

Le velocità di cattura per varie lavorazioni sono riportate nella tabella seguente ricavata da INDUSTRIAL VENTILATION.

Fig. 21 — Valori consigliati di velocità di cattura e di velocità di trasporto (da Industrial Ventilation, Acgih, 1976)

a. Intervalli consigliati di velocità di cattura		
Condizioni di dispersione dell'inquinante (polveri, fumi, gas, vapori)	Esempi di lavorazione	Velocità di cattura m/s
Emesso praticamente senza velocità in aria quieta	Evaporazione di colle o vernici Vasche di sgrassaggio	0,25 + 0,50
Emesso a bassa velocità in aria quasi quieta	Verniciatura a spruzzo a bassa pressione Riempimento di contenitori Nastri trasportatori a bassa velocità Saldatura Galvanica Decapaggio	0,50 + 1,00
Emesso a media velocità in zona d'aria perturbata	Verniciatura a spruzzo Insaccatura automatica Nastri trasportatori	1,00 + 2,50
Emesso ad elevata velocità in zona d'aria con forti correnti	Molatura Sabbatura	2,50 + 10,00
Per ogni categoria è indicato un intervallo di velocità; la scelta del valore corretto dipende da molti fattori:		
Valori di velocità bassi:		Valori di velocità elevati:
1. correnti d'aria nell'ambiente molto ridotte o tali da favorire la cattura;		1. presenza di correnti d'aria;
2. inquinanti poco tossici;		2. inquinanti molto tossici;
3. lavorazione saltuaria;		3. produzione continua;
4. cappe di grandi dimensioni, elevate masse d'aria in moto		4. piccole cappe

In linea generale, è necessario mantenere sotto costante controllo l'efficienza e l'efficacia degli impianti di aspirazione attraverso specifiche procedure operative, sia nelle fasi di produzione che di manutenzione e pulizia.

Si devono adottare idonee misure affinché:

- la conformazione delle tubazioni di aspirazione, gli imbocchi, le curve, i raccordi

e gli sbocchi, siano disegnati in modo corretto, evitando cioè brusche svolte e/o variazioni di sezione che provocano la formazione di turbolenze nel flusso dell'aria con aumento delle resistenze e del rumore riducendo, anche drasticamente, la velocità di cattura alla bocca di aspirazione;

- la ventilazione generale non crei interferenze e/o riduzioni della velocità di cattura;
- La pulizia delle postazioni di lavoro da parte dei singoli operatori deve essere effettuata accuratamente con stracci umidi o con aspiratore industriale a filtro assoluto, al fine di evitare la risospensione delle polveri deposte. Per lo stesso motivo deve essere vietato l'uso dell'aria compressa per operazioni di pulizia del pezzo e delle superfici. Le pareti dei locali sia di lavoro che degli spogliatoi dovrebbero essere lavabili e i pavimenti tenuti sgombri per facilitare il lavaggio e le pulizie.

5.3 Misure di protezione individuale

Considerato che l'assorbimento del cobalto avviene non solo per via respiratoria, ma anche cutanea (e digerente se non si osservano le più elementari misure igieniche), è necessario garantire tutte le misure finalizzate a favorire una rigorosa igiene del lavoro e personale. In particolare:

- devono essere installate prese d'acqua corrente a portata di mano dei lavoratori;
- i distributori di bevande ed alimenti devono essere posizionati al di fuori dell'ambiente di lavoro;
- deve essere fatto divieto di fumare durante l'orario di lavoro;
- bere e consumare cibi durante l'orario di lavoro solo dopo accurata pulizia delle mani e del viso;
- indossare idonei abiti da lavoro e loro ricambio per la pausa pranzo e a fine turno;
- conservare gli abiti civili e da lavoro in armadietto a doppio scomparto;
- obbligo di fare la doccia alla fine del turno di lavoro.

E' consigliato che i lavoratori indossino indumenti da lavoro a maniche lunghe con elastico al polsino e pantalone lungo, sopra i quali indossare un camice, facilmente rimovibile.

Gli abiti da lavoro devono essere lavati separatamente dagli altri indumenti e non in ambito domestico.

Utile anche la cuffia usa e getta.

Usare sempre occhiali.

Usare guanti da lavoro specifici per la protezione della cute sia dall'assorbimento dei metalli duri che degli oli minerali. Solo ed esclusivamente dove è impossibile

proteggersi con i guanti può essere sperimentato l'uso di specifiche creme barriera verificandone l'efficacia.

Utilizzo della protezione delle vie respiratorie con filtro P di classe 1, 2 o 3 in base alle concentrazioni ambientali rilevate.

5.4 Sorveglianza sanitaria

Il protocollo della sorveglianza sanitaria per metalli duri dovrà essere strettamente ancorato alla Valutazione dei Rischi e il suo contenuto sarà orientato verso le migliori tecniche disponibili per la diagnosi precoce delle seguenti malattie: rinite, dermatite allergica, asma allergico, pneumopatia da metalli duri, tumore polmonare.

La sorveglianza sanitaria dovrà essere sistematicamente integrata con il monitoraggio biologico, quale strumento fondamentale a supporto della valutazione dell'esposizione dei lavoratori e, pertanto, del rischio professionale da polveri di metalli duri.

Peculiarità

1. L'interruzione dell'esposizione lavorativa a Co e WC è la sola misura di prevenzione efficace per impedire la progressione di patologia (asma e/o fibrosi interstiziale polmonare); per questa ragione si impone la necessità di pervenire ad una diagnosi il più precoce possibile attraverso l'esecuzione di una sorveglianza sanitaria accurata (Rivolta G et al., 1994; Mariano A. et al., 1994).
2. La probabilità di insorgenza della "malattia da metalli duri" è condizionata da fattori di predisposizione individuale molto variabili, con la possibile insorgenza di fibrosi polmonare conseguente ad esposizioni cumulative anche moderate (Sprince NL., 1994); anche per questo motivo, particolare attenzione andrà posta, accanto ai dati di monitoraggio biologico, agli effetti biologici precoci.

Contenuti e periodicità

a) Controllo preventivo

- Visita medica con accurata anamnesi lavorativa e patologica, somministrazione del questionario CECA per la bronchite cronica;
- Radiografia standard del torace con proiezioni postero-anteriori ed oblique
- Prove di funzionalità respiratoria con diffusione del CO ed eventuale approfondimento pletismografico nei soggetti con sospetta sindrome restrittiva.

b) Controllo periodico

- visita medica con somministrazione del questionario standardizzato per esposizione a metalli duri, con periodicità annuale tranne che in casi particolari, su evidenze clinico-diagnostiche individuali o di gruppi omogenei di esposizione;
- prove di funzionalità respiratoria biennali, da approfondire in caso di sospetto deficit ventilatorio ostruttivo, restrittivo o misto, presso centri specialistici con spirometria globale con diffusione del CO ed eventuale pletismografia;
- monitoraggio biologico di cobalto urinario e tungsteno urinario con cadenza semestrale, corredato di creatinina urinaria (escludere i campioni $< 0,3$ e > 3 mcg/l) e analisi statistica dei dati per gruppi omogenei di esposizione. Il monitoraggio biologico potrà assumere una periodicità annuale qualora i risultati individuali risultino per almeno due anni al di sotto del 95° percentile dei valori di riferimento SIVR 2011.

Richiamato il D. Lgs. 187/2000 e s.m.i. che pone l'accento sui principi di precauzione e giustificazione nell'uso delle radiazioni ionizzanti in ambito sanitario, si ritiene inutile proporre quale esame di screening l'esecuzione periodica di RX torace standard per la scarsa sensibilità nella diagnosi precoce delle fibrosi interstiziali da metalli duri.

Si propone l'esecuzione di HRTC (Tac spirale) a dosi ultra-basse con periodicità triennale in lavoratori che presentino almeno una delle seguenti condizioni:

- esposizione pregressa a metalli duri della durata di almeno 10 anni;
- significativa co-esposizione ad altri agenti tossici /cancerogeni per il polmone occupazionali o legati allo stile di vita (ad es. fumo);
- persistente evidenza al monitoraggio biologico dell'esposizione a cobalto di esposizioni a concentrazioni superiori ai valori di riferimento per la popolazione generale;
- sospetto clinico-diagnostico di pneumopatia da metalli duri.

BIBLIOGRAFIA

Parigi P., Storto T., Beachi A. et al.: Produzione di taglienti diamantati per la lavorazione di marmi e graniti. Aspetti occupazionali ed evoluzione delle condizioni di esposizione (1984-1990). *Atti del 53° Congresso Nazionale Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale. Stresa 10-13 ottobre 1990*

Migliori M., Mosconi G., Michetti G. et al.: Hard metal disease: eight workers with interstitial lung fibrosis due to cobalt exposure. In *The Science of the Total Environment 1994;150:187-196*

IARC. International Agency for Research on Cancer. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; A review of human carcinogens: Cobalt in Hard Metals and Cobalt Sulfate, Gallium Arsenide, Indium Phosphide and Vanadium Pentoxide; Lyon, 2006, Vol.86

E. Leffler, G. Kazantis; Cap 58 Tungsten; In Nordberg Gf, Fowler BA, Nordberg M; Hand Handbook on the Toxicology of Metals. Fourth Edition, Elsevier, 2015, San Diego California.

D. Lison; Cap 34 Cobalt; In Nordberg Gf, Fowler BA, Nordberg M; Hand Handbook on the Toxicology of Metals. Fourth Edition, Elsevier, 2015, San Diego California.

Industrial Ventilation, a Manual of Recommended Practice, 18rd Edition,1994, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 6500 Glenway, Bldg. D-5 Cincinnati, OH, 45211 USA