

La **Medicina del Lavoro**

RIVISTA BIMESTRALE DI MEDICINA DEL LAVORO E IGIENE INDUSTRIALE
ITALIAN JOURNAL OF OCCUPATIONAL HEALTH AND INDUSTRIAL HYGIENE

Già diretta da **Luigi Devoto** (1901-1935)
Luigi Preti (1936-1941)
Enrico C. Vigliani (1942-1991)

DIRETTORE Vito Foà
REDATTORI Lorenzo Alessio, Pier Alberto Bertazzi,
Antonio Colombi, Alessandra Forni, Italo Ghezzi,
Carlo Zocchetti

CONSIGLIO DI REDAZIONE Pietro Apostoli, Massimo Bovenzi, Pierluigi Cocco,
Giovanni Costa, Cristina E. Mapp, Antonio Mutti,
Pietro Sartorelli, Leonardo Soleo, Francesco S. Violante

IMPAGINAZIONE Paolo Benvenuti

REVISIONE LINGUISTICA Kathleen White

SEGRETERIA Lilly Visintin

INTERNET <http://www.lamedicinadellavoro.it>

E-MAIL redazione@lamedicinadellavoro.it

REDAZIONE La Medicina del Lavoro
Clinica del Lavoro «L. Devoto»
Via San Barnaba, 8 - 20122 Milano (Italy)
Tel. 02/50320125 - Fax 02/50320126

CASA EDITRICE Mattioli 1885 spa - Casa Editrice
Via Coduro, 1/b - 43036 Fidenza (PR)
Tel. 0524/84547 - Fax 0524/84751
e-mail: edit@mattioli1885.com
www.mattioli1885.com (CCP N. II.286.432)

Pubblicazione bimestrale
Direttore Responsabile Prof. Vito Foà
Autorizzazione del Presidente
del Tribunale di Milano 10/5/1948 - Reg. al N. 47

ABBONAMENTI 2004

Abbonamenti e ordini

on line  www.mattioli1885.com
via fax  0524/84751 - Ufficio abbonamenti
cedola  compilate ed inviate all'Editore la
cedola allegata

Prezzi Abbonamenti / Subscription rates

	Privati/Individual			Istituzioni/Institution	
	Italy	Europe	Out of Europe Air Mail	Italy and Europe	Out of Europe Air Mail
Abbonamento annuo/Annual subscription	59,00 €	71,00 €	83,00 €	86,00 €	97,00 €
Arretrati/Back Numbers:					
Numero singolo/Single Issue	14,00 €	17,00 €	20,00 €	21,00 €	23,00 €
Annata completa/Complete Year	68,00 €	86,00 €	100,00 €	103,00 €	116,00 €
Numeri speciali/Special Issues	26,00 €	33,00 €	38,00 €	39,00 €	44,00 €

I nuovi abbonamenti, anche se contratti durante l'anno, decorrono sempre dal 1° gennaio al 31 dicembre, con diritto per il nuovo abbonato di ricevere i fascicoli arretrati. I fascicoli non pervenuti debbono essere richiesti entro un mese dal ricevimento del fascicolo immediatamente successivo.

**DESIDERO SOTTOSCRIVERE L'ABBONAMENTO ALLA
RIVISTA LA MEDICINA DEL LAVORO PER L'ANNO 2004**

INVIATE LE COPIE AL SEGUENTE NOMINATIVO:

COGNOME

NOME

VIA N

CITTÀ

CAP PROVINCIA

E-MAIL

TEL.

DESIDERO RICEVERE FATTURA:

P. IVA

HO PAGATO L'IMPORTO DI EURO
TRAMITE:

CCP N. 11286432
intestato a: Mattioli 1885 S.p.A. - Via Coduro, 1/b
43036 Fidenza (PR)

BONIFICO BANCARIO (allego fotocopia) intestato a:
Mattioli 1885 spa Via Coduro 1/B, 43036 Fidenza (PR),
presso Cassa di Risparmio di Parma e Piacenza, Ag. 3 di Fidenza;
cod. IBAN IT[39][S][06230][65732][000094186751
cod. BIC CRPPIT2P487

VISA MASTERCARD

N° CARTA

SCADENZA

FIRMA

Mattioli 1885 CASA EDITRICE
VIA CODURO 1/B
43036 FIDENZA (PR)

Mattioli 1885 CASA EDITRICE - SPA - VIA CODURO 1/B 43036 FIDENZA (PR) TEL +39 0524/84547 FAX + 39 0524/84751

E-MAIL subscribe@mattioli1885.com

www.mattioli1885.com

Criteria di valutazione degli ambienti severi caldi: dall'indice WBGT al modello PHS (*predicted heat strain*)

FRANCESCA ROMANA D'AMBROSIO, B.I. PALELLA*, G. RICCIO*, G. ALFANO

DIMEC - Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Università di Salerno

* DE TEC - Dipartimento di Energetica, Termofluidodinamica Applicata e Condizionamenti Ambientali, Università degli Studi di Napoli Federico II

KEY WORDS

Thermal stress; WBGT; PHS (predicted heat stress)

SUMMARY

«**Criteria for assessment of hot environments: WBGT index and PHS (predicted heat strain)**». **Background:** *The present study deals with the main methods for assessment of hot environments: i.e., WBGT, SW_{req} and PHS. It is stressed how the WBGT index, which is strictly empirical, although a very practical tool for the assessment of the hot environments, can only be used for a rough evaluation of heat stress, and especially for a not very high metabolic rate ($M < 175 \text{ W/m}^2$). On the contrary, the SW_{req} method, which is based on both subject-environment heat exchange and the effect of clothing, allows a better assessment of the work situation with a general reduction of the exposure limits with respect to WBGT, especially in non-uniform environments ($t_a \neq t_r$). However, it should be noted that application of SW_{req} is required by the ISO standard 7243 when the WBGT limit values are exceeded. **Methods:** *In this study interest was extensively focused on the "Predicted Heat Strain" method, highlighting via a special software the differences in heat stress assessment related to this new approach, which will be adopted by the ISO in the next revision of standard 7933.* **Results:** *The PHS method, unlike SW_{req} , allows the prediction of the time-response of the main physiological variables of interest (i.e., skin temperature, core temperature and sweat rate). Moreover thanks to better modelling of heat exchanges, the PHS method allows account to be taken of both movement and clothing effects, resulting in even more reduced exposure.**

RIASSUNTO

Nel presente studio sono illustrati i tre principali metodi di valutazione degli ambienti severi caldi: WBGT, SW_{req} , PHS. Viene poi discusso perché il WBGT, di natura prettamente empirica e di pratico impiego, può essere utilizzato solo per una valutazione di prima approssimazione delle condizioni di stress termico del soggetto, specialmente in corrispondenza di bassi valori di energia metabolica ($M < 175 \text{ W/m}^2$). Il metodo della sudorazione richiesta (SW_{req}), essendo basato sull'analisi degli scambi termici soggetto-ambiente e dell'influenza esplicata dall'abbigliamento, consente una valutazione più approfondita della situazione di lavoro, con una generale riduzione dei tempi limite di esposizione rispetto a quelli mutuabili attraverso il WBGT, specialmente in ambienti non uniformi ($t_a \neq t_r$). Il PHS (Predicted Heat Strain) a differenza del metodo della sudorazione richiesta, non solo consente di prevedere l'andamento temporale delle variabili fisiologiche di interesse (temperatura della pelle, temperatura del nucleo e sudorazione) ma attraverso una più accurata modellazione degli scambi termici soggetto-ambiente, permette di tenere in conto dell'effetto dell'abbigliamento e del movimento ottenendo dei tempi limite di esposizione ancora più restrittivi.

Pervenuto il 9.3.2004 - Accettato il 5.4.2004

Corrispondenza: Prof. F.R. d'Ambrosio, DIMEC - Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Università di Salerno, Via Ponte Don Melillo - 84084 Fisciano (Salerno) - Tel. +39 089 964107 - Fax +39 089 964037 - E-mail: fdambrosio@unisa.it

Simbologia

A_b	m^2	Area della superficie del corpo umano	$I_{corr,nude}$	<i>adim</i>	Fattore di correzione dell'isolamento dello strato d'aria che circonda la persona dovuto al vento e/o a movimenti del corpo
A_p	<i>adim</i>	Frazione di superficie corporea ricoperta dall'abbigliamento	i_m	<i>adim</i>	Indice di permeabilità al vapore dell'abbigliamento
A_r	m^2	Area della superficie efficace del corpo umano	$i_{m,dyn}$	<i>adim</i>	Indice dinamico di permeabilità al vapore dell'abbigliamento
C	W/m^2	Flusso termico scambiato per convezione	$i_{m,st}$	<i>adim</i>	Indice statico di permeabilità al vapore dell'abbigliamento
DLE	<i>min</i>	Tempo limite di esposizione	I_t	m^2K/W	Isolamento totale
DLE_1	<i>min</i>	Tempo limite di esposizione quando il criterio limitante è quello del massimo accumulo termico	$I_{t,dyn}$	m^2K/W	Isolamento totale dinamico
DLE_2	<i>min</i>	Tempo limite di esposizione quando il criterio limitante è quello della massima disidratazione	$I_{t,st}$	m^2K/W	Isolamento totale statico
D_{max}	<i>g</i>	Massima perdita d'acqua	K	W/m^2	Flusso termico scambiato per conduzione
E	W/m^2	Flusso termico disperso per evaporazione del sudore	L	K/kPa	Costante di Lewis
E_{max}	W/m^2	Flusso termico massimo disperso per evaporazione del sudore	M	W/m^2	Metabolismo energetico
E_p	W/m^2	Potenza termica prevista dispersa per evaporazione del sudore	m_b	<i>kg</i>	Massa corporea del soggetto
E_{req}	W/m^2	Potenza termica richiesta dispersa per evaporazione del sudore	p_a	<i>kPa</i>	Pressione parziale del vapore nell'aria
E_{res}	W/m^2	Flusso termico disperso nella respirazione come calore latente	p_{as}	<i>kPa</i>	Tensione di vapore alla temperatura t_a
f_{cl}	<i>adim</i>	Coefficiente di area dell'abbigliamento	$p_{a,s}$	<i>kPa</i>	Tensione di vapore dell'acqua alla temperatura della pelle
F_{cl}	<i>adim</i>	Fattore di riduzione dello scambio termico sensibile dovuto all'abbigliamento	$Q_{w,max}$	Wh/m^2	Massimo accumulo termico
F_{pcl}	<i>adim</i>	Fattore di riduzione dello scambio termico latente dovuto all'abbigliamento	R	W/m^2	Flusso termico scambiato per irraggiamento
h_c	W/m^2C	Coefficiente di scambio termico convettivo	r_p	<i>adim</i>	Efficienza evaporativa prevista
$h_{c,dyn}$	W/m^2K	Conduttanza termica convettiva unitaria dinamica abbigliamento-ambiente	r_{req}	<i>adim</i>	Efficienza evaporativa richiesta
h_r	W/m^2C	Coefficiente di scambio termico radiativo	R_t	m^2kPa/W	Resistenza evaporativa totale
$h_{r,dyn}$	W/m^2K	Conduttanza termica radiativa unitaria dinamica abbigliamento-ambiente	$R_{t,dyn}$	M^2kPa/W	Resistenza evaporativa totale dinamica
$I_{a,dyn}$	m^2K/W	Isolamento dinamico dello strato d'aria che circonda la superficie del corpo umano	$R_{t,st}$	M^2kPa/W	Resistenza evaporativa totale statica
$I_{a,st}$	m^2K/W	Isolamento statico dello strato d'aria che circonda la persona	S	W/m^2	Accumulo o variazione di energia del corpo umano nell'unità di tempo
I_{cl}	m^2K/W	Isolamento intrinseco (resistenza termica unitaria intrinseca) dell'abbigliamento	SW	W/m^2	Flusso termico connesso al sudore prodotto
$I_{cl,dyn}$	m^2K/W	Isolamento intrinseco dinamico dell'abbigliamento	SW_{max}	W/m^2	Flusso termico massimo connesso al sudore prodotto
$I_{cl,st}$	m^2K/W	Isolamento intrinseco statico dell'abbigliamento	SW_p	W/m^2	Sudorazione prevista
I_{corr}	<i>adim</i>	Fattore di correzione dell'isolamento intrinseco dell'abbigliamento dovuto al vento e/o a movimenti del corpo	SW_{req}	W/m^2	Sudorazione richiesta
			t_a	$^{\circ}C$	Temperatura di bulbo asciutto dell'aria (temperatura ambiente)
			t_{cl}	$^{\circ}C$	Temperatura dello strato esterno dell'abbigliamento
			t_{co}	$^{\circ}C$	Temperatura del nucleo
			t_{co0}	$^{\circ}C$	Temperatura del nucleo al minuto precedente
			$t_{co,eq}$	$^{\circ}C$	Temperatura del nucleo a regime
			t_{ex}	$^{\circ}C$	Temperatura dell'aria espirata
			t_g	$^{\circ}C$	Temperatura di globotermometro
			t_{mw}	$^{\circ}C$	Temperatura di bulbo bagnato a ventilazione naturale
			t_{oe}	$^{\circ}C$	Temperatura esofagea
			t_r	$^{\circ}C$	Temperatura media radiante
			t_{re}	$^{\circ}C$	Temperatura rettale
			t_{re0}	$^{\circ}C$	Temperatura rettale al minuto precedente

t_{sk}	°C	Temperatura media della pelle
t_{sk0}	°C	Temperatura della pelle al minuto precedente
t_{skeq}	°C	Temperatura della pelle a regime
$t_{skmaxcl}$	°C	Temperatura della pelle a regime calcolata con la nuova proposta nel caso di soggetto vestito
$t_{skmaxnu}$	°C	Temperatura della pelle a regime calcolata con la nuova proposta nel caso di soggetto nudo
v_a	m/s	Velocità dell'aria
v_{ar}	m/s	Velocità relativa soggetto-aria
V_i	-	Valore della generica grandezza al minuto <i>i</i> -esimo
V_{max}	-	Valore a regime della generica grandezza
V_o	-	Valore della generica grandezza all'istante iniziale
w	adim	Percentuale di pelle bagnata
W	W/m ²	Potenza meccanica per unità di superficie corporea scambiata tra il corpo e l'ambiente
walk	m/s	Velocità di camminatura
WBGT	°C	Indice di stress termico Wet Bulbe Globe Temperature
w_{max}	adim	Massima percentuale di pelle bagnata
w_p	adim	Percentuale di pelle bagnata prevista
w_{req}	adim	Percentuale richiesta di pelle bagnata

Simboli greci

α	adim	Rapporto tra la massa del nucleo e quella totale del corpo
ϵ_{cl}	adim	Emittenza dell'abbigliamento indossato
ϵ_m	adim	Emittenza media pesata tra quella della pelle e dell'abbigliamento protettivo
ϵ_{sk}	adim	Emittenza della pelle
Φ	adim	Grado igrometrico

INTRODUZIONE

Solo dopo la conclusione del secondo conflitto mondiale la valutazione delle sensazioni termiche e la definizione delle condizioni di benessere sono state impostate su basi razionali e si è reso necessario classificare, in relazione al microclima, gli ambienti in “moderati” e “severi”.

Per ambienti moderati si intendono quelli per i quali l'obiettivo in sede di progettazione e gestione

è rappresentato dal raggiungimento delle condizioni di benessere termico. Negli ambienti severi, al contrario, si rinuncia al raggiungimento del benessere termico e bisogna piuttosto preoccuparsi della tutela della salute degli operatori, i quali sono sottoposti a stress termico.

Lo sforzo della ricerca nell'individuare un unico parametro capace di quantificare il rischio da stress termico in ambienti severi caldi non ha ancora trovato una risposta univoca come dimostrato dai numerosi indici proposti dalla letteratura (1, 6, 13, 14, 19).

In linea di principio vi sono quattro differenti tipi di approccio nel valutare le condizioni di lavoro in regime termicamente severo, ciascuno caratterizzato da vantaggi e svantaggi (14):

- valutazioni di carattere soggettivo delle condizioni climatiche mediante test su soggetti. Questo approccio può essere limitato dal fatto che le reazioni dell'organismo al caldo eccessivo possono essere significativamente diverse a seconda del soggetto;

- definizione di un unico indice (ricavato su base empirica od analitica) dipendente dalle principali variabili climatiche e che spesso non tiene conto della reale risposta fisiologica dell'organismo al caldo eccessivo. Alcuni di essi pur essendo in disuso e non normalizzati sono talvolta ancora utilizzati (1);

- identificazione della combinazione di parametri climatici capaci di produrre lo stesso effetto fisiologico, come ad esempio la stessa frequenza cardiaca o la stessa temperatura rettale;

- risoluzione delle equazioni di bilancio energetico relativo al corpo umano che portano ad una valutazione indiretta dello stress termico attraverso il calcolo di quei parametri fisiologici (i.e. sudorazione richiesta, frazione di pelle bagnata, temperatura rettale) che costituiscono una misura della risposta dell'organismo alle particolari condizioni climatiche.

Allo stato attuale, gli indici oggetto di normativa per la valutazione dello stress termico da caldo sono rappresentati dal WBGT (*Wet bulbe globe temperature*) e dallo SW_{req} (*Required sweat rate* o, in italiano, sudorazione richiesta) rispettivamente oggetto delle norme ISO 7243 e ISO 7933 (9, 10). Essi sono da un certo punto di vista quasi antitetici. WBGT, infatti, è l'espressione di un metodo empirico

rico basato sulla correlazione delle principali variabili microclimatiche e sulla valutazione delle reazioni fisiologiche ricavate sperimentalmente. Al contrario, il metodo della sudorazione richiesta è basato sul bilancio energetico relativo al corpo umano.

Nella prima parte di questo lavoro saranno presentati in successione cronologica i principali indici di stress, ponendo in risalto i limiti di un approccio mirato ad individuare in un solo indice empirico la complessa risposta dell'organismo alle sollecitazioni termiche cui è sottoposto. In particolare, si soffermerà l'attenzione sulla necessità di risolvere il bilancio energetico relativo al corpo umano quale strumento indispensabile sia nella caratterizzazione della risposta fisiologica del soggetto che in una più accurata determinazione dei tempi limite di esposizione.

La seconda parte riguarda la revisione della citata norma ISO 7933 (10) per la quale l'Unione Europea ha finanziato un programma di ricerca (BIOMED) al quale ha partecipato, in rappresentanza dell'Italia, il nostro gruppo di ricerca; in particolare saranno analizzate tutte le proposte di modifica della norma originaria sottolineando come le differenze di impostazione e di calcolo derivanti dall'adozione del nuovo criterio di valutazione (denominato *Predicted Heat Strain*, PHS) determinino una diversa valutazione dei tempi limite di esposizione.

Stato dell'arte e normative vigenti

Nel seguito si riportano in successione cronologica i principali indici di stress termico ponendo una maggiore enfasi su quelli tuttora in uso ed oggetto di normativa internazionale.

Indici empirici: norma ISO 7243

L'indice empirico ET (*Effective Temperature*, in italiano Temperatura Efficace) fu proposto nel 1923 dai ricercatori statunitensi Houghton e Yaglou. Esso è definito come la temperatura di quell'ambiente fittizio, caratterizzato da $t_a=t_r$, da aria stagnante e da grado igrometrico unitario, nel quale il soggetto prova la stessa sensazione termica che

prova nell'ambiente reale. Questo indice, che è stato usato per molti anni specialmente in campo militare e nella valutazione dello stress termico in miniera (6, 19), è scomparso quando sono risultati chiari i suoi limiti, legati alla incapacità di tenere conto dell'attività metabolica dell'individuo (11), dell'effetto dell'abbigliamento e della non uniformità della temperatura dell'ambiente ($t_a \neq t_r$). Per superare quest'ultima limitazione Bedford nel 1946 propose l'indice CET (*Corrected Effective Temperature*), utilizzabile anche in ambienti non uniformi e calcolabile a partire dagli stessi diagrammi usati per il calcolo di ET, modificati attraverso l'aggiunta di una seconda scala.

Un passo avanti rispetto ad un indice di pura sensazione è rappresentato dal P4SR (*Predicted 4 hours sweat rate*) proposto da McArdle et al nel 1947. Esso rappresenta l'ammontare di sudore prodotto da un individuo di sesso maschile acclimatato ed in buone condizioni di forma fisica nell'arco di un periodo di esposizione pari a 4 ore. Questo indice, sebbene ben correlato ad alcuni parametri fisiologici, come ad esempio la temperatura rettale, tende a sovrastimare la perdita idrica specialmente in condizioni climatiche calde e secche (19) e richiede l'uso di un complesso nomogramma.

L'indice WBGT fu sviluppato negli anni '50 dalla Marina Statunitense nell'ambito di un programma di riduzione dei decessi da stress termico in navi da guerra (6, 14, 19). Esso si fonda sull'assunzione che la radiazione solare sia una delle principali cause di stress termico e viene valutato mediante una correlazione tra temperature: quella del globotermometro, t_g , quella del termometro a bulbo bagnato a ventilazione naturale, t_{nw} , e quella dell'aria t_a . Il calcolo dell'indice WBGT è oggetto di una norma ISO, la 7243 (9), pubblicata per la prima volta nel 1982, poi revisionata e ripubblicata nel 1989, quindi recepita dalla CEN come EN 27243 (4) e dall'UNI come UNI-EN 27243 (22). Essa prevede due diverse equazioni per il calcolo dell'indice WBGT: la prima, valida in assenza di irraggiamento solare e da usarsi sempre negli ambienti interni, correla la temperatura di globo e quella di bulbo umido a ventilazione naturale:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,3t_g \quad [1]$$

la seconda equazione va invece utilizzata quando il soggetto si trova all'esterno, in presenza di irraggiamento solare. In essa viene considerata come ulteriore variabile la temperatura di bulbo asciutto dell'aria, t_a :

$$\text{WBGT} = 0,7t_{nw} + 0,2t_g + 0,1t_a \quad [2]$$

Il grado igrometrico e la velocità dell'aria non compaiono esplicitamente nelle relazioni [1] e [2]; in realtà, sia la temperatura di globo che quella di bulbo umido a ventilazione naturale dipendono dalla velocità dell'aria e la temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale, t_{nw} , è funzione anche dell'umidità. In definitiva l'indice WBGT dipende solo dai quattro principali parametri microclimatici t_a , t_r , v_a (da cui dipendono sia t_g che t_{nw}) e dal grado igrometrico ϕ dell'ambiente (da cui dipende t_{nw}) e quindi non dipende né dal metabolismo, né dall'abbigliamento.

Il valore dell'indice WBGT, in °C, calcolato secondo le [1] e [2], deve essere confrontato con il valore di riferimento per la situazione in esame, in modo da verificare se la situazione di lavoro è dannosa per il soggetto.

La tabella 1, tratta dall'appendice A della norma UNI-EN 27243 (22), fornisce i valori di riferimento consigliati per una persona in buono stato di salute, fisicamente adatta all'attività considerata, con una resistenza termica dell'abbigliamento di 0,6 clo, tipica della stagione estiva, ed una permeabilità al vapore tipica degli abiti di cotone. I valori di ri-

ferimento sono basati sul criterio di sicurezza che la temperatura rettale non superi i 38°C. Come si vede, il confronto tra il valore misurato e quello limite può essere effettuato solo se è noto il metabolismo. Si noti che i valori limite variano in funzione dell'acclimatazione (naturalmente, sono maggiori per soggetti acclimatati) e a seconda che l'aria sia o meno stagnante (sono maggiori per aria non stagnante).

L'indice WBGT ha avuto in passato una rapida diffusione in virtù della semplicità di valutazione, di una frequente validazione mutuata da indagini *in situ* e della mancanza di metodi alternativi. Il suo principale limite risiede nel fatto che esso cade in difetto se l'isolamento termico e la permeabilità al vapore sono diversi da quelli caratteristici del cotone o in presenza di abbigliamento protettivo. Ovviamente, se da un lato appare improbabile in condizioni di caldo eccessivo imbattersi in indumenti caratterizzati da un isolamento termico maggiore di 0,6 clo, dall'altro si diffondono sempre più tessuti a fibre artificiali con bassa permeabilità al vapore, con i quali il metodo cade in difetto. Al fine di ovviare a questo problema, l'ente statunitense ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienist*) ha introdotto, sulla base di esperimenti condotti in camera climatica, un fattore correttivo (CAF) da sottrarre all'indice WBGT (tabella 2), nel caso di abbigliamento protettivo (2). Questo approccio definisce un margine di sicurezza nel calcolo di un indice che strutturalmente non può tener conto della complessità degli scambi ter-

Tabella 1 - Valori di riferimento dell'indice di stress termico WBGT, stabiliti sulla base di un valore massimo della temperatura rettale di 38°C. I valori di metabolismo espressi in W si riferiscono ad un'area della superficie corporea pari a 1,8 m² (9)

Metabolismo, M		Valori di riferimento di WBGT (°C)			
(W/m ²)	(W)	Soggetto acclimatato		Soggetto non acclimatato	
M<65	M<117	33		32	
65<M<130	117<M<234	30		29	
130<M<200	234<M<360	28		26	
		Aria stagnante	Aria non stagnante	Aria stagnante	Aria non stagnante
200<M<260	360<M<468	25	26	22	23
M>260	M>468	23	25	18	20

Tabella 2 - Fattori di correzione (CAF) per differenti tipologie di abbigliamento protettivo suggeriti dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) ed espressi in termini di differenza di temperatura da sottrarre al valore dell'indice WBGT calcolato secondo le relazioni [1] e [2] (2)

Descrizione dell'abbigliamento	CAF (°C)
Tenuta da lavoro costituita da maglietta T-shirt in cotone a maniche lunghe in cotone e pantaloni lunghi in cotone (abbigliamento di riferimento)	0,0
Tuta protettiva anticontaminazione con cappuccio, coperture per mani e piedi con tessuto in cotone e/o cotone-poliestere	3,5
Tuta a due strati con tessuto in cotone e/o cotone-poliestere	5,0
Tuta in polipropilene con cappuccio	1,0
Tuta in polietilene con cappuccio	2,0
Tuta in poliester leggero con cappuccio dello stesso tessuto	0,0
Tute impermeabili e traspiranti con cappuccio in materiale trilaminato e film in tetrafluoroetilene	6,0
Tute impermeabili e traspiranti con cappuccio in materiale trilaminato e film microporoso	2,5
Abbigliamento protettivo costituito da maglione in lana a maniche lunghe e pantaloni in cotone trattato con FR8° ad azione ritardante di fiamma	0,5
Abbigliamento protettivo costituito da maglione in lana a maniche lunghe, giacca in lana a doppio strato e pantaloni in cotone trattato con FR9° ad azione ritardante di fiamma	3,0

mici tra il soggetto e l'ambiente circostante; tuttavia è opportuno rilevare che le tipologie di abbigliamento contemplate sono molto ridotte e, al tempo stesso, estremamente specifiche.

Alla luce di quanto esposto, l'indice WBGT è certamente un indice di uso estremamente semplice anche per i non addetti ai lavori. Tuttavia, la sua scarsa accuratezza, ben lungi dal tenere conto sia della reale risposta fisiologica dell'organismo al caldo eccessivo che dell'influenza esplicata dall'abbigliamento sugli scambi termici tra individuo e ambiente, ha reso necessaria l'introduzione di criteri di valutazione più rigorosi ed onerosi da un punto di vista calcolativo. Questa circostanza è anche espressa in termini molto chiari nella ISO 7243 (9): infatti, nel caso di superamento dei valori limite del WBGT (tabella 1) è la stessa norma ad imporre una valutazione più approfondita della situazione di lavoro attraverso l'uso di criteri più razionali, come quello rappresentato dal metodo della sudorazione richiesta che ispira la norma ISO 7933 (10).

Indici basati sull'analisi degli scambi termici soggetto-ambiente: norma ISO 7933

Gli sviluppi avuti negli ultimi anni nel campo della fisiologia del sistema di termoregolazione del

corpo umano hanno permesso la formulazione di metodi razionali per la valutazione dello stress termico, basati sulla modellazione del comportamento termico del corpo umano in funzione dell'attività svolta e degli scambi di energia con l'ambiente. Tali metodi si basano sull'equazione di bilancio di energia relativa al corpo umano (1):

$$E = M - W - E_{res} - C_{res} - C - R - S \quad [3]$$

in cui:

E: potenza termica dispersa per evaporazione dalla pelle, W;

M: metabolismo energetico, W;

W: potenza meccanica che il corpo umano cede all'ambiente, W;

E_{res} : potenza termica dispersa nella respirazione come "calore latente", W;

C_{res} : potenza termica dispersa nella respirazione come "calore sensibile", W;

C: potenza termica dispersa per convezione, W;

R: potenza termica dispersa per irraggiamento, W;

S: accumulo di energia termica nell'unità di tempo o variazione di energia interna del corpo umano nell'unità di tempo, W;

le espressioni per il calcolo dei termini che compaiono nella [3] sono riportate in appendice A con i numeri che vanno da A1 a A4.

Il primo indice in ordine cronologico che tiene conto del bilancio energetico espresso dalla [3] è quello sviluppato da Belding e Hatch nel 1955 (14); esso è comunemente indicato con la sigla HSI (*Heat Stress Index*) ed è definito come il rapporto espresso in percentuale tra la potenza termica scambiata per evaporazione in assenza di accumulo termico, E_{req} , e la massima potenza termica, E_{max} , che il soggetto può scambiare all'interno dell'ambiente:

$$HSI = \frac{E_{req}}{E_{max}} \cdot 100 \quad [4]$$

Un valore limite di HSI pari a 100, corrispondente alla condizione $E_{req}=E_{max}$, viene definito come il limite superiore di stress termico che non può essere superato da un individuo di sesso maschile in buone condizioni di forma fisica ed acclimatato per un periodo di tempo pari ad 8 ore, il che corrisponde ad una perdita idrica pari a 1 l/h di sudore (14). Questo indice si basa sull'assunzione di trascurare i termini convettivi di scambio termico legati alla respirazione e su una temperatura della pelle uniforme e pari a 35°C il che ne limita l'attendibilità al variare dell'isolamento termico offerto dall'abbigliamento (6, 14). Un ulteriore passo avanti fu condotto da Givoni (6, 14, 19) mediante l'introduzione dell'indice ITS (*Index of Thermal Stress*) definito dalla relazione:

$$ITS = \frac{E_{req}}{r} \quad [5]$$

in cui r , adim., rappresenta l'efficienza della sudorazione definita secondo la relazione:

$$r = \frac{E}{SW} \quad [6]$$

L'indice ITS, pur soffrendo delle stesse limitazioni dell'indice HSI, tiene conto del fatto che il

sudore, una volta prodotto dall'organismo, non necessariamente evapora, contribuendo allo smaltimento nell'ambiente considerato dell'energia termica accumulata dall'organismo.

Un approccio più sistematico e rigoroso nella valutazione della potenza termica scambiata per evaporazione tra soggetto ed ambiente è rappresentato dal metodo della sudorazione richiesta (SW_{req}) sviluppato nel 1981 da Vogt et al (23) e al quale è ispirata la norma ISO 7933 (10). Il metodo si fonda sul calcolo della potenza termica evaporativa attraverso il bilancio di energia termica sul corpo umano espresso dalla [3].

È opportuno innanzitutto precisare che nel metodo della sudorazione richiesta vengono utilizzate tre classi di grandezze:

- richiesta: è il valore che la variabile deve assumere perché l'equazione di bilancio di energia termica [3] con accumulo nullo ($S=0$) sia soddisfatta. Si indica con il pedice "req";
- prevista: è il valore che si prevede che la variabile assuma nell'ambiente in esame. Si indica con il pedice "p";
- limite: è il valore massimo possibile per motivi fisici o fisiologici. Varia a seconda che il soggetto sia o meno acclimatato. Si indica con il pedice "max".

I valori limite della frazione di pelle bagnata e del massimo accumulo termico compatibile con un valore limite della temperatura rettale di 38°C previsti dalla ISO 7933 (10) sono riportati in tabella 3 al variare del metabolismo ed a seconda del grado di acclimatazione del soggetto; ciascun valore è relativo a due livelli diversi di protezione:

- livello di allarme, relativo a quella situazione in cui un soggetto in buona salute e fisicamente adatto all'attività che svolge non corre rischi per la propria salute;
- livello di pericolo, relativo a quella situazione in cui lo stesso soggetto corre rischi.

Alla potenza termica evaporativa è associata la sudorazione, SW , che può essere espressa indifferentemente in g/hm^2 , nel qual caso rappresenta la quantità oraria di sudore complessivamente prodotta, comprendendo anche quella che in realtà non evapora, oppure W/m^2 , e rappresenta l'energia che si smaltirebbe se tutto il sudore evaporasse.

Tabella 3 - Valori limite indicati dalla norma ISO 7933 (10)

Criterio	Soggetti non acclimatati		Soggetti acclimatati	
	Allarme	Pericolo	Allarme	Pericolo
Massima frazione di pelle bagnata w_{\max} (—)	0,85	0,85	1,0	1,0
Massima sudorazione Riposo: $M < 65 \text{ W/m}^2$				
SW_{\max} (W/m^2)	100	150	200	300
SW_{\max} (g/h)	260	390	520	780
Lavoro: $M \geq 65 \text{ W/m}^2$				
SW_{\max} (W/m^2)	200	250	300	400
SW_{\max} (g/h)	520	650	780	1040
Massimo accumulo di energia Q_{\max} (Wh/m^2)	50	60	50	60
Massima perdita di acqua				
D_{\max} (Wh/m^2)	1000	1250	1500	2000
D_{\max} (g)	2600	3250	3900	5200

Se si tiene conto che per effetto del gocciolamento una parte del sudore prodotto non evapora, si rende necessario definire una efficienza evaporativa r_{req} in condizioni di equilibrio termico che consente il calcolo della sudorazione richiesta affinché il termine di accumulo nell'equazione di bilancio sia nullo:

$$r_{\text{req}} = \frac{E_{\text{req}}}{SW_{\text{req}}} \quad [7]$$

Un'altra grandezza fondamentale nella valutazione dello stress da caldo è la percentuale di pelle bagnata richiesta, w_{req} , cioè il rapporto tra la potenza evaporativa richiesta e quella massima compatibile con le assegnate condizioni ambientali e di resistenza al trasporto di vapore dell'abbigliamento, ovvero:

$$w_{\text{req}} = \frac{E_{\text{req}}}{E_{\text{max}}} \quad [8]$$

I valori previsti della sudorazione, SW_p , e della percentuale di pelle bagnata, w_p , non risultano sempre uguali ai rispettivi valori richiesti in quanto sono limitati dai valori massimi che dipendono dalla maggiore o minore tollerabilità della condizione climatica da parte del soggetto.

Calcolati SW_{req} e w_{req} con le equazioni [7] e [8], si possono presentare i seguenti casi:

1. $w_{\text{req}} < w_{\text{max}}$ e $SW_{\text{req}} < SW_{\text{max}}$. In tal caso il soggetto raggiungerà la condizione di equilibrio termico e le grandezze effettive, o previste, coincideranno con quelle richieste:

$$w_p = w_{\text{req}} \quad [9]$$

$$E_p = E_{\text{req}} \quad [10]$$

$$SW_p = SW_{\text{req}} \quad [11]$$

2. $w_{\text{req}} > w_{\text{max}}$: in tal caso i valori richiesti non potranno essere ottenuti e l'energia dispersa per evaporazione è limitata ai valori massimi:

$$w_p = w_{\max} \quad [12]$$

$$E_p = w_{\max} \cdot E_{\max} \quad [13]$$

$$SW_p = \frac{E_p}{r_p} \quad [14]$$

A questo punto si possono verificare due sotto-casi:

2a. $SW_p < SW_{\max}$. In questo caso w_p , E_p e SW_p risulteranno pari a quelli ottenibili dalle [10], [11] e [12].

2b. $SW_p > SW_{\max}$. In tal caso il valore della sudorazione prevista è limitato da quello massimo:

$$SW_p = SW_{\max} \quad [15]$$

e dalle [12], [13], [14] e [15] si ottiene:

$$w_p = r_p \cdot \frac{SW_{\max}}{E_{\max}} \quad [16]$$

Una volta calcolati i valori previsti, o effettivi, si può calcolare il tempo limite di esposizione all'ambiente, indicato con DLE (*Duration Limited Exposure*) o con AET (*Allowable Exposure Time*), che rappresenta l'intervallo di tempo oltre il quale ci possono essere rischi per la salute del lavoratore.

Il tempo limite di esposizione va valutato tenendo conto di due criteri fisiologici:

1) se le condizioni di lavoro cui è sottoposto il soggetto sono tali che il termine di accumulo nel bilancio di energia non è nullo, è necessario limitare quest'ultimo ad un valore massimo, Q_{\max} , in modo che il conseguente aumento della temperatura del nucleo non comporti alcun effetto patologico;

2) il mantenimento dell'equilibrio idromineraie dell'organismo impone un limite superiore alla perdita di acqua da parte del soggetto, D_{\max} .

In pratica si valuta un tempo limite relativamente a ciascuno dei due criteri e si assume come tempo limite di esposizione ammissibile il minore dei due.

Il tempo limite di esposizione relativamente al criterio 1. si calcola mediante la relazione:

$$DLE_1 = 60 \cdot \frac{Q_{\max}}{E_{\text{req}} - E_p} \quad [17]$$

mentre quello relativo al criterio 2. si calcola con l'equazione:

$$DLE_2 = 60 \cdot \frac{D_{\max}}{SW_p} \quad [18]$$

La ISO 7933 (10) prevede anche una verifica dell'accettabilità delle condizioni di lavoro; in pratica durante una giornata lavorativa si possono verificare due casi: o il soggetto è costantemente esposto alle stesse condizioni microclimatiche e, vestito sempre allo stesso modo, svolge sempre la stessa attività, oppure le condizioni microclimatiche e quelle di attività e/o abbigliamento variano.

Nel primo caso per verificare l'accettabilità delle condizioni di lavoro il metodo della sudorazione richiesta va applicato nel modo seguente:

- si calcolano le grandezze richieste, quelle previste e da queste, tramite le equazioni [17] e [18] il DLE pari al massimo tra DLE_1 e DLE_2 ;

- nel caso in cui risulti $DLE > 8$ h, cioè non ci siano limitazioni all'esposizione, si calcola l'indice di *strain*, rappresentato dalla sudorazione richiesta SW_{req} , che è indicativo della "gravosità" dell'ambiente termico;

- quando risulta $DLE < 8$ h:

- se il limite è costituito dal DLE_1 è possibile esporre nuovamente il soggetto all'ambiente di lavoro dopo un periodo di riposo sufficiente a smaltire l'energia termica accumulata nel periodo lavorativo;

- se invece il limite è dato dal DLE_2 il soggetto non dovrà subire nel corso della giornata ulteriori esposizioni all'ambiente di lavoro per non rischiare un principio di disidratazione, in quanto, anche bevendo, probabilmente non riuscirà a ripristinare immediatamente e completamente il proprio equilibrio idromineraie.

Nel caso di condizioni di lavoro variabili nel tempo, innanzitutto vanno individuate le diverse sequenze, dove per sequenza si intende l'intervallo di tempo in cui le grandezze che influenzano lo stress termico possono essere ritenute costanti; quindi:

– per ciascuna sequenza si calcolano le grandezze richieste, quelle previste ed il DLE;

– anche se per ciascuna sequenza si verifica che il DLE è maggiore della corrispondente durata di esposizione, si prosegue ricalcolando le grandezze previste e il DLE per l'insieme delle sequenze, utilizzando come valori di E_{req} , E_{max} e M le medie pesate rispetto alla durata totale.

Ovviamente, questo metodo si può applicare anche per cicli lavoro-riposo e pertanto, quando il DLE risulta minore di otto ore, permette di stabilire, con un procedimento per tentativi, la durata e la collocazione temporale delle pause di riposo.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nelle figure 1 e 2 sono riportate le curve relative alle condizioni di pericolo per un soggetto acclimatato secondo la norma ISO 7933 (10) (ottenute fissando il tempo limite di esposizione a 8 ore indipendentemente dal criterio di protezione) al variare dell'attività metabolica e quelle a WBGT costante (a tratto discontinuo) e uguale a 25, 26, 28, 30 e 33°C, valori limite per soggetto acclimatato e per aria non stagnante secondo la ISO 7243 (10) (tabella 1).

Con riferimento alla figura 1, relativa a condizioni di temperatura uniforme ($t_a=t_r$), appare evidente che per valori di metabolismo fino a 90 W/m², la valutazione delle condizioni di stress termico attraverso il WBGT risulta più restrittiva di quella mutuabile dal metodo della sudorazione richiesta; infatti, le curve relative ai tempi limite di esposizione corrispondenti a valori di metabolismo pari a 65 e 90 W/m² si trovano sempre al di sopra di quelle relative ai massimi valori dell'indice WBGT (33 e 30°C rispettivamente) compatibili con quei valori di attività (tabella 1). La situazione tende invece a ribaltarsi al crescere del metabolismo. Infatti, mentre la curva a $M=145$ W/m² è ancora al di sopra di quella relativa a WBGT=28°C, in corrispondenza di $M=175$ W/m² si assiste ad una inversione. Questo significa ad esempio che le condizioni di lavoro relative al punto A ($t_a=36$ °C, $\Phi=35\%$), sono da ritenersi di sicurezza dal punto di vista del WBGT mentre sono del tutto inammissi-

bili in termini di sudorazione richiesta. Al crescere ulteriore di M il fenomeno tende ad amplificarsi al punto che la linea a WBGT=25°C è tutta al di sopra della curva già a $M=200$ W/m². Occorre sottolineare che la discontinuità delle curve limite relative al metodo della sudorazione richiesta risiede nel criterio di protezione adottato. In altri termini, per livelli di attività al di sotto della soglia di 175 W/m² ed in condizioni di temperatura e grado igrometrico elevata, la sudorazione non è capace di contrastare l'accumulo termico per cui la temperatura del nucleo corporeo raggiunge il valore critico di 38°C (DLE₁=8 h) senza che si raggiunga una perdita idrica pari a quella massima (DLE₂<8 h). Al contrario, in corrispondenza di temperature più elevate (e di umidità relative progressivamente minori), la sudorazione è molto più abbondante al punto di raggiungere il suo valore massimo consentito (DLE₂=8h) contrastando efficacemente l'accumulo termico ($t_{co}<38$ °C).

I limiti dell'indice WBGT sono ulteriormente messi in luce dalle curve presentate in figura 2 e relative ad un ambiente a temperatura non uniforme ($t_r=t_a+20$ °C).

Evoluzione del metodo della sudorazione richiesta: il modello *Predicted Heat Strain*

Sebbene la norma ISO 7933 (10) rappresenti un significativo passo avanti nella valutazione analitica degli ambienti severi caldi, non è del tutto esente da critiche (6, 16-18, 20). Le principali obiezioni riguardano numerosi aspetti diversi: la valutazione della temperatura della pelle (20), l'influenza dell'abbigliamento sugli scambi termici evaporativi, i valori limite di alcune grandezze fisiologiche (i.e. frazione di pelle bagnata, perdita idrica) assunti nel calcolo del tempo limite di esposizione ed il loro esatto andamento temporale, i concetti di condizioni di "allarme" e "pericolo" nella definizione dei criteri di protezione accompagnati spesso da un non perfetto accordo con i dati sperimentali.

Al fine di superare i limiti imposti dal metodo della sudorazione richiesta che è alla base della norma ISO 7933 (10) la Commissione Europea ha finanziato nel triennio 1996-1999 la ricerca *Assessment of the risk of heat disorders encountered during*

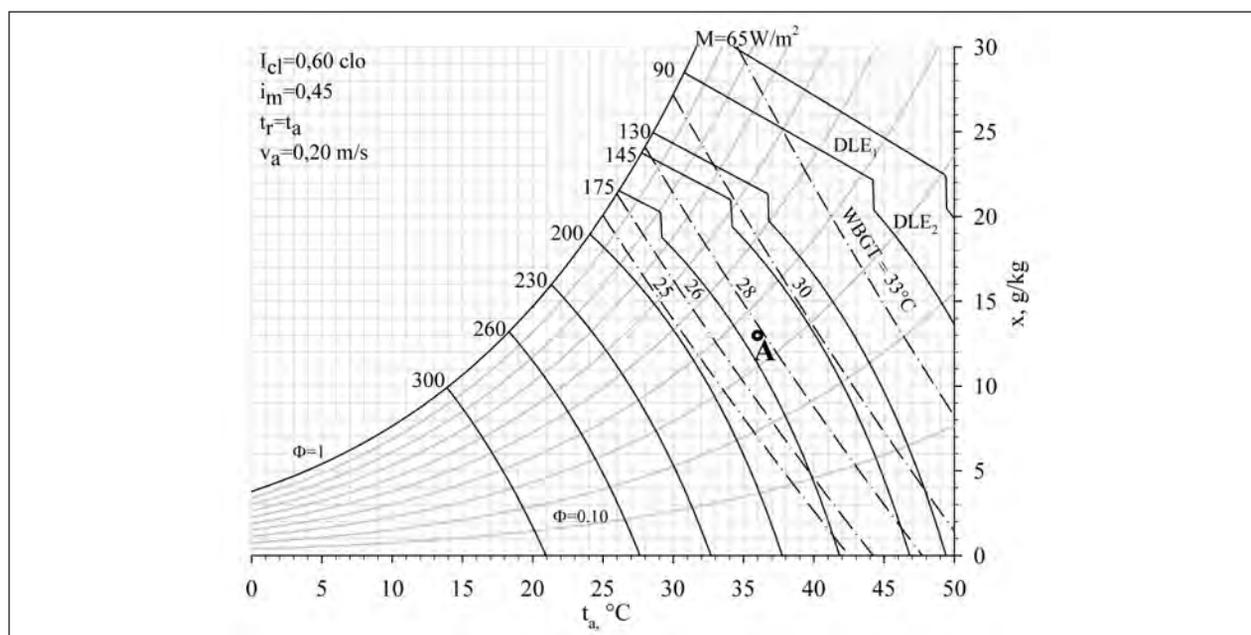


Figura 1 - Confronto nella valutazione delle condizioni di lavoro a norma della ISO 7243 (curve a tratto discontinuo) e della ISO 7933 (curve continue) per un soggetto acclimatato al variare dell'attività metabolica in un ambiente a temperatura uniforme ($t_r = t_a$). Le curve relative alla ISO 7933 si riferiscono ai valori di pericolo così come riportati in tabella 3; le curve relative alla ISO 7933 si riferiscono al minore dei tempi limite di esposizione

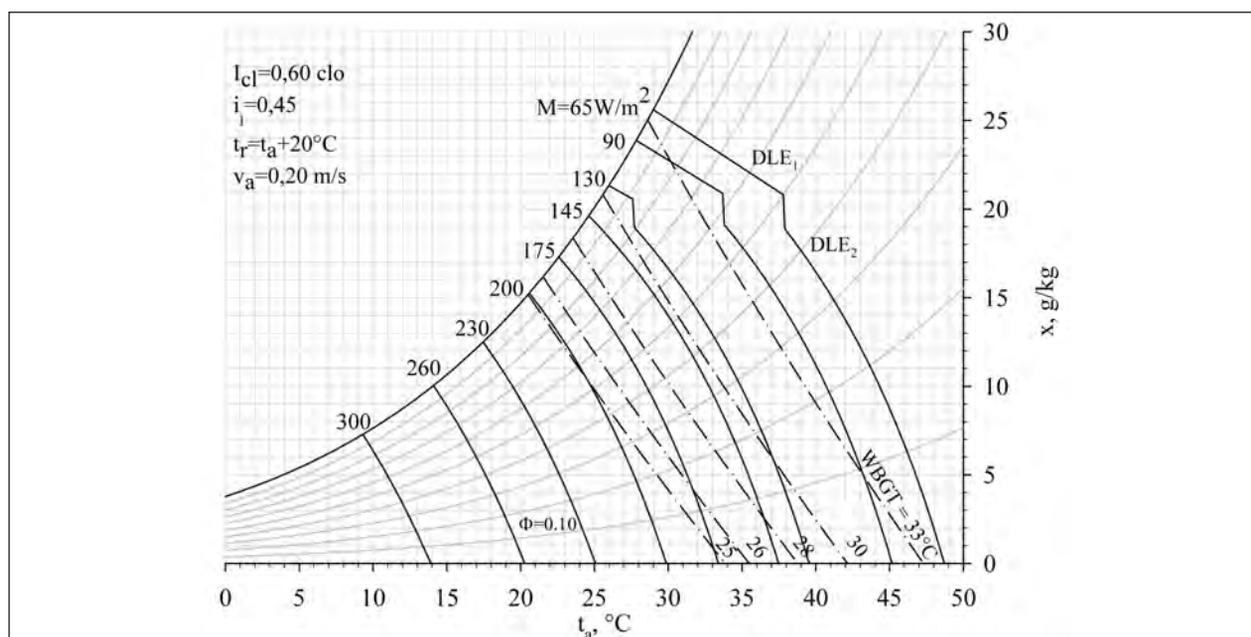


Figura 2 - Confronto nella valutazione delle condizioni di lavoro a norma della ISO 7243 (curve a tratto discontinuo) e della ISO 7933 (curve continue) per un soggetto acclimatato al variare dell'attività metabolica in un ambiente a temperatura non uniforme ($t_r = t_a + 20^\circ\text{C}$). Le curve relative alla ISO 7933 si riferiscono ai valori di pericolo così come riportati in tabella 3; le curve relative alla ISO 7933 si riferiscono al minore dei tempi limite di esposizione

work in hot conditions, alla quale ha partecipato un consorzio comprendente 8 fra Università ed Istituti di Ricerca Internazionali¹. Lo scopo della ricerca è stato quello di mettere a punto un nuovo criterio di valutazione, battezzato con il nome *Predicted Heat Strain* (PHS), a tutt'oggi in corso di approvazione in abito CEN e ISO, in sostituzione del metodo della sudorazione richiesta su cui si fonda la ISO 7933 (10) (attualmente in revisione). Il nuovo modello (3, 5, 12, 16) è comunque ispirato al precedente ma tiene conto degli ultimi progressi fatti nel settore. In particolare sono stati modificati gli algoritmi per la valutazione degli scambi termici corpo-ambiente, i valori massimi di alcune grandezze, i criteri limite, la valutazione della produzione di sudore, della temperatura del nucleo corporeo e del tempo di esposizione ammissibile. La validazione del modello, i cui campi di validità sono riportati in tabella 4, è stata condotta utilizzando una vasta serie di risultati sperimentali, già disponibili all'inizio del programma BIOMED, ottenuti sia in campo che in laboratorio dai più importanti centri di ricerca mondiali.

Tabella 4 - Campo di validazione del metodo Predicted Heat Strain in termini delle principali variabili (12)

Variabile	Minimo	Massimo
t_a (°C)	15	50
p_a (kPa)	0	4,5
$t_r - t_a$ (°C)	0	60
v_a (m/s)	0	3
M (W)	100	450
I_{cl} (clo)	0,1	1,0

¹ Unité Hygiène et Physiologie du Travail, Université Catholique de Louvain, (Belgio); Institut für Arbeitswissenschaften der Ruhrkohle Aktiengesellschaft, Dortmund (Germania); Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Dortmund (Germania); Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie, Wuppertal (Germania); TNO-Human Factors Research Institute, Dept. of Work Environment, Soesterberg (Olanda); National Institute of Working Life (NIWL), Solna (Svezia); Human Thermal Environments Laboratory, Loughborough University of Technology, Loughborough (Regno Unito); Dipartimento di Energetica, Termofluidodinamica e Condizionamenti Ambientali (DETEC), Napoli (Italia)

Le principali caratteristiche del nuovo criterio di valutazione saranno qui di seguito elencate ponendo in risalto le modifiche introdotte rispetto al metodo della sudorazione richiesta.

Previsione della temperatura della pelle

La relazione proposta nella norma ISO 7933 (10) per il calcolo della temperatura della pelle non è capace di predirne con esattezza il valore, specialmente allorché l'umidità o l'entità degli scambi termici radiativi verso il corpo risultino elevati (20). Nello sviluppo del modello PHS si è cercato di superare questa limitazione attraverso l'analisi di un ampio database di misure provenienti da 8 istituti di ricerca. Essendo i dati rappresentativi di un campione contenente solo il 10% di donne, è stato deciso di derivare il modello di previsione della temperatura della pelle usando solo dati relativi ad individui di sesso maschile. L'analisi è stata condotta separatamente per individui nudi e vestiti consentendo di ricavare una nuova espressione per il calcolo di t_{sk} affidabile per oltre l'80% dei soggetti con uno scarto di appena 1°C.

Effetto del movimento sulla resistenza termica ed evaporativa dell'abbigliamento

Le caratteristiche termofisiche dell'abbigliamento influenzano enormemente i meccanismi di scambio termico tra il corpo umano e l'ambiente. In particolare, l'isolamento totale, che tiene conto sia della resistenza termica dell'abbigliamento che di quella superficiale (convettiva e radiativa) fra soggetto ed ambiente, come mostrato in figura 3, risente in misura non trascurabile delle azioni del vento e dei movimenti del corpo in quanto, all'aumentare di queste ultime, diminuisce progressivamente (3, 21). Il movimento delle persone riduce, rispetto alle condizioni di immobilità, sia il valore della resistenza termica che di quella evaporativa dell'abbigliamento, in quanto, per le aperture praticate (es. polsini, colletti) e per la permeabilità all'aria dei tessuti, si determina un movimento di aria nello spazio compreso tra la superficie interna dell'abbigliamento e la pelle. Alla luce di queste osservazioni il modello di abbigliamento adottato nel PHS è stato modificato secondo quanto illustrato in figura 4, in cui sono posti in risalto gli ef-

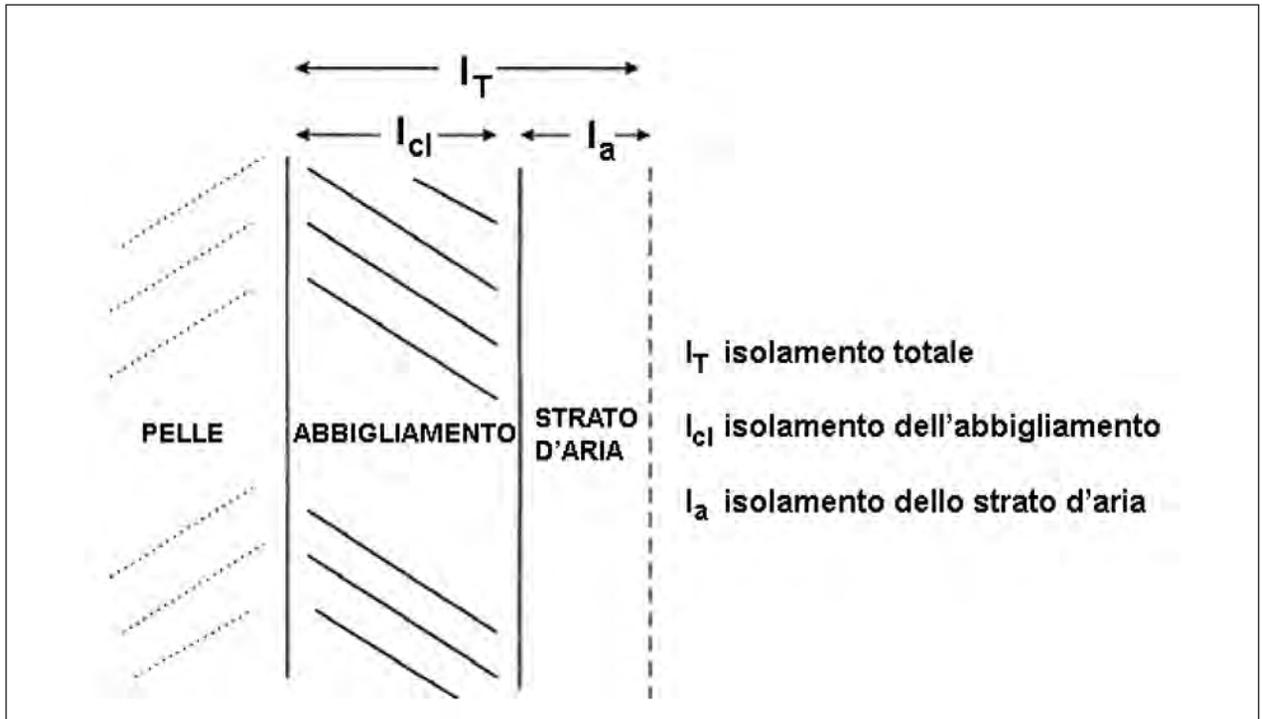


Figura 3 - Modello di abbigliamento utilizzato nella ISO 7933 (7)

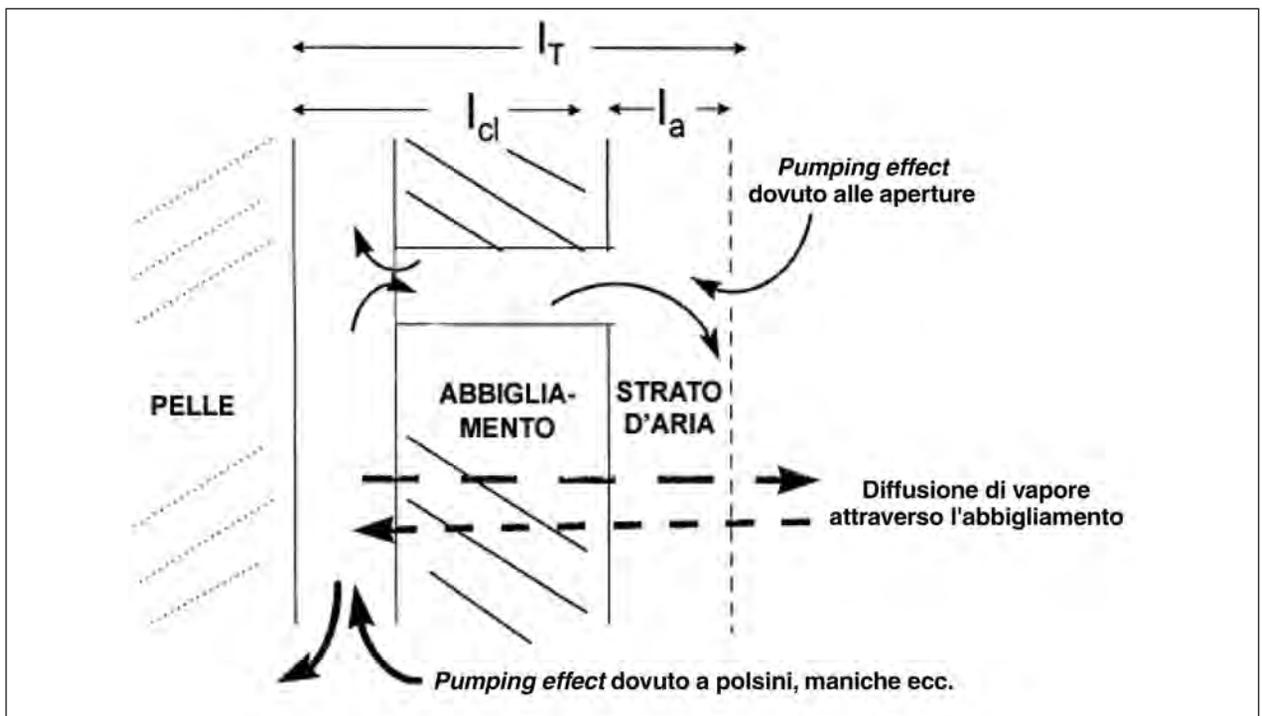


Figura 4 - Modello di abbigliamento utilizzato nel PHS con particolare riferimento al fenomeno del *pumping effect* (7)

fetti del *pumping effect* attraverso le aperture ed attraverso i polsini. In appendice B (B13-B16) sono riportati i dettagli del calcolo dei coefficienti di correzione adottati per tener conto del fenomeno e che dipendono dalla velocità dell'aria e dalla velocità dell'andatura (7, 8).

Effetto dell'attività sulla temperatura del nucleo corporeo

Nella ISO 7933 (10) la temperatura del nucleo non solo non viene valutata, ma è ritenuta indipendente dall'attività metabolica. Invece, nel nuovo modello, partendo da uno studio di Saltin (5) ci si propone di considerarla, in condizioni di equilibrio termico, funzione lineare del metabolismo secondo la (B26).

Andamento temporale delle variabili fisiologiche

Per la salvaguardia dello stato di salute dei lavoratori esposti ad ambienti severi è necessario prevedere il loro stato fisiologico ad un assegnato istante, tenendo conto sia delle condizioni climatiche cui sono esposti che delle eventuali esposizioni precedenti, determinando il massimo tempo di esposizione ed il minimo tempo di recupero. Il metodo della sudorazione richiesta si fonda sull'ipotesi che il soggetto, all'interno dell'ambiente in cui svolge la propria attività, si porti istantaneamente in condizione di regime permanente. In realtà si è osservato che la risposta fisiologica del corpo umano, al mutare delle condizioni ambientali, segue un andamento esponenziale del primo ordine (15, 16, 18) che può essere espressa mediante una relazione iterativa del tipo:

$$V_i = k \cdot V_{i-1} + V_{\max} \cdot (1-k) \quad [19]$$

in cui:

V_i : valore della grandezza all'istante i

V_{i-1} : valore della grandezza all'istante $i-1$

V_{\max} : valore a regime della grandezza nell'ambiente di lavoro

k : costante di aggiornamento del valore della variabile².

² In generale, per un sistema del primo ordine risulta: $k=e^{-\Delta t/\tau}$ in cui k l'intervallo di tempo tra l'istante $i-1$ e l'istante i e τ la costante di tempo caratteristica del fenomeno

I valori della costante di tempo sono pari a 3 min per la temperatura della pelle e 10 min per la sudorazione prevista e la temperatura del nucleo (B27-B29).

Calcolo della temperatura rettale e della temperatura del nucleo

Come si è avuto modo di osservare, la ISO 7933 (10) non consente una previsione né della temperatura rettale né della temperatura del nucleo, limitandosi ad una determinazione della massima perdita idrica o del massimo accumulo termico compatibile con una temperatura rettale pari a 38°C. Il nuovo modello, invece, mediante una procedura di calcolo iterativa (3, 5) consente di derivare istante per istante sia la temperatura del nucleo che quella rettale, noti che siano i valori della frazione di massa corporea ad una temperatura pari a t_{sk} e l'accumulo termico in un generico intervallo di tempo i -mo. Le relazioni fondamentali di calcolo sono riportate in appendice B (B32-34).

Valori limite delle grandezze e criteri di protezione

Per quanto riguarda i valori limite di sudorazione e la massima perdita idrica ammissibile, sono state introdotte alcune differenze significative rispetto al passato. In particolare come mostrato in tabella 3, la ISO 7933 assume che SW_{\max} , per il livello di pericolo, sia pari a 390 g/h e 650 g/h rispettivamente per valori del metabolismo minori e maggiori di 65 W/m² e nel caso di soggetti non acclimatati. Inoltre essa assume che i valori raddoppino all'incirca (780 e 1040 g/h) passando al caso di soggetti acclimatati.

Nella revisione si è considerato che, in primo luogo, non c'è motivo di ritenere che il valore di SW_{\max} vari in maniera discontinua in corrispondenza di 65 W/m². Infine, il valore utilizzato nella ISO 7933 (10) non si riferisce ad un soggetto medio, ma ad un livello di allarme o di pericolo in cui, rispettivamente, tutti o la maggior parte dei soggetti esposti sono al sicuro. Inoltre poiché non è chiaro quale sia il grado di sicurezza effettivo associato a questi due livelli e siccome si è visto sperimentalmente che la sudorazione massima può

superare notevolmente i valori adottati dalla ISO 7933 (10), questo approccio è stato abbandonato. Infatti nel nuovo modello, ci si riferisce ad un lavoratore medio ed il massimo valore della sudorazione può essere valutato mediante le relazioni (B30) e (B31). E' noto che in soggetti acclimatati, per i quali molte ricerche confermano che il valore limite raddoppia rispetto al caso di un soggetto non acclimatato, la sudorazione massima è maggiore.

Escludendo infatti le esperienze in cui non viene raggiunta la massima sudorazione, si è ricavato che la SW_{max} aumenta, in media, solo del 25% passando dal caso di soggetto non acclimatato a quello di soggetto acclimatato e questo è l'incremento che viene fissato nel nuovo modello.

Per quanto riguarda il valore limite della temperatura rettale, anche il nuovo modello assume che la durata dell'esposizione debba essere limitata, in modo da escludere la possibilità che la t_{co} superi i 38°C e quindi intervenga il rischio di collasso e/o di colpo di calore. Tuttavia, il rischio di crampi da calore e di innesco di un principio di disidratazione può subentrare, invece, anche per esposizioni che vanno dalle 4 alle 8 ore in condizioni di lavoro meno severe, per le quali non è preoccupante l'accumulo di calore ma la perdita d'acqua.

Nel nuovo modello non solo si assume un valore limite di disidratazione, ma si tiene conto anche della capacità di recupero dei liquidi da parte del soggetto. Sulla base di queste ipotesi e di misure del tasso di reidratazione condotte sul campo da Kampmann (13) è possibile assumere che la perdita idrica limite sia pari al 7,5% della massa corporea per un soggetto medio ed al 5% della massa corporea per il 95% dei soggetti esposti. Nella revisione, allora, la durata limite dell'esposizione viene calcolata, per un soggetto medio, limitando la perdita massima di acqua al 7,5% della massa corporea.

Per salvaguardare, invece, il 95% dei soggetti esposti la perdita massima deve essere limitata al 5% della massa corporea. E' evidente che ciò comporta per un lavoratore di 70 kg valori di D_{max} pari rispettivamente a 5250 g e 3500 g, che sono molto prossimi a quelli per soggetto acclimatato e non acclimatato al livello di pericolo (rispettivamente

5200, 3250) riportati nella tabella 3 per la ISO 7933 (10).

Valutazione delle condizioni di lavoro attraverso il PHS: confronto con la ISO 7933

La valutazione delle condizioni di stress termico mediante il PHS è riportata in forma grafica nelle figure 5 e 6 in cui sono state tracciate le curve relative alle condizioni di pericolo per un soggetto acclimatato secondo la norma ISO 7933. Ciascuna delle curve riportate è stata ottenuta impiegando un programma di calcolo conforme a quello riportato nell'allegato D della proposta di revisione (19). Esso non solo permette la valutazione delle condizioni di lavoro a partire dai principali parametri microclimatici (temperatura dell'aria, temperatura media radiante, velocità dell'aria, grado igrometrico) e soggettivi (energia, altezza e massa del soggetto, isolamento termico dell'abbigliamento) ma consente il tracciamento delle curve limite di esposizione.

La figura 5, relativa a condizioni di temperatura uniforme, mostra come fino a valori di metabolismo di 145 W/m² il metodo di valutazione PHS risulti più restrittivo di quello della sudorazione richiesta con una differenza crescente al decrescere dell'attività metabolica. La situazione tende invece a ribaltarsi al crescere del metabolismo. A 175 W/m² la curva relativa al PHS si trova quasi interamente al di sopra di quella relativa al metodo della sudorazione richiesta, mentre a =230 W/m² lo è in tutto il campo.

I limiti del metodo della sudorazione richiesta rispetto al PHS sono ulteriormente esaltati dall'analisi delle curve riportate in figura 6 che evidenziano come in ogni condizione metabolica il primo risulti meno severo del secondo consentendo tempi limite di esposizione maggiori a scapito della salute degli operatori.

Solo in corrispondenza di valori di metabolismo più elevati ($M=200$ e 230 W/m²) ed in corrispondenza di condizioni climatiche particolarmente umide, le curve limite relative al PHS sono al di sopra di quelle relative al metodo della sudorazione richiesta.

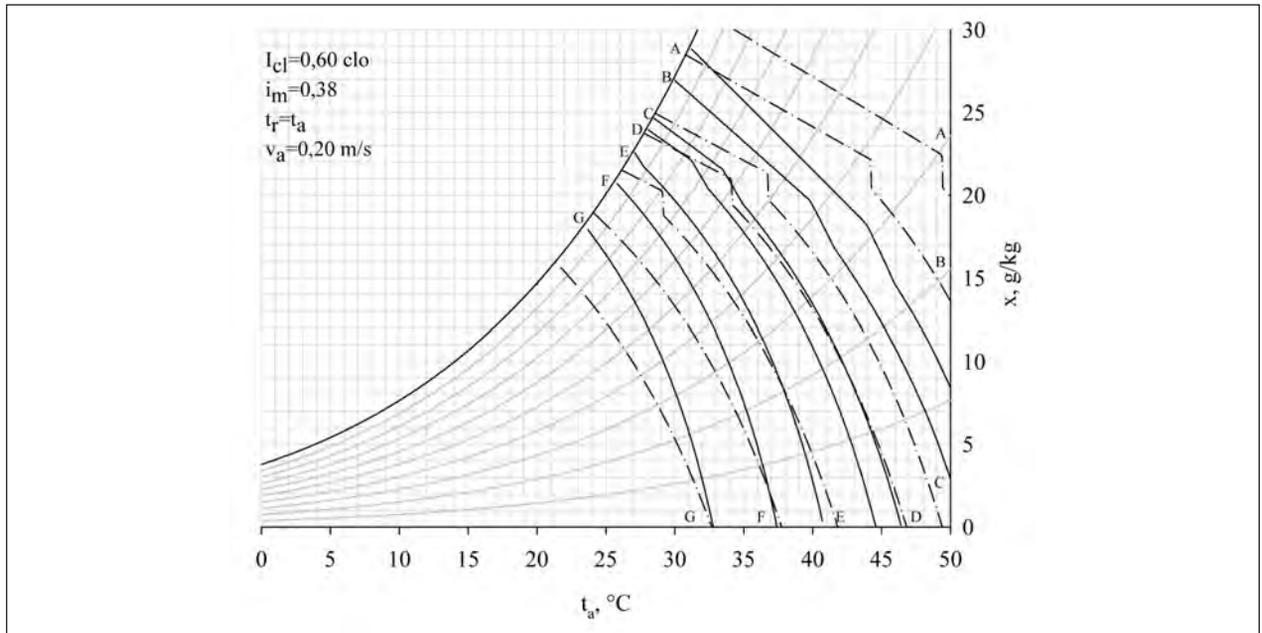


Figura 5 - Confronto nella valutazione delle condizioni di lavoro in condizioni di pericolo con il metodo PHS (curve a tratto continuo) rispetto al metodo della sudorazione richiesta (curve a tratto discontinuo) per un soggetto acclimatato al variare dell'attività metabolica in un ambiente a temperatura uniforme ($t_r=t_a$). (A) 65 W/m², (B) 90 W/m², (C) 130 W/m², (D) 145 W/m², (E) 175 W/m², (F) 200 W/m², (G) 230 W/m²

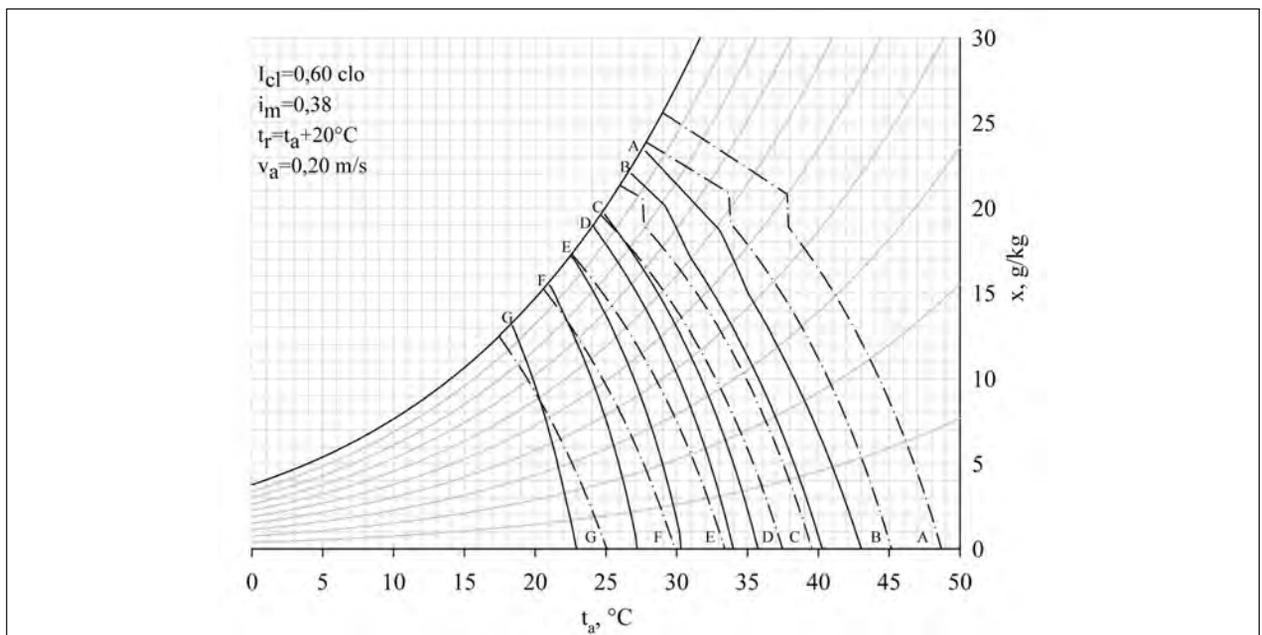


Figura 6 - Confronto nella valutazione delle condizioni di lavoro in condizioni di pericolo con il metodo PHS (curve a tratto continuo) rispetto al metodo della sudorazione richiesta (curve a tratto discontinuo) per un soggetto acclimatato al variare dell'attività metabolica in un ambiente a temperatura non uniforme ($t_r=t_a+20^\circ\text{C}$). (A) 65 W/m², (B) 90 W/m², (C) 130 W/m², (D) 145 W/m², (E) 175 W/m², (F) 200 W/m², (G) 230 W/m²

BIBLIOGRAFIA

1. ALFANO G, D'AMBROSIO FR, RICCIO G: *La valutazione delle condizioni termoigrometriche negli ambienti di lavoro: comfort e sicurezza*. Napoli (Italy): CUEN, 1997
2. BERNARD TE: Heat stress and protective clothing: an emerging approach from the United States. *Ann Occup Hyg* 1999; *43*: s321-s327
3. BETHEA D, PARSONS KC: *The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry*. Sudbury (UK): HSE Books 2002
4. CEN: *Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate - EN 12515 (ISO 7933: 1989 modified)*. Brussels (Belgium): European Committee for Standardization, 1997
5. D'AMBROSIO FR, LAURO E, ALFANO G: *Ambienti severi: nuovi criteri di valutazione*. Napoli (Italy): CUEN, 1999
6. GRAVELING RA, MORRIS LA, GRAVES RJ: *Working in hot conditions in mining: a literature review*. Edinburgh (UK): Institute of Occupational Medicine Ergonomics Branch, 1988 (HSE contract research report no 10/1988)
7. HAVENITH G, HOLMÉR I, DEN HARTOG EA, et al: Clothing evaporative heat resistance. Proposal for improved representation in Standards and Models. *Ann Occup Hyg* 1999; *43*: s339-s346
8. HOLMÉR I, NILSSON H, HAVENITH G, et al: Clothing convective heat exchange - Proposal for improved representation in standards and models. *Ann Occup Hyg* 1999; *43*: s329-s337
9. ISO: *Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (Wet Bulb Globe Temperature)*. ISO Standard 7243. Geneva (Switzerland): International Standardization Organization, 1989
10. ISO: *Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate - ISO Standard 7933*. Geneva (Switzerland): International Standardization Organization, 1989
11. ISO: *Ergonomics - Determination of metabolic heat production*. ISO Standard 8996. Geneva (Switzerland): International Standardization Organization, 1990
12. ISO: *Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain - Draft International Standard ISO/FDIS 7933*. Geneva (Switzerland): International Standardization Organization, 2003
13. KAMPMANN B, PIEKARSKI C: The evaluation of workplaces subjected to heat stress: can ISO 7933 (1989) adequately describe heat strain in industrial workplaces? *Appl Ergon* 2000; *31*: 59-71
14. LEE DHK: Seventy-five years of searching for a heat index. *Environ Res* 1980; *22*: 331-356
15. MALCHAIRE JB: Predicted sweat rate in fluctuating thermal conditions. *Eur J Appl Physiol* 1991; *63*: 282-287.
16. MALCHAIRE JB: Methodology of investigation of hot working conditions in the field. *Ergonomics* 1995; *38*: 73-85
17. MALCHAIRE JB, KAMPMANN B, MENHERT P, et al: Évaluation du risque de contrainte thermique lors du travail en ambiances chaudes. *Médecine du travail & Ergonomie* 2001; *XXXVIII*: s101-s112
18. MALCHAIRE JB, KAMPMANN B, MENHERT P, et al: Assessment of the risk of heat disorders encountered during work in hot conditions. *Int Arch Occup Environ Health* 2002; *75*: 153-162
19. MC INTYRE DA: *Indoor Climate*. London (UK): Applied Science Publisher LTD, 1980
20. MENHERT P, MALCHAIRE J, KAMPMANN B, et al: Prediction of the average skin temperature in warm and hot environments. *Eur J Appl Physiol* 2000; *82*: 52-60
21. PARSONS KC, HAVENITH G, HOLMÉR I, et al: The effect of wind and human movement on the heat and vapour transfer properties of clothing. *Ann Occup Hyg* 1999; *43*: s347-s352
22. UNI: *Ambienti caldi - Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)*. Norma UNI-EN 27243. Milano (Italia): Unificazione Italiana, 1996
23. VOGT JJ, METZ B: Ambiente termico. In Scherrer J e coll: *Manuale di Fisiologia del lavoro*. Milano (Italia): Masson Italia Editori, 1984

APPENDICE A

Equazioni per il calcolo delle grandezze che compaiono nel bilancio di energia termica nel corpo umano secondo la ISO 7933

$E_{res} = 1,73 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5624 - \phi \cdot p_a)$		W/m ²	(A1)
$C_{res} = 0,0014 \cdot M \cdot (35 - t_a)$		W/m ²	(A2)
$C = h_c \cdot F_{cl} \cdot (t_{sk} - t_a)$		W/m ²	(A3)
$R = h_r \cdot F_{cl} \cdot (t_{sk} - t_r)$		W/m ²	(A4)
$h_c = 2,38 \cdot t_{sk} - t_a ^{0,25}$	(aria stagnante)	W/m ² K	(A5)
$h_c = 3,5 + 5,2 v_{ar}$	($v_{ar} < 1$ m/s)	W/m ² K	(A6)
$h_c = 8,7 v_{ar}^{0,6}$	($v_{ar} \geq 1$ m/s)	W/m ² K	(A7)
$v_{ar} = v_a + 0,052 \cdot (M - 58)$		m/s	(A8)
$t_{sk} = 30,0 + 0,093 \cdot t_a + 0,045 t_r - 0,571 \cdot v_a + 0,254 \cdot p_a + 0,00128 \cdot M - 3,57 I_{cl}$		°C	(A9)
$F_{cl} = \frac{f_{cl}}{1 + (h_c + h_r) \cdot f_{cl} \cdot I_{cl}}$		adim.	(A10)
$f_{cl} = 1,0 + 0,31 \cdot I_{cl}$		adim.	(A11)
$h_r = \sigma \cdot \epsilon_{sk} \cdot \frac{A_r}{A_b} \cdot \frac{T_{sk}^4 - T_r^4}{t_{sk} - t_r}$		W/m ² K	(A12 ³)
$E_{max} = \frac{P_{sk,s} - P_a}{R_{c,T}}$		W/m ²	(A13)
$R_{c,T} = 6,0 \cdot 10^{-2} \cdot \left\{ \frac{1}{h_c} + \frac{1}{i_m} \cdot \left[0,155 \cdot I_{cl} - Ra \cdot \left(1 - \frac{1}{f_{cl}} \right) \right] \right\}$		m ² Pa/W	(A14)
$R_a = \frac{1}{h_c + h_r}$		m ² K/W	(A15)
$r = 1 - \frac{w^2}{2}$		adim.	(A16)

³ A_r rappresenta l'area della superficie efficace del corpo umano, mentre A_b l'area della superficie del corpo umano. Il rapporto A_r/A_b è posto pari a 0,67, 0,70, 0,77 a seconda che il soggetto sia accovacciato, seduto o in piedi

APPENDICE B

Equazioni per il calcolo delle grandezze che compaiono nel bilancio di energia termica nel corpo umano secondo il metodo PHS

$$E_{res} = 1,73 \cdot 10^{-5} M \cdot (5624 - \phi \cdot p_a) \quad \text{W/m}^2 \quad (\text{B1})$$

$$C_{res} = 0,0014 \cdot M \cdot (28,56 + 0,641 \cdot p_a - 0,885 \cdot t_a) \quad \text{W/m}^2 \quad (\text{B2})$$

$$C + R = \frac{t_{sk} - t_{cl}}{I_{cl \text{ dyn}}} \quad \text{W/m}^2 \quad (\text{B3})$$

$$t_{sk, eq \text{ nu}} = 7,19 + 0,064 \cdot t_a + 0,061 \cdot t_r + 0,198 \cdot p_a - 0,348 \cdot v_a + 0,616 \cdot t_{re} \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B4})$$

$$t_{sk, eq \text{ cl}} = 12,17 + 0,020 \cdot t_a + 0,044 \cdot t_r + 0,194 \cdot p_a - 0,253 \cdot v_a + 0,513 \cdot t_{re} \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B5})$$

$$t_{sk, eq} = t_{sk, eq \text{ nu}} + 25 \cdot (t_{sk, eq \text{ cl}} - t_{sk, eq \text{ nu}}) \cdot I_{cl} \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B6})$$

$$I_{cl \text{ dyn}} = I_{tot \text{ dyn}} + \frac{I_a \text{ dyn}}{f_{cl}} \quad \text{clo} \quad (\text{B7})$$

$$I_{tot \text{ dyn}} = \text{Corr}_{tot} \cdot I_{tot \text{ st}} \quad \text{clo} \quad (\text{B8})$$

$$I_a \text{ dyn} = \text{Corr}_{I_a} \cdot I_a \text{ st} \quad \text{clo} \quad (\text{B9})$$

$$I_{tot \text{ st}} = I_{cl \text{ st}} + \frac{1}{I_a \text{ st}} \quad \text{clo} \quad (\text{B10}^4)$$

$$f_{cl} = 1,0 + 1,97 \cdot I_{cl \text{ st}} \quad \text{adim.} \quad (\text{B11})$$

$$I_{cl \text{ st}} = 0,155 \cdot R_{cl} \quad \text{clo} \quad (\text{B12}^5)$$

$$\text{Corr}_{cl} = e^{(0,043 - 0,398 \cdot v_a + 0,066 \cdot v_a^2 - 0,378 \cdot \text{Walksp} + 0,094 \cdot \text{Walksp}^2)} \quad \text{adim.} \quad (\text{B13}^6)$$

$$\text{Corr}_{I_a} = e^{(-0,072 \cdot v_a + 0,047 \cdot v_a^2 - 0,342 \cdot \text{Walksp} + 0,117 \cdot \text{Walksp}^2)} \quad \text{adim.} \quad (\text{B14}^7)$$

$$\text{Corr}_{tot} = \frac{(0,60 - I_{cl}) \cdot \text{Corr}_{I_a} + I_{cl} \cdot \text{Corr}_{cl}}{0,60} \quad \text{adim.} \quad (\text{B15}^8)$$

$$\text{Walksp} = 0,0052 \cdot (M - 58) \quad \text{m/s} \quad (\text{B16}^9)$$

$$C + R = F_{cl} \cdot [h_{cdyn} \cdot (t_{cl} - t_a) + h_{rdyn} \cdot (t_{cl} - t_r)] \quad \text{W/m}^2 \quad (\text{B17}^{10})$$

$$t_{cl} = \frac{t_{sk} + I_{cl \text{ dyn}} \cdot f_{cl} \cdot (h_{cdyn} \cdot t_a + h_{rdyn} \cdot t_r)}{1 + I_{cl \text{ dyn}} \cdot f_{cl} \cdot (h_{cdyn} + h_{rdyn})} \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B18}^{11})$$

$$h_{rdyn} = \frac{A_r}{A_b} \cdot \epsilon_m \cdot \sigma \frac{(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4}{t_{cl} - t_r} \quad \text{W/m}^2\text{K} \quad (\text{B19})$$

$$\varepsilon_m = (1 - A_p) \cdot 0,93 + A_p \cdot \varepsilon_{cl} \quad \text{adim.} \quad (\text{B20})$$

$$R_{t \text{ dyn}} = \frac{I_{t \text{ dyn}}}{16,7 \cdot i_{m \text{ dyn}}} \quad \text{m}^2\text{Pa/W} \quad (\text{B21})$$

$$i_{m \text{ dyn}} = i_{m \text{ st}} \cdot \text{Corr}_E \quad \text{adim.} \quad (\text{B22})$$

$$\text{Corr}_E = 2,6 \cdot \text{Corr}_{\text{tot}}^2 - 6,5 \cdot \text{Corr}_{\text{tot}} + 4,9 \quad \text{adim.} \quad (\text{B23}^{12})$$

$$r_{\text{req}} = 1 - w_{\text{req}}^2/2 \quad \text{adim.} \quad (\text{B24}^{13})$$

$$r_{\text{req}} = (2 - w_{\text{req}})^2/2 \quad \text{adim.} \quad (\text{B25}^{14})$$

$$t_{\text{co,eq}} = 0,0036 \cdot (M - 55) + 36,8 \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B26})$$

$$t_{\text{co},1} = 0,9048 \cdot t_{\text{co},i-1} + 0,09516 \cdot t_{\text{co,eq}} \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B27})$$

$$\text{SW}_1 = 0,9048 \cdot \text{SW}_{i-1} + 0,09516 \cdot \text{SW}_{\text{max}} \quad \text{W/m}^2 \quad (\text{B28})$$

$$t_{\text{sk},i} = 0,7165 \cdot t_{\text{sk},i-1} + 0,2835 \cdot t_{\text{sk,eq}} \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B29})$$

$$\text{SW}_{\text{max}} = 650 \quad \text{g/h} \quad (\text{B30}^{15})$$

$$\text{SW}_{\text{max}} = 2,6 \cdot (M - 58) \quad \text{g/h} \quad (\text{B31}^{16})$$

$$t_{\text{co},i} = \frac{1}{1 - \alpha_i} \cdot \left(\frac{dS_i}{c_p \cdot W_b} + t_{\text{co},2-1} - \frac{t_{\text{co},i-1} - t_{\text{sk},i-1}}{2} \cdot \alpha_{i-1} - t_{\text{sk},i-1} \cdot \frac{\alpha_i}{2} \right) \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B32})$$

$$1 - \alpha_i = 0,7 + 0,09 \cdot (t_{\text{cti}} - 36,8) \quad \text{adim.} \quad (\text{B33})$$

$$t_{\text{re},i} = t_{\text{re},i-1} + \frac{2 \cdot t_{\text{co},1} - 1,962 t_{\text{re},i-1} - 1,31}{9} \quad ^\circ\text{C} \quad (\text{B34})$$

⁴ $I_{a \text{ st}}$ rappresenta il valore della resistenza termica esterna di un soggetto nudo e viene posta pari a $0,111 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

⁵ R_{cl} è espressa in $\text{m}^2 \text{K/W}$; erroneamente nel testo della proposta, questo termine è indicato con il simbolo I_{cl} , che rappresenta la resistenza termica dell'abbigliamento espressa in clo

⁶ $I_{cl} \geq 0,6 \text{ clo}$

⁷ soggetto nudo

⁸ $\text{var} \leq 3 \text{ ms}^{-1}$, $\text{Walksp} \leq 1,5 \text{ ms}^{-1}$, $0 \leq I_{cl} \leq 0,6 \text{ clo}$

⁹ $\text{Walksp} \leq 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

¹⁰ Alla stregua della (B3), la (B17) esprime la potenza termica secca scambiata tra soggetto ed ambiente. Dalla loro eguaglianza si ottiene la temperatura superficiale dell'abbigliamento, fornita dalla (B18)

¹¹ Per il calcolo di $h_{c \text{ dyn}}$ possono essere usate le (A5-A6)

¹² $i_{m \text{ dyn}} \leq 0,9$

¹³ $w_{\text{req}} \leq 1$

¹⁴ $w_{\text{req}} \geq 1$. Il limite inferiore del rendimento della sudorazione è comunque posto pari al 5%, valore raggiunto in corrispondenza di un ipotetico valore della frazione di pelle bagnata pari a 1,684

¹⁵ $M < 300 \text{ W}$

¹⁶ $M > 300 \text{ W}$

Asma professionale: il ruolo dell'infiammazione e del rimodellamento delle vie aeree sulla persistenza dei sintomi e dell'iperresponsività bronchiale

A. SIRACUSA, ALESSANDRA MARABINI*, MARIA LAURA PACE*, CINZIA TACCONI*, ILENIA FOLLETTI, A. BUSSETTI, P. MAESTRELLI**

Allergologia Professionale e Ambientale, Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale, Università degli Studi di Perugia

* Medicina del Lavoro e Tossicologia Professionale e Ambientale, Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale, Università degli Studi di Perugia

** Dipartimento di Medicina Ambientale e Sanità Pubblica, Università degli Studi di Padova

KEY WORDS

Asthma; occupational diseases; airway inflammation; airway remodelling

SUMMARY

«**Occupational asthma: the role of airways inflammation and remodelling in persistent respiratory symptoms and bronchial hyper-responsiveness**». **Background:** *Until the late 1970's occupational asthma (OA) was considered reversible once patients were removed from exposure. Unfortunately, respiratory symptoms and non-specific bronchial hyper-responsiveness (NSBH) persist in about two-thirds of patients for years after removal from the offending agent.* **Objectives and methods:** *This review focuses on the role of airways inflammation and remodelling in persistent respiratory symptoms and NSBH after cessation of occupational exposure.* **Results:** *Even though cessation of exposure does not always result in remission of OA, symptoms, airways calibre and NSBH do improve in many patients. Although improvements in FEV₁ and NSBH tend to reach a plateau 1-2 years after workers leave exposure, reversing NSBH may take much longer and respiratory symptoms and NSBH can persist in subjects removed from exposure for >10 yrs. Long-term treatment with inhaled corticosteroids (ICS) induces a small but significant improvement in respiratory symptoms and in quality of life and a decrease in NSBH. Prolonged exposure and respiratory symptoms, marked airway obstruction and NSBH, high total cell, eosinophil and neutrophil counts in bronchoalveolar lavage fluid, a strong reaction during specific inhalation challenge, and delayed treatment with ICS have been identified as prognostic factors of unfavourable outcome. If exposure persists, OA tends to deteriorate in many patients but regular long-term treatment with ICS and long-acting β_2 -agonists seems to stabilize the outcome. Soon after the last exposure inflammatory cell infiltrates, including eosinophils, and increased thickness of sub-epithelial collagen have been observed. When time since removal from exposure was longer, persistence of respiratory symptoms and NSBH was associated with airway inflammation, remodelling and hypersensitivity to the offending agent. Thickness of sub-epithelial collagen and specific airway sensitivity were reduced after prolonged non-exposure to isocyanates, although NSBH and airway inflammation persisted.* **Conclusions:** *Pathologic features are similar in OA and non-occupational asthma. The main factors of favourable outcome are early removal from exposure and a mild airway obstruction and NSBH at diagnosis. Persistence of airway inflammation years after removal from exposure suggests this process may become independent of the offending agent. The role of remodelling on persistence of OA needs to be clarified further.*

Pervenuto il 2.9.2003 - Accettato il 3.5.2004

Corrispondenza: Prof. Andrea Siracusa, Via delle Cove 1, 06126 Perugia - Tel. 0744205554 - Fax 0744205762

E-mail asiracus@unipg.it

RIASSUNTO

Fino a 30 anni fa si riteneva che l'asma professionale (AP) fosse una malattia guaribile con l'allontanamento dall'esposizione. Successivamente molti studi hanno evidenziato che i sintomi respiratori e l'iperresponsività bronchiale aspecifica (IBA) potevano persistere anche anni dopo la fine dell'esposizione. Lo scopo di questa review è di valutare il ruolo dell'infiammazione e del rimodellamento delle vie aeree sulla persistenza dell'AP dopo la cessazione dell'esposizione al rischio specifico. Anche se la fine dell'esposizione non sempre determina una remissione dell'AP, i sintomi respiratori e la funzionalità polmonare migliorano in molti pazienti. Il miglioramento della funzionalità polmonare tende ad essere più rapido nei primi due anni di non esposizione. Tuttavia, i sintomi e l'IBA possono persistere fino ad oltre dieci anni dopo la fine dell'esposizione. Una terapia prolungata con corticosteroidi inalatori (CSI) sembra determinare un lieve miglioramento dei sintomi e dell'IBA. I principali fattori predittivi di una prognosi sfavorevole sono risultati una lunga durata dell'esposizione e dei sintomi, la gravità dell'ostruzione bronchiale e dell'infiammazione delle vie aeree, ed un ritardo nell'inizio del trattamento con CSI. Se l'esposizione persiste, l'AP tende a peggiorare, anche se un trattamento regolare con CSI e broncodilatatori a lunga durata d'azione sembra in grado d'evitare un peggioramento clinico e funzionale. Le caratteristiche istopatologiche dell'AP sono simili a quelle descritte per l'asma non professionale. Dopo un lungo periodo d'allontanamento dal lavoro, la persistenza dei sintomi respiratori e dell'IBA è associata con l'infiammazione delle vie aeree, mentre il rimodellamento, rappresentato dall'ispessimento del collagene subepiteliale, tende a ridursi. In conclusione, le alterazioni istopatologiche dell'AP sono simili a quelle dell'asma non professionale. I principali fattori predittivi di una prognosi più favorevole sono una precoce interruzione dell'esposizione ed una migliore funzionalità polmonare al momento della diagnosi. La persistenza dell'infiammazione delle vie aeree anche a lunga distanza dall'ultima esposizione lavorativa indica che questo processo diviene indipendente dall'agente causale. Il ruolo del rimodellamento sulla persistenza dell'asma professionale necessita di ulteriori studi.

INTRODUZIONE

Fino a circa 30 anni fa si assumeva che l'asma professionale (AP) fosse una malattia guaribile completamente una volta che i pazienti fossero stati allontanati dall'esposizione. Dalla fine degli anni '70 vari studi longitudinali hanno mutato questo concetto dimostrando che in realtà l'AP persisteva dopo periodi variabili d'astensione dal lavoro e che in un certo numero di casi (più del 50%) lasciava un'invalidità permanente (10).

Lo scopo di questa *review* è di valutare le conoscenze attuali sui fattori legati all'evoluzione dell'AP dopo la cessazione dell'esposizione al rischio specifico. In particolare, sarà preso in considerazione il ruolo dell'infiammazione e del rimodellamento delle vie aeree sulla persistenza dell'asma. Infatti, dalla revisione della definizione d'asma operata nelle linee guida internazionali (GINA, 2002) (18) è risultato evidente che questa malattia è sostenuta dall'infiammazione cronica delle vie aeree. Pertanto, una valutazione appropriata dell'asma non richiede solo criteri clinici e funzionali, ma rende ne-

cessaria l'applicazione di metodi per valutare l'intensità e il tipo d'infiammazione.

Incentrare l'attenzione sull'evoluzione dell'AP appare importante perché l'AP è la malattia respiratoria professionale più frequente nella maggior parte dei paesi industrializzati. Inoltre, a differenza di altre malattie professionali, non è stata evidenziata nessuna tendenza ad una riduzione della sua incidenza negli ultimi dieci anni. Le conoscenze sui fattori prognostici dell'AP hanno interesse per il medico del lavoro, lo specialista pneumologo e per altre professionalità date le implicazioni sull'idoneità all'attività lavorativa, con i relativi risvolti socio-economici per il paziente, sul trattamento a lungo termine e per gli aspetti assicurativi.

Esiste anche un interesse più generale a studiare l'evoluzione dell'AP. Infatti, a differenza dell'asma infantile, si sa relativamente poco sulla storia naturale dell'asma insorto nell'adulto. L'AP può rappresentare un utile modello di studio della storia naturale dell'asma in generale (25): infatti, l'agente causale è ben identificato; l'inizio, la durata e l'intensità dell'esposizione possono essere determinati con

maggior precisione che nell'asma non professionale, infine è possibile rimuovere completamente la causa della malattia e quindi rendere possibile la caratterizzazione delle conseguenze a lungo termine senza l'interferenza di ulteriori esposizioni all'agente scatenante.

EVOLUZIONE DELL'ASMA PROFESSIONALE

L'evoluzione dell'AP in seguito all'interruzione dell'esposizione è stata oggetto di numerosi studi longitudinali. Uno studio di follow-up pubblicato nel 1989 (1), condotto in 28 soggetti affetti da AP, evidenziava la persistenza dei sintomi respiratori e l'assenza di miglioramento del calibro delle vie aeree e dell'iperresponsività bronchiale aspecifica (IBA) a distanza di sei anni dalla fine dell'esposizione. Tuttavia, altri (30, 37) osservavano un miglioramento dei valori del FEV₁ e dell'IBA, che tendeva a verificarsi entro 1-2 anni dal termine dell'esposizione, per poi stabilizzarsi.

Chan-Yeung e Malo (10) nella rassegna di 11 studi di follow-up di soggetti affetti da AP concludevano che in circa i 2/3 dei casi persistevano sintomi respiratori ed IBA dopo periodi d'astensione dal lavoro variabili da sei mesi a 11 anni. Da osservazioni più recenti (33, 39) è emerso che il miglioramento può verificarsi anche successivamente suggerendo quindi che tale processo continua a lungo, anche se più lentamente che nei primi due anni dopo la cessazione dell'esposizione. Tuttavia, anche dopo un prolungato allontanamento dall'esposizione ad agenti ad alto peso molecolare e nonostante la regressione dei sintomi e la normalizzazione dell'ostruzione delle vie aeree e dell'IBA, i soggetti affetti da AP possono ripresentare una reazione asmatica se esposti all'agente responsabile (20).

Alcuni studi hanno identificato vari fattori correlati con una prognosi meno favorevole dell'AP dopo l'interruzione dell'esposizione. Tra essi sono risultati significativamente predittivi una lunga durata dell'esposizione e dei sintomi (8, 19, 36), la gravità dell'ostruzione bronchiale ed il tipo di reazione asmatica al test di provocazione bronchiale specifica (6, 8, 31, 38), un'elevata eosinofilia o neutrofilia nel liquido di lavaggio broncoalveolare

(LLBA) (34, 36) o un ritardo nell'inizio del trattamento con CSI (29).

Poiché l'interruzione dell'esposizione si è dimostrata soltanto parzialmente efficace, alcuni lavoratori affetti da AP potrebbero essere poco motivati ad abbandonare l'ambiente lavorativo. Inoltre, molti pazienti sono indotti, per motivi economici o psicologici, a proseguire il loro lavoro anche dopo la diagnosi d'AP. In caso di persistenza dell'esposizione, si verifica in genere un peggioramento dei sintomi e dell'IBA in un'elevata percentuale di soggetti (11, 24, 35).

La terapia con corticosteroidi inalatori (CSI), prolungata per 5-12 mesi, induceva un lieve ma significativo miglioramento dei sintomi respiratori e della qualità della vita (29) ed una netta riduzione dell'IBA (27). Inoltre, un trattamento regolare con corticosteroidi e broncodilatatori a lunga durata d'azione per via inalatoria sembra in grado di evitare il peggioramento dei sintomi respiratori, dell'ostruzione delle vie aeree, dell'IBA, della variabilità giornaliera del picco di flusso espiratorio e dell'uso di salbutamolo al bisogno per un periodo di 3 anni dall'inizio della terapia (32). Complessivamente, gli effetti del trattamento con corticosteroidi rappresentano una dimostrazione indiretta di un ruolo dell'infiammazione delle vie aeree sulla persistenza della malattia.

RELAZIONE TRA CARATTERISTICHE ISTOPATOLOGICHE E PERSISTENZA DELL'ASMA PROFESSIONALE

Le caratteristiche istopatologiche dell'AP dopo l'interruzione dell'esposizione lavorativa sono state oggetto di diverse indagini.

Saetta et al hanno studiato le caratteristiche istopatologiche in nove soggetti con AP da toluene diisocianato (TDI) a breve distanza dall'ultima esposizione (40). Gli asmatici, che non avevano assunto corticosteroidi durante il mese precedente, sono stati sottoposti ad un test di provocazione bronchiale con TDI e, nelle una-due settimane successive al test, è stata eseguita una biopsia bronchiale. L'esame istologico di tali campioni ha evidenziato la presenza di un infiltrato cellulare in-

fiammatorio costituito prevalentemente da eosinofili nell'epitelio e nella sottomucosa e da mastociti nell'epitelio, e di un ispessimento del collagene sottoepiteliale (40). Tali caratteristiche istopatologiche dell'AP erano sovrapponibili a quelle documentate nell'asma non professionale (3, 44, 45). L'ispessimento del collagene sottoepiteliale non era associato alla durata o alla gravità dell'AP ed era quindi suggestivo di un'alterazione istopatologica precoce.

Altri autori hanno indagato le caratteristiche istopatologiche dell'AP dopo un periodo d'allontanamento dal lavoro variabile da 2 a 12 mesi (2, 9). Chan-Yeung et al hanno studiato 17 soggetti con AP da cedro rosso a distanza di oltre un anno dall'ultima esposizione (9). Dieci dei 17 soggetti studiati continuavano ad avere sintomi e presentavano nel liquido di lavaggio broncoalveolare (LLBA) evidenza di una persistente infiammazione delle vie aeree, caratterizzata da aumento delle cellularità totale, dei neutrofilo e degli eosinofili. Nei sette soggetti asintomatici, in quattro dei quali persisteva un grado variabile d'IBA, i reperti istologici erano sovrapponibili a quelli dei soggetti normali. Non era evidenziabile un'associazione tra IBA e flogosi delle vie aeree, suggerendo quindi che la persistenza dell'IBA potrebbe essere dovuta anche a fattori diversi dall'infiammazione delle vie aeree.

Boulet et al hanno studiato 18 soggetti con AP da vari agenti ad alto ed a basso peso molecolare a distanza di 3-24 settimane (in media 16 settimane) dall'ultima esposizione (2). Tre soggetti avevano un'ostruzione delle vie aeree e tutti presentavano IBA. Dall'analisi del LLBA non emergeva un aumento delle cellule infiammatorie, mentre la biopsia bronchiale evidenziava un ispessimento del collagene sottoepiteliale ed un aumento di eosinofili, mastociti, linfociti, monociti, macrofagi e neutrofilo.

La valutazione delle caratteristiche istopatologiche dell'AP dopo sospensione più prolungata dell'esposizione lavorativa è stata oggetto di uno studio condotto in 10 soggetti con AP da TDI (6 con ostruzione delle vie aeree e 9 con IBA) a distanza di 3-39 mesi dalla fine dell'esposizione (34). Lo studio del LLBA evidenziava un aumento degli eosinofili (in 5/10) e dei neutrofilo (in 8/10). La biopsia bronchiale, eseguita in otto soggetti, mostrava

un aumento degli eosinofili (in 3/8), dei neutrofilo (in 1/8), dei linfociti (in 6/8) ed un ispessimento del collagene subepiteliale (in 6/8). Con l'aumentare dell'intervallo dall'ultima esposizione, persisteva infiammazione delle vie aeree caratterizzata dalla presenza di eosinofili, mentre i neutrofilo tendevano a normalizzarsi.

L'importanza dell'infiammazione delle vie aeree dopo la sospensione dell'esposizione è stata ribadita in un recente studio condotto in 133 soggetti affetti da AP ad una distanza media di 8,7 anni dall'ultima esposizione (28). La persistenza dell'IBA, presente nel 73% dei soggetti, era associata ad aumento degli eosinofili o dei neutrofilo nell'espettorato indotto. La riduzione del FEV₁ era significativamente associata al numero di neutrofilo, ma non di eosinofili. Il ruolo dell'infiammazione neutrofila nell'AP resta comunque controverso. Nel modello dell'asma da TDI, l'aumento di neutrofilo nel LLBA dopo esposizione a concentrazioni attorno alle 20 ppb (15), non è stato confermato nell'espettorato indotto dopo esposizione a concentrazioni inferiori (26). In questo modello di AP, Park et al (37) hanno suggerito che i mastociti potrebbero essere l'origine di interleuchina-8, il potente fattore chemiotattico per i neutrofilo. Spiegazione alternativa per la neutrofilia in altre forme di asma è la contaminazione da endotossine. La presenza di neutrofilo al follow-up potrebbe essere vista come espressione di una maggior gravità della malattia. Infatti, i neutrofilo nell'espettorato sono risultati la sola cellula più elevata nell'asma grave rispetto a pazienti con malattia di grado lieve o medio (12).

In un altro studio, Saetta et al hanno valutato sei pazienti con AP da TDI alla diagnosi e 6 mesi dopo la sospensione dell'esposizione (41). Al momento della diagnosi un soggetto aveva ostruzione delle vie aeree, tutti presentavano IBA e, alla biopsia bronchiale, aumento di eosinofili e di cellule mononucleari nella lamina propria ed ispessimento del collagene subepiteliale. Sei mesi dopo la fine dell'esposizione si osservava persistenza di infiammazione prevalentemente eosinofila delle vie aeree, persistenza dell'IBA e dell'iperresponsività al TDI, ma una significativa riduzione dell'ispessimento sottoepiteliale. In particolare, quest'ultima osservazione suggeriva la reversibilità del rimodellamento

delle vie aeree, osservato nell'AP. Gli stessi autori confermavano tali risultati su una casistica più ampia (dieci soggetti con AP da TDI) e con un intervallo più lungo dalla fine dell'esposizione (6-21 mesi) (42). Oltre alla conferma di una significativa riduzione dell'ispessimento sottoepiteliale, essi osservavano anche una diminuzione della sensibilità al TDI, mentre l'IBA ed il numero degli eosinofili e dei macrofagi restava invariato. Complessivamente questi studi indicano che la risoluzione del processo patologico nell'asma è lento e che vi è una dissociazione tra evoluzione dell'infiammazione e evoluzione degli aspetti di rimodellamento rappresentati dall'ispessimento del collagene subepiteliale che risulta reversibile in relazione con la cessata esposizione. Il motivo della persistenza e dell'automantenimento delle alterazioni infiammatorie è ancora oscuro e potrebbe essere in relazione con una particolare suscettibilità su base individuale, per esempio di tipo genetico.

Un aspetto particolare della patologia asmatica professionale è rappresentato dall'asma indotto da sostanze irritanti o *Reactive Airways Dysfunction Syndrome* (RADS) che si manifesta dopo un'unica massiva esposizione o dopo ripetute inalazioni di irritanti respiratori (4, 5, 16). I dati sulle caratteristiche istopatologiche di questa sindrome sono esigui e la maggior parte di essi si basano sull'osservazione di stadi cronici della malattia, spesso a distanza di anni rispetto all'evento acuto. I risultati ottenuti pongono dei dubbi sulla correttezza dell'inquadramento di questa sindrome nell'ambito dell'asma professionale propriamente detta, nonostante abbiano caratteristiche cliniche e funzionali simili.

Nello studio di Chan-Yeung effettuato su tre lavoratori a distanza di 4-28 mesi dall'inizio dei sintomi respiratori, attribuiti a ripetute esposizioni ad alte concentrazioni di gas nella lavorazione della pasta di legno, si osservava l'ispessimento della membrana basale (in due soggetti su tre), la presenza di eosinofili attivati, ma minima infiltrazione di linfociti T (7). Viceversa in altri studi istopatologici delle vie aeree nella RADS si evidenziavano alcune differenze rispetto ai reperti tipici dell'AP, quali una più accentuata ed estesa desquamazione epiteliale, un'infiammazione prevalentemente linfocita-

ria, ma non eosinofila, della mucosa bronchiale ed una fibrosi bronchiale grossolana senza ispessimento del collagene subepiteliale (5, 13, 14, 23). Inoltre nella RADS la risposta al broncodilatatore era solo parziale, fenomeno che suggerisce come il rimodellamento delle vie aeree avesse procurato un difetto ostruttivo strutturale e quindi irreversibile (17).

Anche nel caso della RADS il trattamento con CSI, prolungato per 3-5 mesi, era associato con un miglioramento dei sintomi respiratori, dell'ostruzione bronchiale, con la rigenerazione dell'epitelio bronchiale ed una riduzione della fibrosi bronchiale (21, 22). Tuttavia, l'azione dei corticosteroidi in questi studi non era controllata e rimane quindi aneddotica.

CONCLUSIONI

In conclusione, nell'AP l'infiammazione ed il rimodellamento delle vie aeree, rappresentato dall'ispessimento del collagene subepiteliale, sono simili a quelli descritti nell'asma non professionale (43). Le caratteristiche istopatologiche della RADS, anche se disponibili solo nella fase cronica della malattia, si differenziano per la scarsa presenza di eosinofili, il maggior danno epiteliale e la più grossolana fibrosi della parete bronchiale. Inoltre, non vi sono dati certi che il trattamento con corticosteroidi possa modificare queste alterazioni istopatologiche.

I principali fattori legati ad una favorevole evoluzione dell'AP sono la cessazione dell'esposizione e una minore gravità delle alterazioni funzionali al momento della diagnosi. Tuttavia, la persistenza dell'infiammazione delle vie aeree anche a lunga distanza dall'ultima esposizione lavorativa indica che questo processo diviene indipendente dall'agente che lo ha iniziato. In questi casi, la cessazione dell'esposizione non è sufficiente per risolvere la malattia. La domanda se il trattamento prolungato con corticosteroidi possa modificare la prognosi ha avuto solo una risposta incompleta. Infatti, nei pochi studi controllati si osserva un miglioramento di parametri clinici e funzionali ma non è stata documentata con sicurezza la guarigione della malattia. L'efficacia non ottimale degli steroidi po-

trebbe essere, almeno in parte, in relazione con una componente steroido-resistente dell'infiammazione, per esempio quella neutrofila. Comunque restano da scoprire altri fattori legati alla persistenza dell'AP.

Al momento non è stato dimostrato un contributo del rimodellamento delle vie aeree sulla persistenza dell'asma professionale. Infatti, i pochi studi disponibili hanno osservato una dissociazione tra l'evoluzione del processo infiammatorio e quello del rimodellamento e una scarsa relazione tra rimodellamento e funzione respiratoria.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD C, CARTIER A, GHEZZO H, MALO J-L: Occupational asthma due to various agents. Absence of clinical and functional improvement at an interval of four or more years after cessation of exposure. *Chest* 1989; *96*: 1046-1049
2. BOULET L-P, BOUTET M, LAVIOLETTE M, et al: Airway inflammation after removal from the causal agent in occupational asthma due to high and low molecular weight agents. *Eur Respir J* 1994; *7*: 1567-1575
3. BOUSQUET J, JEFFERY PK, BUSSE WW, et al: Asthma. From bronchoconstriction to airways inflammation and remodeling. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; *161*: 1720-1745
4. BROOKS SM, HAMMAD Y, RICHARDS I, et al: The spectrum of irritant-induced asthma. Sudden and not-so-sudden onset and the role of allergy. *Chest* 1998; *113*: 42-49
5. BROOKS SM, WEISS MA, BERNSTEIN IL: Reactive airways dysfunction syndrome (RADS): persistent asthma syndrome after high level irritant exposure. *Chest* 1985; *88*: 376-384
6. CHAN-YEUNG M: Fate of occupational asthma. A follow-up study of patients with occupational asthma due to western red cedar (*Thuja plicata*). *Am Rev Respir Dis* 1977; *116*: 1023-1029
7. CHAN-YEUNG M, LAM S, KENNEDY SM, FREW AJ: Persistent asthma after repeated exposure to high concentrations of gases in pulpmills. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; *149*: 1676-1680
8. CHAN-YEUNG M, LAM S, KOENER S: Clinical features and natural history of occupational asthma due to western red cedar (*Thuja plicata*). *Am J Med* 1982; *72*: 411-415
9. CHAN-YEUNG M, LERICHE J, MACLEAN L, LAM S: Comparison of cellular and protein changes in bronchial lavage fluid of symptomatic and asymptomatic patients with red cedar asthma on follow-up examination. *Clin Allergy* 1988; *18*: 359-365
10. CHAN-YEUNG M, MALO J-L: Natural history of occupational asthma. In Bernstein IL, Chan-Yeung M, Malo J-L, Bernstein DI (eds): *Asthma in the workplace*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1999: 129-143
11. COTE J, KENNEDY S, CHAN-YEUNG M: Outcome of patients with cedar asthma with continuous exposure. *Am Rev Respir Dis* 1990; *141*: 373-376
12. ENFUMOSA STUDY GROUP: The ENFUMOSA cross-sectional European multicentre study of the clinical phenotype of chronic severe asthma. *Eur Respir J* 2003; *22*: 470-477
13. DESCHAMPS D, ROSENBERG N, SOLER P, et al: Persistent asthma after accidental exposure to ethylene oxide. *Br J Ind Med* 1992; *49*: 523-525
14. DESCHAMPS D, SOLER P, ROSENBERG N, et al: Persistent asthma after inhalation of a mixture of sodium hypochlorite and hydrochloric acid. *Chest* 1994; *105*: 1895-1896
15. FABBRI LM, BOSCHETTO P, ZOCCA E, et al: Bronchoalveolar neutrophilia during late asthmatic reactions induced by toluene diisocyanate. *Am Rev Respir Dis* 1987; *136*: 36-42
16. GAUTRIN D, BERNSTEIN IL, BROOKS S: Reactive airway dysfunction syndrome, or irritant-induced asthma. In Bernstein IL, Chan-Yeung M, Malo J-L, Bernstein DI (eds): *Asthma in the workplace*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1999: 565-593
17. GAUTRIN D, BOULET L-P, BOUTET M, et al: Is reactive airways dysfunction syndrome a variant of occupational asthma? *J Allergy Clin Immunol* 1994; *93*: 12-22
18. GINA: Global Initiative on Asthma, 2002 (<http://www.ginasthma.com>)
19. HUDSON P, CARTIER A, PINEAU L, et al: Follow-up of occupational asthma caused by crab and various agents. *J Allergy Clin Immunol* 1985; *76*: 682-688
20. LEMIERE C, CARTIER A, MALO J-L, LEHRER SB: Persistent specific bronchial reactivity to occupational agents in workers with normal nonspecific bronchial reactivity. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; *162*: 976-980
21. LEMIERE C, MALO J-L, BOULET L-P, BOUTET M: Reactive airways dysfunction syndrome induced by exposure to a mixture containing isocyanate: functional and histopathologic behaviour. *Allergy* 1996; *51*: 262-265
22. LEMIERE C, MALO J-L, BOUTET M: Reactive airways dysfunction syndrome due to chlorine: sequential bronchial biopsies and functional assessment. *Eur Respir J* 1997; *10*: 241-244

23. LEMIÈRE C, MALO J-L, GAUTRIN D: Nonsensitizing cause of occupational asthma. *Med Clin North America* 1996; *80*: 749-774
24. LIN FJ, DIMICH-WARD E, CHAN-YEUNG M: Longitudinal decline in lung function in patients with occupational asthma due to western red cedar. *Occup Environ Med* 1996; *53*: 753-756
25. MAESTRELLI P: Natural history of adult-onset asthma. Insights from model of occupational asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; *169*: 331-332
26. MAESTRELLI P, CALCAGNI PG, SAETTA M, et al: Sputum eosinophilia after asthmatic responses induced by isocyanates in sensitized subjects. *Clin Exp Allergy* 1994; *24*: 29-34
27. MAESTRELLI P, DE MARZO N, SAETTA M, et al: Effects of inhaled beclomethasone on airway responsiveness in occupational asthma: placebo-controlled study of subjects sensitized to toluene diisocyanate. *Am Rev Respir Dis* 1993; *148*: 407-412
28. MAGHNI K, LEMIÈRE C, GHEZZO H, et al: Airway inflammation after cessation of exposure to agents causing occupational asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; *169*: 367-372
29. MALO J-L, CARTIER A, CÔTÉ J, et al: Influence of inhaled steroids on recovery from occupational asthma after cessation of exposure: an 18-month double-blind crossover study. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; *153*: 953-960
30. MALO J-L, CARTIER A, GHEZZO H, et al: Patterns of improvement in spirometry, bronchial hyperresponsiveness, and specific IgE antibody levels after cessation of exposure in occupational asthma caused by snow-crab processing. *Am Rev Respir Dis* 1988; *138*: 807-812
31. MAPP CE, CHIESURA CORONA P, DE MARZO N, FABRI L: Persistent asthma due to isocyanates. A follow-up study of subjects with occupational asthma due to toluene diisocyanate (TDI). *Am Rev Respir Dis* 1988; *137*: 1326-1329
32. MARABINI A, SIRACUSA A, STOPPONI R, et al: Outcome of occupational asthma in patients with continuous exposure. A 3-year longitudinal study during pharmacologic treatment. *Chest* 2003; *124*: 2372-2376
33. PADOAN M, POZZATO V, SIMONI M, et al: Long-term follow-up of toluene diisocyanate-induced asthma. *Eur Respir J* 2003; *21*: 637-640
34. PAGGIARO PL, BACCI E, PAOLETTI P, et al: Bronchoalveolar lavage and morphology of the airways after cessation of exposure in asthmatic subjects sensitized to toluene diisocyanate. *Chest* 1990; *98*: 536-542
35. PAGGIARO PL, LOI AM, ROSSI O, et al: Follow-up study of patients with respiratory disease due to toluene diisocyanate (TDI). *Clin Allergy* 1984; *14*: 463-469
36. PAGGIARO PL, VAGAGGINI B, BACCI E, et al: Prognosis of occupational asthma. *Eur Respir J* 1994; *7*: 761-767
37. PARK H-S, JUNG KS, HWANG SC, et al: Neutrophil infiltration and release of IL-8 in airway mucosa from subjects with grain dust-induced occupational asthma. *Clin Exp Allergy* 1998; *28*: 724-730
38. PARK H-S, NAHM D-H: Prognostic factors for toluene diisocyanate-induced occupational asthma after removal from exposure. *Clin Exp Allergy* 1997; *27*: 1145-1150
39. PERFETTI L, CARTIER A, GHEZZO H, et al: Follow-up of occupational asthma after removal from or diminution of exposure to the responsible agent. Relevance of the length of the interval from cessation of exposure. *Chest* 1998; *114*: 398-403
40. SAETTA M, DI STEFANO A, MAESTRELLI P, et al: Airway mucosal inflammation in occupational asthma induced by toluene diisocyanate. *Am Rev Respir Dis* 1992; *145*: 160-168
41. SAETTA M, MAESTRELLI P, DI STEFANO A, et al: Effect of cessation of exposure to toluene diisocyanate (TDI) on bronchial mucosa of subjects with TDI-induced asthma. *Am Rev Respir Dis* 1992; *145*: 169-174
42. SAETTA M, MAESTRELLI P, TURATO G, et al: Airway wall remodeling after cessation of exposure to isocyanates in sensitized asthmatic subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; *151*: 489-494
43. TURATO G, SAETTA M: Why does airway obstruction persist in asthma due to low-molecular-weight agents? A pathologist's view. *Occup Med* 2000; *15*: 445-454
44. VIGNOLA AM, KIPS J, BOUSQUET J: Tissue remodeling as a feature of persistent asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2000; *105*: 1041-1053
45. WARD C, PAIS M, BISH R, et al: Airway inflammation, basement membrane thickening and bronchial hyperresponsiveness in asthma. *Thorax* 2002; *57*: 309-316

Sindrome da vibrazioni mano-braccio e patologie degli arti superiori correlate con il lavoro forestale

M. BOVENZI, FRANCESCA RUI, W. VERSINI*, M. TOMMASINI*, P. NATALETTI**

Unità Clinica Operativa di Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Trieste

* Nucleo Operativo del Medico Competente, Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari della Provincia Autonoma di Trento

** Laboratorio degli Agenti Fisici, Dipartimento di Igiene del Lavoro, ISPESL, Roma

KEY WORDS

Ergonomic risk factors; forestry work; hand-arm vibration syndrome; mechanical vibration; upper-limb musculo-skeletal disorders

SUMMARY

«*Hand-arm vibration syndrome and soft-tissue disorders of the upper limbs in forestry workers*». **Background:** Occupational exposure to hand-transmitted vibration in forestry workers is associated with an increased risk for vascular, neurological and musculo-skeletal disorders of the upper limbs. **Objectives:** To carry out a cross-sectional study of the hand-arm vibration syndrome and soft-tissue disorders of the upper limb in a group of forestry workers employed in the Forestry Service of the Province of Trento (Italy). In the forestry worker group, usage of anti-vibration chain-saws was intermittent over a typical work year (16 weeks/yr, on average). **Methods:** To investigate vascular, neurological and musculo-skeletal disorders of the upper limbs, the forestry workers (n=159) and a control group of manual workers, unexposed to hand-transmitted vibration, employed in the same Forestry Service (n=146) underwent a structured medical interview and a complete physical examination. The clinical diagnoses of vibration-induced white finger (VWF) and carpal tunnel syndrome were made according to internationally recognised consensus criteria. Occupational exposure to hand-transmitted vibration was assessed according to the recommendations of the International Standard ISO 5349-1 (2001). **Results:** The forestry workers showed an increased prevalence of peripheral sensory-neural disturbances (33.3%), musculo-skeletal disorders of the upper limbs (37.7%), and carpal tunnel syndrome (21.4%) compared to those observed in the control group. There was no significant difference in the prevalence of Raynaud's phenomenon between the forestry workers (6.3%) and the controls (4.1%). After adjustment for confounding factors (age, body mass index, tobacco and alcohol consumption), a significant association was observed between peripheral neuropathies (peripheral sensory-neural disorders, carpal tunnel syndrome) and several indices of vibration exposure such as 8-hr energy-equivalent frequency-weighted acceleration [$A(8)$ in m/s^2 r.m.s.], duration of exposure (years), and lifetime vibration dose (m^2/s^4 hr). An excess, although not significant, risk for VWF was observed only in the forestry workers with $A(8) \geq 4 m/s^2$ r.m.s.. In the forestry workers, there was no significant association between VWF and sensory-neural disorders, and between VWF and carpal tunnel syndrome. This finding seems to support the hypothesis that the vascular and neurological components of the hand-arm vibration syndrome develop independently of each other. Within the forestry worker group, the variable "years of tool usage" showed the strongest association with peripheral sensory-neural symptoms, carpal tunnel syndrome, and soft-tissue disorders of the upper limbs. It is likely that in the forestry workers the variable "years of tool usage" represents an overall index of duration of exposure to several adverse ergonomic and mechanical risk factors. **Conclusions:** The

Pervenuto il 26.1.2004 - Accettato il 24.2.2004

Corrispondenza: Prof. Massimo Bovenzi, U.C.O. di Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Trieste, Centro Tumori, Via della Pietà 19, 34129 Trieste - Tel. 040-3992313; 040-632797 - Fax 040-368199 - E-mail: bovenzi@units.it

results of this study suggest a tendency for a decrease in the occurrence of VWF among forestry workers, and this finding seems to be associated with the use of anti-vibration chain saws, the reduction of exposure duration, and the improvement of work organization. On the other hand, the forestry workers showed an increase in the occurrence of peripheral sensory neuropathies, carpal tunnel syndrome, and upper-extremity musculo-skeletal disorders. This finding seems to support the view that there is epidemiological evidence for a positive association between exposure to a combination of risk factors (segmental vibration, forcefulness, awkward posture) and the occurrence of soft-tissue disorders of the upper limb in working populations.

RIASSUNTO

Vengono riportati i risultati di uno studio epidemiologico sulla prevalenza della sindrome da vibrazioni mano-braccio e delle patologie degli arti superiori lavoro-correlate nel personale del Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento. I forestali (n=159) che usavano motoseghe in modo intermittente (16 settimane/anno in media) presentavano una più elevata prevalenza di sintomi neurosensitivi periferici (33,3%), disturbi muscolo-scheletrici degli arti superiori (37,7%) e sindrome del tunnel carpale (21,4%) rispetto ad un gruppo di controllo di lavoratori manuali del Servizio Foreste (n=146), non esposti a vibrazioni mano-braccio. La prevalenza del fenomeno di Raynaud è risultata sovrapponibile nei forestali esposti (6,3%) e nei controlli (4,1%). Dopo aggiustamento per vari fattori di confondimento, è stata rilevata una significativa associazione tra neuropatie degli arti superiori (in particolare la sindrome del tunnel carpale) e indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio quali l'accelerazione ponderata in frequenza equivalente a 8 ore di lavoro [A(8)], la durata di esposizione (anni), e la dose cumulativa di vibrazioni (m²/s⁴hr). Un eccesso di rischio per fenomeno di Raynaud da vibranti, peraltro non significativo, è stato rilevato solo nei forestali con A(8) ≥ 4 m/s² r.m.s. Nei forestali esposti a vibranti, non è emersa alcuna associazione tra fenomeno di Raynaud e sintomi neurosensitivi periferici o sindrome del tunnel carpale. Tale osservazione sembra supportare l'ipotesi che le lesioni vascolari e quelle neurologiche della sindrome da vibrazioni mano-braccio insorgono e progrediscono le une indipendentemente dalle altre. All'interno del gruppo dei forestali esposti a vibrazioni mano-braccio, la variabile "anni di lavoro con utensili vibranti" presentava la più forte associazione con i disturbi neurosensitivi periferici, la sindrome del tunnel carpale e le sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori. È ipotizzabile che nel contesto del lavoro forestale la variabile "anni di lavoro con utensili vibranti" possa rappresentare un indicatore globale della durata di esposizione dei forestali a vari fattori di rischio sia ergonomici sia meccanici. I risultati di questo studio suggeriscono che nelle attività lavorative svolte in foresta si va delineando una tendenziale diminuzione delle patologie vascolari periferiche associate con l'esposizione a vibrazioni mano-braccio generate da utensili portatili (fenomeno di Raynaud), mentre si osserva un aumento delle malattie degli arti superiori correlate con il lavoro (neuropatie periferiche, sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi, sindromi muscolo-tendinee) nella cui patogenesi gioca un ruolo rilevante l'esposizione combinata a fattori di rischio ergonomico (uso di forza, posture incongrue) e meccanico (vibrazioni segmentali).

INTRODUZIONE

L'esposizione a vibrazioni mano-braccio generate da utensili portatili è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche a carico degli arti superiori (5, 15, 19, 20). L'insieme di tali lesioni è definito sindrome da vibrazioni mano-braccio. La componente vascolare della sindrome è rappresen-

tata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud definita *vibration-induced white finger* (VWF) dagli autori anglosassoni; la componente neurologica è caratterizzata da un neuropatia periferica prevalentemente sensitiva; la componente muscolo-scheletrica include:

- lesioni cronico-degenerative a carico dei segmenti ossei ed articolari degli arti superiori, in particolare a livello dei polsi e dei gomiti;

- sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori;
- sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi degli arti superiori, in particolare del nervo mediano e, con minor evidenza, del nervo ulnare.

Studi epidemiologici condotti negli anni 1960-70 hanno evidenziato un'elevata occorrenza di fenomeno di Raynaud in gruppi di lavoratori forestali che utilizzavano motoseghe, con stime comprese tra il 40% e il 90% (23, 37, 44).

In seguito, nel corso degli anni 1980-90, è stata osservata una graduale riduzione della prevalenza e dell'incidenza di VWF negli operatori forestali, e tale riduzione è stata attribuita sia all'introduzione di motoseghe dotate di dispositivi anti-vibranti, sia a misure organizzative tendenti a limitare la durata dell'esposizione giornaliera alle vibrazioni delle motoseghe (7, 15, 18, 28, 32, 34, 37).

I lavoratori forestali rappresentano la categoria occupazionale più frequentemente indagata per quanto riguarda il rischio da vibrazioni mano-braccio, sotto il profilo sia clinico sia epidemiologico (3, 6, 8, 18, 28, 32, 37, 44). Nel settore forestale, inoltre, sono state adottate, sin dalla metà degli anni '70, importanti misure di prevenzione primaria tese sia a migliorare le condizioni complessive di lavoro sia a sviluppare tecnologie che, come sopra accennato, hanno consentito la produzione di motoseghe che generano livelli contenuti di vibrazioni o comunque limitano la trasmissione delle vibrazioni stesse agli arti superiori degli operatori.

L'angiopatia e l'osteoartropatia da vibranti sono riconosciute come malattie professionali dalla Commissione delle Comunità Europee (2003/670/EC, Allegato I, voci 505.01 e 505.02) (12), e dalla legislazione del nostro Paese (DPR N. 336/94). In particolare, nella tabella delle malattie professionali nell'agricoltura allegata al DPR N. 336/94, la voce 27 cita le malattie da vibrazioni mano-braccio negli operatori addetti alle lavorazioni forestali con uso di motoseghe portatili (13).

In questo studio sono riportati i risultati di una indagine epidemiologica di tipo trasversale sui lavoratori del Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento. È stata indagata l'occorrenza di disturbi e patologie a carico degli apparati vascolari, neurologico e muscolo-scheletrico degli arti superiori nei lavoratori forestali esposti a vibrazioni

mano-braccio (n=159) e in un gruppo di controllo del medesimo Servizio Foreste che comprendeva lavoratori forestali non esposti a vibrazioni e con mansioni di guardia ittico-venatoria e agente o assistente forestale (n=146).

I lavoratori forestali esposti a vibrazioni mano-braccio utilizzavano soprattutto motoseghe e, con minor frequenza, decespugliatori, motofalciatrici e martelli demolitori. La valutazione del rischio da vibrazioni segmentali ha evidenziato che l'uso di utensili vibranti era discontinuo durante un tipico anno lavorativo e limitato, mediamente, a circa 1/3 delle settimane lavorative/anno, con un range variabile tra 1 e 37 settimane per singolo lavoratore. È sembrato pertanto interessante studiare l'occorrenza della sindrome da vibrazioni mano-braccio e di patologie muscolo-scheletriche degli arti superiori in una popolazione di forestali con esposizione intermittente a vibrazioni mano-braccio e compararla con quella osservata in altre indagini epidemiologiche su forestali con esposizione continuativa a vibrazioni generate da motoseghe.

METODI

I lavoratori dipendenti del Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento, esposti a vibrazioni mano-braccio, svolgono compiti di manutenzione e miglioramento del patrimonio boschivo che si articolano in due principali attività:

- lavori boschivi propriamente detti che includono il taglio di sfolemento, il taglio di conversione e, più raramente, il taglio di utilizzo con uso di motoseghe; vengono, inoltre, svolte altre attività colturali che prevedono l'uso di decespugliatori;
- potenziamento e manutenzione di infrastrutture quali strade ed edifici con uso di martelli perforatori e demolitori.

I lavoratori del Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento sono suddivisi in varie decine di squadre e possono essere adibiti ad entrambe le tipologie di attività sopradescritte.

Misura delle vibrazioni mano-braccio

Le misure di vibrazioni mano-braccio sono state eseguite sulle principali tipologie di utensili usati

dai lavoratori forestali e in particolare su motoseghe, decespugliatori, motofalciatrici e martelli demolitori. Le misure delle vibrazioni sono state condotte sia in campo lavorativo (bosco) sia in un campo prova. In campo lavorativo, su ciascuna motosega sono state eseguite tre misure per ciclo lavorativo che comprendeva le fasi di taglio di abbattimento, di sezionamento e di sramatura. Le misure sui decespugliatori sono state condotte su un unico ciclo lavorativo. Per ciascun set di misure, la durata della misura delle vibrazioni era ≥ 30 secondi.

Le misure in campo prova sono state svolte nel vivaio del Servizio Foreste di Casteller (Trento) adottando le specifiche raccomandate dagli standard UNI-ISO. Per le misure sulle motoseghe è stato utilizzato lo standard UNI-ISO 7505:1989, mentre per i decespugliatori è stato usato lo standard UNI-ISO 7916:1994. Per informazioni sulla metodologia di misura delle vibrazioni contenuta in tali standard, si rimanda alla lettura degli stessi (24, 25). Per le misure eseguite sugli altri utensili vibranti sono stati rispettati i requisiti generali richiesti dallo standard ISO 5349-1 e dalla norma nazionale UNI-ENV 25349 (26). Le misure di vibrazioni mano-braccio in campo prova sono state condotte durante operazioni di taglio eseguite da tre lavoratori con diverse caratteristiche antropometriche (altezza e peso) ed esperti nell'uso degli utensili specifici.

La strumentazione di misura impiegata per la rilevazione delle vibrazioni mano-braccio era costituita da accelerometri miniaturizzati inseriti all'interno di un adattatore in materiale plastico posizionato nel palmo della mano dell'operatore. L'adattatore è stato realizzato in accordo con le specifiche dello standard UNI-EN-ISO 10819 e conteneva tre accelerometri B&K tipo 4374. Il segnale in uscita dagli accelerometri veniva condizionato (B&K "Nexus") e quindi registrato su un DAT (Sony PC 204 a quattro canali). I segnali sono stati quindi processati in laboratorio al fine di calcolare l'accelerazione ponderata in frequenza delle vibrazioni in accordo con lo Standard Internazionale ISO 5349-1:2001.

Il valore totale dell'accelerazione r.m.s. (*root-mean-square*) ponderata in frequenza delle vibrazioni degli utensili (a_v) è stato calcolato come som-

ma vettoriale delle accelerazioni r.m.s. ponderate in frequenza misurate lungo il sistema di coordinate triassiali suggerito dall'ISO 5349-1:

$$a_v = (a_{h,wx}^2 + a_{h,wy}^2 + a_{h,wz}^2)^{1/2} \quad (\text{m/s}^2 \text{ r.m.s.})$$

ove $a_{h,wx}$, $a_{h,wy}$, $a_{h,wz}$ sono, rispettivamente, i valori quadratici medi (r.m.s.) dell'accelerazione ponderata in frequenza (m/s^2) delle vibrazioni, misurata lungo i tre assi ortogonali x, y, z.

Stima dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio

L'esposizione giornaliera a vibrazioni mano-braccio è stata stimata mediante il calcolo dell'accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza (a_v) equivalente a 8 ore di lavoro [A(8)]:

$$A(8) = a_v(T/T_8)^{1/2} \quad (\text{m/s}^2 \text{ r.m.s.})$$

ove T rappresenta la durata dell'esposizione giornaliera alle vibrazioni (ore) e T_8 è la durata di riferimento di 8 ore.

La durata di esposizione a vibrazioni mano-braccio è stata valutata in termini di ore/die, giorni/settimana, settimane/anno e anni totali di lavoro con utensili vibranti, stimati dalle informazioni acquisite durante l'intervista con l'ausilio di un questionario strutturato. Le ore totali di esposizione sono state ricavate dal prodotto (ore/die x giorni/settimana x settimane/anno x anni).

Sulla base dei valori dell'accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza (a_v) delle vibrazioni generate dai vari utensili e della durata dell'esposizione (ore totali, hr), per ciascun forestale è stata stimata una dose cumulativa di vibrazioni in accordo con il principio dell'eguale energia, utilizzando la seguente formula:

$$\text{dose} = \sum a_v^2 t \quad (\text{m}^2/\text{s}^4\text{hr})$$

Questionario e accertamenti sanitari

A tutti i lavoratori forestali, esposti (n=159) e non esposti a vibrazioni mano-braccio (n=146), è stato somministrato da personale sanitario la versione italiana di un questionario strutturato proposto e validato dal *Vibration Injury Network* (VINET) dell'Unione Europea (36).

Il questionario include numerose sezioni che consentono una dettagliata anamnesi personale, fisiologica e patologica, utili ad escludere la presenza

di condizioni morbose extraprofessionali che possono costituire fattori di confondimento o modificatori di effetto dell'associazione tra le componenti della sindrome da vibrazioni mano-braccio e l'esposizione occupazionale a vibranti. Il questionario, inoltre, consente di indagare l'intera vita professionale del lavoratore e di quantificare l'esposizione a vibrazioni mano-braccio in termini di tipologia degli utensili adoperati e relativi tempi d'uso. Infine, nel questionario sono formulate domande che permettono di indagare in modo approfondito la presenza di sintomi vascolari, neurosensitivi e muscolo-scheletrici a carico degli arti superiori e del collo.

Per la diagnosi anamnestica di VWF nei forestali esposti a vibrazioni mano-braccio è stato fatto riferimento ai requisiti minimi stabiliti dallo Stockholm Workshop '94 (39), ovvero:

- anamnesi positiva per episodi di pallore ben demarcato ad uno o più dita delle mani provocati dall'esposizione a microclima freddo (una storia di sola cianosi non è sufficiente per una diagnosi di fenomeno di Raynaud di origine occupazionale);

- comparsa del primo episodio di pallore digitale dopo l'inizio dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio;

- assenza di elementi clinico-anamnestici suggestivi per familiarità positiva per sindromi vasospastiche oppure per fenomeno di Raynaud primitivo o secondario ad altre patologie locali o sistemiche;

- presenza di episodi di pallore digitale negli ultimi due anni durante i quali vi sia stata esposizione a vibrazioni mano-braccio (fenomeno di Raynaud da vibranti in fase attiva).

Nei controlli, la diagnosi anamnestica di fenomeno di Raynaud primitivo è stata formulata in accordo con i classici criteri stabiliti da Allen e Brown (2).

La diagnosi clinica di sindrome del tunnel carpale è stata posta in presenza di sintomi e segni compatibili con i criteri diagnostici stabiliti su base di *consensus* internazionale (35), ovvero:

- disturbi neurosensitivi (parestesie, ipoestesia e/o dolore) a carico di almeno due dita nel territorio di distribuzione del nervo mediano (I, II, III dito e lato radiale del IV dito della mano);

- possibile coesistenza o irradiazione di parestesie e dolore al palmo della mano e al polso;

- esacerbazione dei sintomi neurosensitivi durante il riposo notturno;

- positività del test di Tinel o del test di Phalen.

In alcuni casi, la diagnosi di sindrome del tunnel carpale è stata supportata in modo definitivo dall'evidenza documentata (referti) di alterazioni elettro-neurografiche caratteristiche a carico del nervo mediano oppure dal rilievo anamnestico e ispettivo di pregresso intervento chirurgico per decompressione del nervo mediano a livello carpale.

Entrambi i gruppi di forestali (esposti e non esposti a vibranti) sono stati sottoposti ad un esame obiettivo generale con particolare riferimento alla semeiotica clinica degli arti superiori, che ha consentito sia di esplorare la funzionalità del sistema neurovascolare periferico e dell'apparato muscolo-scheletrico sia di formulare diagnosi cliniche di sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori (tendiniti della spalla e/o dell'avambraccio, epicondilita e/o epitrocleite del gomito, cisti carpal, dito a scatto, morbo di Dupuytren).

Metodi statistici

L'analisi dei dati è stata condotta mediante il software statistico Stata (versione 8, Stata Corporation). Per i dati di tipo continuo sono state utilizzate la media come misura di tendenza centrale, e la deviazione standard (ds) e il range come misure di dispersione.

Il confronto tra due medie è stato eseguito tramite il test t di Student. I dati di tipo dicotomico o categorico sono stati riassunti in tabelle 2x2 o 2xk e le differenze tra proporzioni sono state valutate mediante il test χ^2 . Le relazioni tra sintomi o patologie degli arti superiori (variabile dipendente) e fattori di rischio (variabili indipendenti quali età, caratteristiche antropometriche, consumo di tabacco e di alcool, indicatori dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio) sono state valutate mediante regressione binomiale. Le stime del rischio relativo (RR), inteso come rapporto tra prevalenze, e dell'intervallo di confidenza al 95% (IC 95%) sono state ottenute dai coefficienti della regressione binomiale e dai rispettivi errori standard. Il limite della significatività statistica è stato posto a 0,05.

RISULTATI

La tabella 1 riassume i dati relativi alle accelerazioni delle vibrazioni generate dalle diverse tipologie di utensili usati dai lavoratori forestali. In particolare, sono riportati i valori medi, le deviazioni standard e il range (valore minimo e valore massimo) del valore totale (somma vettoriale) dell'accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza delle motoseghe, decespugliatori, motofalciatrici e martelli demolitori. In generale, le accelerazioni medie rilevate sulle impugnature delle motoseghe e dei decespugliatori (comprese tra 2,9 e 6,5 m/s² r.m.s.) sono simili a quelle riportate in altri studi che hanno indagato l'esposizione a vibrazioni prodotte da utensili forestali dotati di dispositivi anti-vibranti (7, 8, 28). Molto più elevate, per contro, sono risultate le accelerazioni medie delle vibrazioni generate dai martelli demolitori (19,5-23,2 m/s² r.m.s.), rappresentative dell'esposizione a utensili percussori di tipo tradizionale non ergonomico e privi di sistemi anti-vibranti.

Nella tabella 2 sono riportati gli indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio nei lavoratori forestali. La stima dell'esposizione media giornaliera alle vibrazioni fornita dai lavoratori (4 ore) non è risultata molto diversa dalla misura del tempo effettivo d'uso delle motoseghe stimato dai capisquadra nella compilazione dei rapporti giornalieri (3,5 ore). Come precedentemente ricordato, l'uso degli utensili vibranti da parte dei forestali è

piuttosto discontinuo durante un tipico anno lavorativo con una media stimata dell'ordine di circa 16 settimane/anno. Ne deriva che, laddove la stima di A(8) è mediamente simile a quella riscontrata in altri studi (4 m/s² r.m.s.), la dose di vibrazioni accumulata durante l'intera vita lavorativa è influenzata dalla durata complessiva dell'esposizione (ore totali) e risulta inferiore a quella stimata in nostre precedenti indagini (8).

La tabella 3 riporta le caratteristiche dei lavoratori forestali esposti a vibrazioni mano-braccio e dei controlli. Pur essendo i controlli lievemente più giovani degli esposti (41 vs 43 anni, rispettivamente), tuttavia i due gruppi erano ben comparabili in termini di anzianità lavorativa nel Servizio Foreste (15 anni). La frequenza di consumo di bevande alcoliche e di tabacco è risultata più elevata nei forestali esposti a vibranti che nei controlli, ma nei fumatori di entrambi i gruppi il consumo cumulativo di sigarette in termini di pacchetti-anno [(sigarette/die : 20) x anni] non è risultato significativamente diverso.

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportate le prevalenze dei disturbi e delle patologie locali e sistemiche nei forestali e nei controlli. La prevalenza di malattie artrosiche o reumatiche sistemiche era simile nei due gruppi (8-9%). Sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori sono state rilevate più frequentemente nei forestali (12,6%) che nei controlli (8,2%), ma la differenza non era significativa (tabella 4).

Tabella 1 - Valore totale (somma vettoriale) delle accelerazioni r.m.s. (root-mean-square) ponderate in frequenza (ISO 5349-1:2001) delle vibrazioni generate dagli utensili usati dai lavoratori forestali. Sono riportati i valori medi, deviazione standard (ds) e range [valore minimo-valore massimo]

Utensile	Accelerazione ponderata in frequenza (valore totale in m/s ² r.m.s.)	
	Mano destra media (ds) [range]	Mano sinistra media (ds) [range]
Motoseghe Husqvarna (n=7)	5,3 (1,1) [3,1-7,9]	3,9 (1,6) [2,1-10,4]
Motoseghe Stihl (n=4)	6,4 (1,7) [4,6-8,9]	4,1 (0,7) [3-0-5,4]
Motoseghe Jonsered (n=2)	4,4 (1,2) [2,8-5,4]	2,9 (0,5) [2,4-3,4]
Decespugliatori Husqvarna (n=2)	4,5 (1,0) [3,8-5,2]	3,9 (1,9) [2,5-5,3]
Altri decespugliatori (n=3)	6,1 (3,0) [4,1-9,6]	6,5 (3,8) [4,3-10,9]
Motofalciatrici (n=3)	8,7 (3,9) [6,0-13,2]	8,8 (3,4) [5,7-12,4]
Martelli demolitori (n=7)	19,5 (1,9) [16,0-22,3]	23,2 (3,4) [20,9-30,6]

Tabella 2 - Indicatori dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio nei lavoratori forestali (n=159). A(8) è l'accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza delle vibrazioni equivalente a 8 ore di lavoro (ISO 5349-1:2001). La dose cumulativa di vibrazioni mano-braccio è espressa in termini di $a_v^2 t$ (m^2/s^4hr), ove a_v è il valore totale (somma vettoriale) delle accelerazioni r.m.s. ponderate in frequenza delle vibrazioni e t sono le ore totali di lavoro con utensili vibranti (hr)

	media	ds	range (min-max)
Durata di esposizione:			
ore/die	4,0	1,0	1,3-6
giorni/settimana	4,8	0,6	2-5
settimane/anno	16,5	7,2	1-37
anni	14,8	6,8	2-43
Ore totali di esposizione	5286	3926	108-20128
A(8) (m/s^2 r.m.s.)	4,1	1,0	1,3-7,5
Dose cumulativa di vibrazioni ($m^2/s^4hr \times 10^3$)	357,7	576,4	2,3-3202,2

Tabella 3 - Caratteristiche dei lavoratori forestali esposti a vibrazioni mano-braccio e dei controlli. I dati sono espressi come medie (ds) o numeri (%)

	Forestali (n=159)	Controlli (n=146)
Età (anni)	43,1 (7,5)	40,8 (8,4)*
Altezza (cm)	174 (5,8)	176 (5,9)**
Peso (kg)	78,7 (10,7)	79,6 (10,9)
Body mass index (kg/m^2)	25,9 (3,1)	25,5 (3,2)
Anzianità lavorativa (anni)	14,8 (6,8)	15,0 (10,1)
Fumo di tabacco:		
non fumatori	72 (45,3)	88 (60,3)
ex-fumatori	40 (25,2)	26 (17,8)
fumatori	47 (29,6)	32 (21,9)†
Sigarette (pacchetti-anno)	10,0 (12,9)	7,3 (12,3)
Consumo di alcool (gr/die):		
0	30 (18,9)	27 (18,5)
1-125	36 (22,6)	56 (38,4)
126-375	38 (23,9)	36 (24,7)
>375	55 (34,6)	27 (18,5)‡

test t di Student: *p<0,05; **p<0,01

test χ^2 : †p<0,05; ‡p<0,01

Tabella 4 - Patologie vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche degli arti superiori nei lavoratori forestali esposti a vibrazioni mano-braccio e nei controlli. I dati sono espressi come numeri (%)

	Forestali (n=159)	Controlli (n=146)
Disturbi vascolari (VWF - Fenomeno di Raynaud)*	10 (6,3)	6 (4,1)
Disturbi neurosensitivi periferici (parestesie e/o torpore)**	53 (33,3)	10 (6,9)‡
Sindrome del tunnel carpale	34 (21,4)	3 (2,1)‡
Altre neuropatie degli arti superiori	9 (5,7)	2 (1,4)†
Sindromi muscolo-tendinee:	20 (12,6)	12 (8,2)
tendiniti della spalla	0 (0)	0 (0)
epicondilita del gomito	8 (5,0)	3 (2,1)
epitrocleeite del gomito	1 (0,6)	0 (0)
tendiniti dell'avambraccio	1 (0,6)	2 (1,4)
cisti carpalì	1 (0,6)	1 (0,7)
dito a scatto	1 (0,6)	0 (0)
morbo di Dupuytren	8 (5,0)	6 (4,1)
Malattie artrosiche o reumatiche	15 (9,4)	12 (8,2)

* VWF (*vibration-induced white finger*) nei forestali, fenomeno di Raynaud nei controlli

** Esclusi i soggetti con sindrome del tunnel carpale test χ^2 : †p<0,05; ‡p<0,001

Tabella 5 - Associazione tra disturbi neurosensitivi periferici, sindrome del tunnel carpale e disturbi vascolari (VWF) nei lavoratori forestali esposti a vibrazioni mano-braccio (n=159). I dati sono espressi come numeri (% di cella)

Disturbi vascolari periferici (VWF)	Sindrome del tunnel carpale	
	Presente	Assente
Presenti	4 (2,5)	6 (3,8)
Assenti	30 (18,9)	119 (74,8)
Disturbi vascolari periferici (VWF)	Disturbi neurosensitivi periferici	
	Presenti	Assenti
Presenti	5 (3,1)	5 (3,1)
Assenti	48 (30,2)	101 (63,5)

In entrambi i gruppi, l'epicondilita del gomito e il morbo di Dupuytren erano le patologie maggiormente rappresentate. L'occorrenza di sindrome del tunnel carpale (STC) è risultata significativamente

più elevata nei forestali (21,4%) che nei controlli (2,1%). Nei 34 forestali affetti da STC, 24 sono stati diagnosticati su base clinica (anamnesi ed esame obiettivo positivi), mentre in 10 soggetti la diagnosi clinica è stata supportata da rilievi elettro-neurografici di sofferenza del nervo mediano a livello del carpo (di cui 6 bilaterali). Interventi chirurgici di decompressione del nervo mediano sono stati riportati da 2 forestali (di cui uno bilaterale) ed 1 controllo. Sindromi da intrappolamento del nervo ulnare al gomito (sindrome del tunnel cubitale) erano presenti in 2 forestali e in 1 controllo.

Disturbi vasospastici alle dita delle mani (VWF nei forestali e fenomeno di Raynaud primitivo nei controlli) sono stati rilevati rispettivamente nel 6,3% e nel 4,1% dei soggetti, e la differenza tra proporzioni non era significativa (tabella 4). Per contro, dopo esclusione dei soggetti con sospetta o certa STC, la prevalenza di disturbi neurosensitivi alle dita e alle mani è risultata significativamente più elevata nei forestali (33,3%) rispetto ai controlli (6,9%).

Nei forestali esposti a vibrazioni mano-braccio, non è stata riscontrata alcuna associazione tra VWF e STC e tra VWF e disturbi neurosensitivi periferici (tabella 5).

La prevalenza di disturbi muscolo-scheletrici agli arti superiori (dolore) era significativamente maggiore nei forestali (37,7%) che nei controlli (20,6%), ($p < 0,001$). In entrambi i gruppi, la sintomatologia dolorosa era localizzata principalmente alle spalle, ai gomiti e al distretto mano-polso. All'esame clinico-obiettivo, deficit funzionali degli arti superiori sono stati rilevati in egual misura nei forestali (8,2%) e nei controlli (6,9%).

La tabella 6 riporta l'associazione tra patologie neurovascolari e muscolo-scheletriche degli arti superiori e mansione di forestale con esposizione a vibrazioni mano-braccio, espressa in termini di rischio relativo aggiustato per vari fattori di confondimento e assumendo i controlli come gruppo di riferimento.

Come era da attendersi dall'analisi dei dati grezzi, la mansione di forestale è risultata significativamente associata con l'occorrenza di disturbi neurosensitivi periferici ($RR=4,49$) e di sindrome del tunnel carpale ($RR=7,72$). Anche i disturbi vaso-

Tabella 6 - Associazione tra disturbi vascolari (VWF), disturbi neurosensitivi periferici, sindrome del tunnel carpale, sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori e mansione di lavoratore forestale. I rischi relativi (RR) e gli intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) sono aggiustati per l'età, il body mass index, ed il consumo di tabacco ed alcool mediante regressione binomiale, assumendo i controlli come gruppo di riferimento ($RR=1,0$)

Variabile dipendente	Lavoratore forestale	
	RR	IC 95%
Disturbi vascolari periferici (VWF)	1,34	0,51-3,63
Disturbi neurosensitivi periferici (parestesie e/o torpore)	4,49	2,38-8,46
Sindrome del tunnel carpale	7,72	2,82-21,2
Sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori	1,41	0,72-2,77

spastici (VWF) e le sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori presentavano un'associazione positiva con la mansione di forestale, ma l'aumento del rischio relativo non era statisticamente significativo.

Nelle tabelle 7, 8 e 9 sono riportate le associazioni tra patologie neurovascolari e muscolo-scheletriche degli arti superiori e gli indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio espressi in termini di A(8), anni di esposizione, e dose cumulativa di vibrazioni, assumendo i controlli come gruppo di riferimento.

In generale, le stime dei rischi relativi e dei rispettivi IC 95% per le patologie degli arti superiori mostrano un andamento piuttosto uniforme per i vari indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio. Dopo aggiustamento per i fattori di confondimento, il rischio per disturbi neurosensitivi periferici e per sindrome del tunnel carpale tende ad aumentare in modo significativo con l'aumentare dei valori di A(8) (tabella 7), degli anni di esposizione (tabella 8), e della dose cumulativa di vibrazioni (tabella 9). Analogo incremento del rischio, seppur modesto e non statisticamente significativo, si osserva per i disturbi vasospastici periferici (VWF) e per le sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori. È interessante notare che la maggior parte dei forestali affetti da VWF presentavano

Tabella 7 - Associazione tra disturbi vascolari (VWF), disturbi neurosensitivi periferici, sindrome del tunnel carpale, sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori ed esposizione giornaliera a vibrazioni mano-braccio espressa in termini di accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza equivalente a 8 ore di lavoro ($A(8)$ in m/s^2 r.m.s.). I rischi relativi (RR) e gli intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) sono aggiustati per l'età, il body mass index, ed il consumo di tabacco ed alcool mediante regressione binomiale, assumendo i controlli come gruppo di riferimento (RR=1,0)

Variabile dipendente	Esposizione giornaliera a vibrazioni			
	$A(8) < 4 m/s^2$		$A(8) \geq 4 m/s^2$	
	(n=81)		(n=78)	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Disturbi vascolari periferici (VWF)	0,55	0,11-2,62	2,20	0,80-6,06
Disturbi neurosensitivi periferici (parestesie e/o torpore)	3,90	1,98-7,67	5,13	2,70-9,75
Sindrome del tunnel carpale	6,05	2,05-17,8	8,36	2,95-23,7
Sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori	1,12	0,49-2,54	1,33	0,60-2,93

Tabella 8 - Associazione tra disturbi vascolari (VWF), disturbi neurosensitivi periferici, sindrome del tunnel carpale, sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori ed esposizione cumulativa a vibrazioni mano-braccio espressa in termini di anni di lavoro con utensili vibranti. I rischi relativi (RR) e gli intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) sono aggiustati per l'età, il body mass index, ed il consumo di tabacco ed alcool mediante regressione binomiale, assumendo i controlli come gruppo di riferimento (RR=1,0)

Variabile dipendente	Esposizione cumulativa a vibrazioni			
	<15 anni		≥ 15 anni	
	(n=76)		(n=83)	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Disturbi vascolari periferici (VWF)	1,03	0,27-3,93	1,57	0,53-4,65
Disturbi neurosensitivi periferici (parestesie e/o torpore)	3,76	1,85-7,62	5,13	2,66-9,90
Sindrome del tunnel carpale	5,43	1,79-16,4	8,82	3,13-24,8
Sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori	1,16	0,48-2,78	1,53	0,73-3,20

Tabella 9 - Associazione tra disturbi vascolari (VWF), disturbi neurosensitivi periferici, sindrome del tunnel carpale, sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori e dose cumulativa di vibrazioni mano-braccio espressa in termini di $a_v^2 t$ ($m^2/s^4 hr$), ove a_v è il valore totale (somma vettoriale) delle accelerazioni r.m.s. ponderate in frequenza delle vibrazioni e t sono le ore totali di lavoro con utensili vibranti (hr). I rischi relativi (RR) e gli intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) sono aggiustati per l'età, il body mass index, ed il consumo di tabacco ed alcool mediante regressione binomiale, assumendo i controlli come gruppo di riferimento (RR=1,0)

Variabile dipendente	Dose cumulativa a vibrazioni ($a_v^2 t$)			
	<170000 $m^2/s^4 hr$		$\geq 170000 m^2/s^4 hr$	
	(n=78)		(n=78)	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Disturbi vascolari periferici (VWF)	1,16	0,37-3,98	1,50	0,50-4,51
Disturbi neurosensitivi periferici (parestesie e/o torpore)	4,44	2,27-8,71	4,43	2,27-8,63
Sindrome del tunnel carpale	7,04	2,43-20,4	7,42	2,60-21,2
Sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori	1,13	0,47-2,75	1,53	0,73-3,19

un'esposizione giornaliera alle vibrazioni, espressa in termini di A(8), eguale o superiore a 4 m/s² r.m.s. (tabella 7), cui era associato un rischio relativo di VWF di 2,20 (IC 95% 0,80-6,06).

In tutte le analisi multivariate, la variabile età è risultata significativamente associata con i disturbi o le patologie indagate, mentre nessuna associazione è stata osservata per il *body mass index* ed il consumo di alcool e/o tabacco.

Nella tabella 10, infine, sono riportate le stime dell'associazione tra patologie neurovascolari e muscolo-scheletriche degli arti superiori e i vari indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio all'interno del gruppo dei forestali, escludendo i controlli dall'analisi dei dati. Nella tabella, le stime dei rischi relativi, aggiustati per l'età, il *body mass index* e il consumo di alcool e tabacco mediante regressione binomiale, esprimono l'eccesso di rischio per unità di incremento degli indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio, e in particolare per incrementi di 1 m/s² r.m.s. di esposizione giornaliera [A(8)], di 10 anni di lavoro, e di 10⁵ m²/s⁴hr di dose cumulativa di vibrazioni. Complessivamente, per i disturbi neurosensitivi periferici, la sindrome del

tunnel carpale e le sindromi muscolo-tendinee l'eccesso di rischio è dell'ordine del 2-4% per unità di incremento di A(8) e del 1-3% per 10⁵ unità di incremento di dose cumulativa di vibrazioni.

L'occorrenza di VWF mostra un eccesso di rischio del 41% per unità di incremento di A(8) e del 6% per 10⁵ unità di incremento dose di vibrazioni.

Da segnalare, da ultimo, come nei forestali le cosiddette "malattie correlate con il lavoro" presentino un significativo aumento del rischio con l'aumento degli anni complessivi di lavoro con utensili vibranti (sindrome del tunnel carpale: RR 1,54, IC 95% 1,23-1,91; sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori: RR 1,46, IC 95% 1,14-1,87).

DISCUSSIONE

In questo studio, l'occorrenza di VWF nei forestali che usavano utensili vibranti è risultata solo lievemente, e non significativamente, più elevata della prevalenza del fenomeno di Raynaud rilevata in un gruppo di operatori forestali non esposti a vi-

Tabella 10 - Associazione tra disturbi vascolari, disturbi neurosensitivi periferici, sindrome del tunnel carpale, sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori e indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio nei forestali che usano utensili vibranti (n=159). A(8) è l'accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza delle vibrazioni equivalente a 8 ore di lavoro (ISO 5349-1:2001). La dose cumulativa di vibrazioni mano-braccio è espressa in termini di $a_w^2 t$ (m²/s⁴hr), ove a_w è il valore totale (somma vettoriale) dell'accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza delle vibrazioni e t sono le ore totali di lavoro con utensili vibranti (hr). I rischi relativi (RR) e gli intervalli di confidenza al 95% (IC 95%), aggiustati per l'età, il *body mass index*, ed il consumo di tabacco ed alcool mediante regressione binomiale, esprimono l'eccesso di rischio per unità di incremento degli indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio, escludendo i controlli dall'analisi dei dati

Variabile dipendente	A(8) RR (IC 95%) (per 1 m/s ²)	Anni di lavoro RR (IC 95%) (per 10 anni)	Dose cumulativa di vibrazioni RR (IC 95%) (per 10 ⁵ m ² /s ⁴ hr)
Disturbi vascolari (VWF)	1,41 (0,91-2,19)	1,10 (0,53-2,27)	1,06 (1,00-1,11)
Disturbi neurosensitivi (parestesie e/o torpore)	1,04 (0,85-1,28)	1,38 (1,15-1,65)	1,01 (0,98-1,04)
Sindrome del tunnel carpale	1,04 (0,79-1,36)	1,54 (1,23-1,91)	1,02 (0,99-1,06)
Sindromi muscolo-tendinee	1,02 (0,69-1,52)	1,46 (1,14-1,87)	1,03 (0,98-1,08)

brazioni mano-braccio e addetti ad attività manuali in ambiente esterno con esposizione a condizioni climatiche analoghe a quelle dei forestali che impiegavano strumenti vibranti portatili. Questo risultato può essere, almeno in parte, spiegato con le peculiari condizioni di esposizione a vibrazioni mano-braccio nel campione indagato, caratterizzate da un uso intermittente degli utensili vibranti, la maggior parte dei quali (motoseghe, decespugliatori) erano dotati di dispositivi anti-vibranti (AV). Questa osservazione sembra essere coerente con i risultati di un nostro precedente studio (8), ove la prevalenza di VWF era del 13,4% nei forestali che avevano lavorato solo con motoseghe AV, mentre la diagnosi di VWF era stata posta nel 51,7% dei forestali che avevano usato in modo continuativo motoseghe sia AV che non-AV.

I risultati del presente studio sembrano essere anche coerenti con quelli riportati da altri autori. Mirbod et al (32) hanno rilevato la presenza di VWF nel 9,6% di 272 forestali giapponesi esposti a vibrazioni mano-braccio con accelerazioni variabili tra 2,7 e 5,1 m/s^2 r.m.s. e con durata di esposizione compresa tra 0,5 e 5 ore/die. In uno studio longitudinale prospettico della durata di 12 anni, Ariizumi et al (3) hanno osservato sintomi di VWF in 9 soggetti di una coorte di 106 forestali (8,5%). In un'indagine di follow up di 20 anni su 331 lavoratori che utilizzavano decespugliatori per opere di manutenzione di pubblica utilità, Tomida et al (45) hanno osservato la comparsa di VWF in solo 11 soggetti (3,3%); nella coorte indagata, l'anzianità lavorativa con uso di decespugliatori era di 11,7 (ds 7,1) anni cui corrispondeva una media di 3756 ore di esposizione a vibrazioni mano-braccio con valori di accelerazione di 2,1-3,8 m/s^2 r.m.s. Anche in questo studio l'esposizione a vibranti era fortemente intermittente con 3,3 (ds 2,3) ore di lavoro/die e 66,9 (ds 45,1) giorni di lavoro/anno. In uno studio di coorte su forestali della regione di Suomussalmi nel nord-est della Finlandia, Koskimies et al (27) hanno osservato una diminuzione dell'occorrenza di VWF dal 40% al 5% durante un periodo di follow-up compreso tra il 1972 e il 1990. Tale dato è stato recentemente confermato dal medesimo gruppo di ricercatori nell'ultimo studio di follow up tra il 1990 e il 1995, nel quale sintomi recenti di VWF

sono stati riportati dal 5,4% dei forestali finnici (41).

È interessante anche notare come le condizioni climatiche esterne possano influenzare la comparsa di disturbi Raynaud-simili. In uno studio epidemiologico sull'occorrenza di VWF in un'area tropicale, Futatsuka et al (17) non hanno rilevato nessun caso di fenomeno di Raynaud in due gruppi di lavoratori forestali di Papua (Nuova Guinea) e di Kalimantan Est (Indonesia) con anzianità lavorativa media di 8,6 (ds 6,6) anni e di 4,6 (ds 2,7) anni, rispettivamente.

In sintesi, i risultati degli studi epidemiologici con disegno sia trasversale che longitudinale indicano che la prevalenza e l'incidenza dei sintomi vascolari (VWF) nei lavoratori forestali sono andate progressivamente diminuendo nelle ultime due decadi e tale evidenza è stata attribuita all'introduzione di adeguate misure di prevenzione tecnica (ad esempio l'uso di motoseghe AV), al miglioramento dell'organizzazione del lavoro forestale e alla riduzione della durata di esposizione.

È, tuttavia, opportuno rilevare che nel presente studio i sintomi di VWF erano prevalentemente riportati dai forestali con esposizione giornaliera a vibrazioni mano-braccio $\geq 4 m/s^2$ r.m.s. (in termini di A(8)), e pertanto superiore al valore giornaliero di azione [A(8)=2,5 m/s^2 r.m.s.] stabilito dalla recente Direttiva Europea sulle vibrazioni meccaniche (14). In questo gruppo di forestali, la prevalenza di sintomi vasospastici periferici Raynaud-simili è risultata 2,2 superiore a quella osservata nei controlli. Inoltre, nell'intero campione dei forestali esposti è stato stimato che l'eccesso di rischio di VWF per incrementi di 1 m/s^2 r.m.s. di A(8) era pari a circa il 40%. Questi risultati suggeriscono l'opportunità di mantenere attiva la sorveglianza sanitaria nei forestali esposti a vibrazioni mano-braccio, anche in coloro la cui esperienza lavorativa è limitata all'uso di utensili di nuova generazione dotati di dispositivi anti-vibranti.

In questo studio, la prevalenza di disturbi neurosensitivi alle estremità distali degli arti superiori e di sindrome del tunnel carpale era significativamente più elevata nei forestali esposti a vibrazioni mano braccio (33,3% e 21,4%, rispettivamente) che negli operatori forestali di controllo addetti a sole

attività manuali (6,9% e 2,1%, rispettivamente). Dopo aggiustamento per alcuni fattori di confondimento, l'occorrenza di turbe neurologiche periferiche è risultata significativamente associata sia con la mansione di forestale addetto all'uso di utensili vibranti sia con vari indicatori di esposizione a vibrazioni mano-braccio (A(8), anni di lavoro, dose cumulativa di vibrazioni). Le segnalazioni della letteratura indicano che le neuropatie sensitive e le sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi degli arti superiori, in particolare la sindrome del tunnel carpale, sono molto frequenti negli operatori che usano strumenti vibranti, inclusi i tipici utensili del lavoro forestale (9-11, 16). Studi di elettro-neuromicrografia hanno suggerito che i disturbi neurosensitivi periferici (parestesie, torpore, ridotta sensibilità tattile, termica e pallestesica, diminuita destrezza manuale) sembrano essere dovuti ad alterazioni anatomo-funzionali dei meccanorecettori cutanei e delle loro fibre afferenti causate dall'eccessiva esposizione all'energia meccanica delle vibrazioni (30, 31). Vari studi epidemiologici hanno riportato che negli esposti a vibrazioni mano-braccio i disturbi neurosensitivi sembrano insorgere prima di quelli vascolari (VWF) e tendono a perdurare nel tempo più a lungo dei sintomi vasospastici, mostrando una certa tendenza all'irreversibilità anche dopo la fine dell'esposizione a vibranti (18, 19, 28). Analogamente ad altri studi, nella presente indagine non è stata osservata alcuna associazione significativa tra disturbi neurosensitivi periferici e fenomeno di Raynaud. Tale dato sembra avvalorare l'ipotesi che la componente neurologica e quella vascolare della sindrome da vibrazioni mano-braccio sono sostenute da differenti meccanismi patogenetici (6, 11).

In un nostro precedente studio clinico-elettrofisiologico su forestali della Regione Toscana, è stato evidenziato che l'uso prolungato di utensili vibranti può causare un danno ai tre principali tronchi nervosi dell'arto superiore (nn. mediano, ulnare e radiale) nel contesto di una neuropatia multifocale con predominante coinvolgimento delle fibre sensitive (9). Nei forestali esposti a vibrazioni, la velocità di conduzione sensitiva in vari segmenti nervosi degli arti superiori tendeva a diminuire in modo significativo con l'aumentare della dose cumulativa

di vibrazioni, suggerendo l'esistenza di una relazione dose-effetto. Questi rilievi elettrofisiologici ben si accordano con i risultati di studi biotipici che mostrano la presenza di multiple alterazioni strutturali nervose, quali demielinizzazione, degenerazione assonale e fibrosi perineurale, variamente distribuite lungo i nervi periferici degli arti superiori nei lavoratori esposti a vibranti (40, 42, 43). Oltre a neuropatie multifocali di tipo prevalentemente sensitivo, nei forestali toscani sono stati frequentemente osservati quadri elettrofisiologici compatibili con la diagnosi di sindrome del tunnel carpale. In un nostro precedente studio epidemiologico (10), la prevalenza della sindrome del tunnel carpale è risultata significativamente maggiore in una coorte di lavoratori forestali esposti a vibrazioni di motoseghe (38,4%) rispetto ad un gruppo di controllo di lavoratori manuali (3,2%). Analogamente a quanto osservato nel presente studio, l'occorrenza di sindrome di tunnel carpale tendeva ad aumentare in modo significativo con l'aumentare della dose di vibrazioni. L'elevata occorrenza di sindrome del tunnel carpale da noi riscontrata nei forestali di questo studio tende, pertanto, a confermare quanto riportato in altre indagini cliniche ed epidemiologiche (4, 9, 10, 16, 27).

Nella revisione critica del NIOSH su *Musculoskeletal disorders and workplace factors* (4), gli autori concludono che vi è forte evidenza epidemiologica per un'associazione tra sindrome del tunnel carpale ed esposizione combinata a movimenti ripetitivi, uso di forza e vibrazioni mano-braccio (21, 22, 27, 33, 38).

Nell'ambito dei lavori forestali, sono relativamente modeste le attività che comportano l'esecuzione di movimenti ripetitivi (con l'eccezione di alcune attività svolte nei vivai forestali e in alcune fasi dell'utilizzo della motosega, quali la sramatura), mentre l'uso della forza ricorre sistematicamente, sia nell'esecuzione di movimenti sia nel mantenimento di posture, e ciò in concomitanza con l'uso della motosega sulle cui impugnature viene esercitata una notevole forza di prensione e di spinta. Da ciò la frequente osservazione di un eccesso di disturbi muscolo-scheletrici a carico dei vari distretti degli arti superiori nei lavoratori forestali, come evidenziato anche in questo studio (10, 28, 41). In

generale, gli studi sulle patologie neurologiche e muscolo-tendinee suggeriscono che l'esposizione combinata a vibrazioni mano-braccio e a fattori di stress ergonomico è associata ad un eccesso di rischio per l'insorgenza di tali patologie nei forestali rispetto ad operatori addetti a solo lavoro manuale e non esposti a vibrazioni (21, 22, 27).

È interessante rilevare che nel presente studio la variabile "anni di lavoro con utensili vibranti" presentava, all'interno del gruppo dei forestali (tabella 10), la più forte associazione con i disturbi neurosensitivi periferici, la sindrome del tunnel carpale e le sindromi muscolo-tendinee degli arti superiori, per le quali sono stati stimati significativi eccessi di rischio (38-54%) per ciascun incremento di 10 anni di attività lavorativa. È molto probabile che nel contesto delle attività forestali la variabile "anni di lavoro con utensili vibranti" rappresenti un indicatore globale della durata di esposizione a vari fattori di rischio ergonomico (uso di forza, posture incongrue) e meccanico (vibrazioni).

Tale ipotesi sembra essere confermata dai risultati di altri studi che suggeriscono che l'esposizione a vibrazioni mano-braccio combinata con lavoro manuale pesante può causare un aumento da 5 a 10 volte del rischio di insorgenza di sindrome del tunnel carpale (1, 16, 46). Ad ulteriore supporto dell'ipotesi di un possibile contributo indipendente delle vibrazioni mano-braccio alla patogenesi della sindrome, è stato sperimentalmente osservato che le vibrazioni causano sia edema intraneurale nel nervo mediano sia edema delle guaine sinoviali dei tendini che attraversano il tunnel carpale (29).

Da ultimo, il presente studio non ha evidenziato un'associazione tra turbe vascolari e sindrome del tunnel carpale nei forestali esposti a vibrazioni mano-braccio.

Questo dato conferma il rilievo di assenza di una correlazione significativa tra anomalie elettrofisiologiche e indicatori di alterata funzione circolatoria periferica riscontrata in un nostro precedente studio neurofisiologico (9). Queste osservazioni sembrano ulteriormente supportare l'ipotesi che le lesioni vascolari e quelle neurologiche della sindrome da vibrazioni mano-braccio insorgono e progrediscono le une indipendentemente dalle altre (11, 16).

CONCLUSIONI

I risultati di questo studio suggeriscono che nelle attività lavorative svolte in foresta si va delineando una tendenziale diminuzione delle patologie vascolari periferiche associate con l'esposizione a vibrazioni mano-braccio generate da utensili portatili (fenomeno di Raynaud), mentre si osserva un aumento delle malattie degli arti superiori correlate con il lavoro (neuropatie periferiche, sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi, sindromi muscolo-tendinee) nella cui patogenesi gioca un ruolo rilevante l'esposizione combinata a fattori di rischio ergonomico (uso di forza, posture incongrue) e meccanico (vibrazioni segmentali).

BIBLIOGRAFIA

1. AHLBORG G, VOOG L: Vibration exposure and distal compression of the median nerve (carpal tunnel syndrome). *Läkartidningen* 1982; 79: 4905-4908 (in Swedish with English summary)
2. ALLEN EV, BROWN GE: Raynaud's disease: a critical review of minimal requisites for diagnosis. *Am J Med Sci* 1932; 183: 187-200
3. ARIIZUMI M, NAKAMURA H, OKADA A: Predictive factors of the occurrence of vibration-induced white finger (VWF) in recent chain-saw workers: a 12-year follow-up study in Japan. *Proceedings of the 9th International Conference on Hand-Arm Vibration*. Nancy (France): INRS, 5-8 June 2001 (abstract)
4. 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*. Cincinnati (OH): US DHHS (NIOSH) Publication No 97-141, 1997
5. BOVENZI M: Hand-transmitted vibration. In Stellman JM (ed): *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, 4th ed. Geneva: ILO, 1998; II: 50.7-50.12
6. BOVENZI M: Exposure-response relationship in the hand-arm vibration syndrome: an overview of current epidemiology research. *Int Arch Occup Environ Health* 1998; 71: 509-519
7. BOVENZI M, ALESSANDRINI B, MANCINI R, et al: A prospective study of the cold response of digital vessels in forestry workers exposed to saw vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 1998; 71: 493-498
8. BOVENZI M, FRANZINELLI A, MANCINI R, et al: Dose-response relation for vascular disorders induced by vibra-

- tion in the fingers of forestry workers. *Occup Environ Med* 1995; 52: 722-730
9. BOVENZI M, GIANNINI F, ROSSI S: Vibration-induced multifocal neuropathy in forestry workers: electrophysiological findings in relation to vibration exposure and finger circulation. *Int Arch Occup Environ Health* 2000; 73: 519-527
 10. BOVENZI M, ZADINI A, FRANZINELLI A, BORGOGNI F: Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics* 1991; 34: 547-562
 11. BRAMMER AJ, PYYKKÖ I: Vibration-induced neuropathy. Detection by nerve conduction measurements. *Scand J Work Environ Health* 1987; 13: 317-322
 12. COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE: Raccomandazione della Commissione del 19 settembre 2003 sull'elenco europeo delle malattie professionali. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea*, 2003/670/EC, N. L 238/28, 25.9.2003
 13. DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA DEL 13 APRILE 1994, N. 336: Regolamento recante le nuove tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura. *Gazzetta Ufficiale* N. 131 del 7 giugno 1994
 14. DIRETTIVA 2002/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO DEL 25 GIUGNO 2002: Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni) (sedicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE). *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, L 177/13, 6.7.2002
 15. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION: *Mechanical vibration - Guide to the health effects of vibration on the human body*. CEN Report 12349. Brussels: CEN, 1996
 16. FÄRKILLÄ M, PYYKKÖ I, JÄNTTI V, et al: Forestry workers exposed to vibration: a neurological study. *Br J Ind Med* 1988; 45: 188-192
 17. FUTATSUKA M, TSUKASA L, RYUTARO O, et al: An epidemiological study of the occurrence of vibration syndrome in a tropical rain forest area. *Proceedings of the 6th International Conference on Hand-Arm Vibration*. Sankt Augustin: HVGB, 1993: 379-386
 18. FUTATSUKA M, UENO T, SAKURAI T: Cohort study of vibration-induced white finger among Japanese forest workers over 30 years. *Int Arch Occup Environ Health* 1989; 61: 503-506
 19. GEMNE G, LUNDSTRÖM R, HANSSON JE: *Disorders induced by work with hand-held vibrating tools*. *Arbete och Hälsa*, 1993: No 6
 20. GRIFFIN MJ: *Handbook of human vibration*. London: Academic Press, 1990
 21. HAGBERG M, MORGENSTERN H, KELSH M: Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel syndrome. *Scand J Work Environ Health* 1992; 18: 337-345
 22. HAGBERG M, SILVERSTEIN B, WELLS R, et al: *Work related musculoskeletal disorders (WMSDs). A reference book for prevention*. London: Taylor & Francis, 1995
 23. HELLSTRÖM B, LANGE ANDERSEN K: Vibration injuries in Norwegian forest workers. *Br J Ind Med* 1972; 29: 255-263
 24. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: *Forestry machinery - Chain saws - Measurement of hand-transmitted vibration*. Geneva: ISO 7505, 1986
 25. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: *Forestry machinery - Brush saws - Measurement of hand-transmitted vibration*. Geneva: ISO 7916, 1991
 26. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: *Mechanical vibration - Measurement and the evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General requirements*. Geneva: ISO 5349-1, 2001
 27. KOSKIMIES K, FÄRKKILÄ M, PYYKKÖ I, et al: Carpal tunnel syndrome in vibration disease. *Br J Ind Med* 1990; 47: 411-416
 28. KOSKIMIES K, PYYKKÖ I, STARCK J, INABA R: Vibration syndrome among Finnish forest workers between 1972 and 1990. *Int Arch Occup Environ Health* 1992; 64: 251-256
 29. LUNDBORG G, DAHLIN LB, HANSSON HA, PYYKKÖ I: Intraneural edema following exposure to vibration. *Scand J Work Environ Health* 1987; 13: 326-329
 30. LUNDSTRÖM R: Responses of mechanoreceptive afferent units in glabrous skin of the human hand to vibration. *Scand J Work Environ Health* 1986; 12: 413-416
 31. LUNDSTRÖM R, JOHANSSON RS: Acute impairment of the sensitivity of skin mechanoreceptive units caused by vibration exposure of the hand. *Ergonomics* 1986; 29: 687-698
 32. MIRBOD SM, YOSHIDA H, NAGATA C, et al: Hand-arm vibration syndrome and its prevalence in the present status of private forestry enterprises in Japan. *Int Arch Occup Environ Health* 1992; 64: 93-99
 33. NILSSON T, HAGBERG M, BURSTRÖM L, KIHLEBERG S: Impaired nerve conduction in the carpal tunnel of platers and truck assemblers exposed to hand-arm vibration. *Scand J Work Environ Health* 1994; 20: 189-199
 34. PETERSEN R, ANDERSEN M, MIKKELSEN S, NIELSEN SL: Prognosis of vibration induced white finger: a follow up study. *Occup Environ Med* 1995; 52: 110-115
 35. REMPEL D, EVANOFF B, AMADIO PC, et al: Consensus criteria for classification of carpal tunnel syndrome in epidemiologic studies. *Am J Public Health* 1998; 88: 1447-1451

36. RESEARCH NETWORK ON DETECTION AND PREVENTION OF INJURIES DUE TO OCCUPATIONAL VIBRATION EXPOSURES (Vibration Injury Network, VINET). *Final Report to the European Commission*. Brussels: EC BIOMED 2 concerted action - project No. BMH4-CT98-3251: 2001
37. RIDDLE HFV, TAYLOR W: Vibration-induced white finger among chainsawyers nine years after the introduction of anti-vibration measures. In Brammer AJ, Taylor W (eds): *Vibration Effects on the Hand and Arm in Industry*. New York: Wiley & Sons, 1982: 169-172
38. SILVERSTEIN BA, FINE LJ, ARMSTRONG TJ: Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *Am J Ind Med* 1987; 11: 343-358
39. STOCKHOLM WORKSHOP 94: *Hand-arm vibration syndrome: Diagnostics and quantitative relationships to exposure*. *Arbete och Hälsa*, 1995: No 5
40. STRÖMBERG T, DAHLIN LB, BRUN A, LUNDBORG G: Structural nerve changes at wrist level in workers exposed to vibration. *Occup Environ Med* 1997; 54: 307-311
41. SUTINEN P, KOSKIMIES K, BRAMMER AJ, et al: Five-year follow-up of hand-arm vibration syndrome in forestry workers. *Proceedings of the 9th International Conference on Hand-Arm Vibration*. Nancy (France): INRS, 5-8 June 2001 (abstract)
42. TAKEUCHI T, FUTATSUKA M, IMANISHI H, YAMADA S: Pathological changes observed in the finger biopsy of patients with vibration-induced white finger. *Scand J Work Environ Health* 1986; 12: 280-283
43. TAKEUCHI T, TAKEYA M, IMANISHI H: Ultrastructural changes in peripheral nerves of the fingers of three vibration-exposed persons with Raynaud's phenomenon. *Scand J Work Environ Health* 1988; 14: 31-35
44. TAYLOR W, PELMEAR PL, HEMPSTOCK TI, et al: A longitudinal study of Raynaud's phenomenon in chain saw operators. In Taylor W, Pelmeare PL (eds): *Vibration White Finger in Industry*. London: Academic Press, 1975: 15-20
45. TOMIDA K, MIYAI N, YAMAMOTO H, MIRBOD SM, et al: A cohort study on Raynaud's phenomenon in workers exposed to low level hand-arm vibration. *J Occup Health* 2000; 42: 292-296
46. WIESLANDER G, NORBÄCK D, GÖTHE CJ, JUHLIN L: Carpal tunnel syndrome (CTS) and exposure to vibration, repetitive wrist movements, and heavy manual work: a case-referent study. *Br J Ind Med* 1989; 46: 43-47

RINGRAZIAMENTO: *Questo studio è stato realizzato con il supporto finanziario dell'ISPESL nell'ambito delle attività di ricerca in collaborazione con contributo modale (convenzione n. CM-1/01). Gli Autori desiderano ringraziare il Sig. Aldo Pieroni e il Dr. Enrico Marchetti del Dipartimento di Igiene del Lavoro dell'ISPESL (Roma), la Dr.ssa Elisabetta Mon e il Dr. Gianpiero Girardi dell'Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari della Provincia Autonoma di Trento, e il Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento per la preziosa collaborazione prestata nella raccolta dei dati epidemiologici e di igiene industriale presentati in questo studio*

Metodologia per la valutazione dell'esposizione cutanea professionale

G. MAINA, FRANCESCA LARESE FILLON*, P. SARTORELLI**, G.A. BOARIO

UOADU Servizio di Tossicologia ed Epidemiologia Industriale, Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Torino

* UCO Medicina del Lavoro, Università di Trieste

** Sezione di Medicina del Lavoro, Dipartimento di Medicina Clinica e Scienze Immunologiche, Università degli Studi di Siena

KEY WORDS

Occupational dermal exposure; skin contamination; dermal exposure assessment

SUMMARY

«**Occupational dermal exposure to chemicals: a methodological proposal**». **Background:** Dermal risk assessment of exposure to chemicals is difficult due to the lack of standardisation of the methods used in exposure quantification; further limits concern the extent of skin contamination and especially dermal absorption of different substances. To solve these problems many authors proposed conceptual models founded on theoretical assumptions and experimental data, but their use in occupational settings revealed many difficulties. A possible alternative is the use of a check-list that permits evaluation of occupational dermal contamination hazards. **Aims:** To propose a simplified method for dermal risk assessment. **Methods:** Dermal contamination risk evaluation, chemical hazard quantification and duration of exposure are the basic features of the method. The first step assesses working conditions, use of protective devices, skin contamination directly observed, personal hygiene of workers: all information, collected by a trained observer, is scored according to literature data and/or to authors' personal experience. Chemical hazard quantification is obtained from safety data sheet evaluation (R phrases classification and chemical-physical characteristics of the chemical in use). The method allows a preliminary dermal exposure assessment to be made, subdivided on hazard bands. **Results:** The method permits a rapid dermal exposure assessment to be made and suggests intervention measures to decrease dermal risk. **Conclusions:** A check-list is proposed that can be a useful and easy method to assess dermal exposure to chemicals, particularly in small- and medium-sized enterprises.

RIASSUNTO

La valutazione dell'assorbimento cutaneo di tossici industriali risulta molto complessa sin dalla fase della misura dell'esposizione a causa dell'insufficiente standardizzazione e validazione delle tecniche di campionamento; ulteriori difficoltà si incontrano nel valutare l'estensione della contaminazione, le differenze regionali di permeabilità della cute, l'influenza dei comportamenti degli esposti. Dati relativi alla penetrazione cutanea sono disponibili solo per pochi tossici e ciò introduce un ulteriore elemento di incertezza nel processo di valutazione del rischio cutaneo. Per superare questi limiti sono stati elaborati modelli predittivi teorici che si rivelano di difficile applicazione, specie nelle realtà lavorative di aziende di piccole e medie dimensioni. Scopo del lavoro è la elaborazione di una metodolo-

Pervenuto il 19.11.2003 - Accettato il 26.2.2004

Corrispondenza: Dott. Giovanni Maina, UOADU Servizio di Tossicologia ed Epidemiologia Industriale, Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro, Università di Torino, Via Zuretti 29, 10126 Torino

Tel. 011/6933478 - Fax 011/6933662 - E-mail: giovanni.maina@unito.it

Il lavoro è stato parzialmente oggetto di comunicazione orale al 66° Congresso SIMLII, Bari, 15-18 Ottobre 2003

gia semplificata che permetta una valutazione di primo livello della pericolosità della contaminazione cutanea occupazionale. Il modello si articola in tre fasi che definiscono i parametri determinanti la valutazione: rischio di contaminazione, pericolosità del prodotto, durata dell'esposizione. Le singole fasi sono costruite da variabili, sistematizzate in sessioni, cui è assegnato un punteggio sulla base delle indicazioni di letteratura e delle esperienze maturate dagli autori. Il modello, validato su una prima serie di osservazioni, consente di formulare un giudizio espresso in fasce di pericolosità, di ordinare per priorità i fattori determinanti il rischio di contaminazione cutanea su cui intervenire e di verificare l'efficacia degli interventi messi in atto.

INTRODUZIONE

L'attenzione riservata, specie in ambito internazionale negli ultimi anni, alla via di assorbimento cutaneo di tossici industriali ha messo in evidenza la complessità dei problemi che sottendono a questo argomento. Nel processo di valutazione del rischio, la misura dell'esposizione dei tossici industriali assorbiti per via inalatoria si avvale di tecniche di campionamento e di analisi affidabili, mentre molte incertezze si presentano nella valutazione dell'esposizione per via dermica e, in misura ancora maggiore, nella valutazione della fase tossicocinetica vera e propria: il passaggio percutaneo, i meccanismi biotrasformativi che si verificano in questa sede. Limitando l'attenzione alla misura dell'esposizione cutanea, gli strumenti messi oggi a disposizione dall'Igiene Industriale non risultano soddisfacenti nella generalità degli scenari lavorativi: le tecniche di campionamento utilizzate a questo scopo – tecniche dei surrogati cutanei (15), tecniche di rimozione (2), tecniche con traccianti fluorescenti (4) – presentano limitazioni in ordine all'accuratezza della misura ed, in particolare, alla difficoltà della loro interpretazione (6); le stesse strategie di campionamento (durata della misura, sede e momento del campionamento) rispondono più all'interesse specifico che il ricercatore ha in quel momento che basarsi su criteri consolidati. Ulteriori difficoltà (12) si incontrano nel confrontare i risultati della misura con i corrispondenti valori limite cutanei (DOELs) che sono ad oggi disponibili per un numero molto limitato sostanze chimiche.

Per superare queste incertezze sono stati elaborati numerosi *conceptual models* (3, 7, 10, 13, 16) che, partendo da assunti teorici, utilizzano informazioni sulle caratteristiche fisico-chimiche delle sostanze e dati sperimentali per stimare l'assorbi-

mento cutaneo. Questi modelli predittivi (*Quantitative structure-activity relationship models* - QSARs) non sono di fatto ad oggi applicabili nel campo della valutazione del rischio perché mancano di adeguata validazione (14) e perché disponibili per poche sostanze.

Negli ambienti di lavoro vi è, specie nelle aziende di piccole e medie dimensioni, la necessità di valutare la contaminazione cutanea ed il conseguente rischio di assorbimento in modo agevole e semplificato al fine di poter dare indicazioni di rischio sul posto di lavoro. Allo scopo di fornire uno strumento metodologico utilizzabile in sede di valutazione del rischio chimico gli autori, sulla base delle esperienze maturate dalla partecipazione al *Dermal Exposure Network* (8) ed ai progetti di ricerca europei RISKOFDERM (9, 11) ed EDETOX (5) e sulla base dei dati presenti in letteratura, hanno elaborato una *check-list* semplificata, di facile applicazione, utilizzabile dal medico competente o da persona addestrata nella valutazione ragionata della contaminazione dermica in ambito lavorativo e nella sua gestione. Obiettivi della *check-list* sono:

- elaborare una metodologia semplificata per la valutazione della contaminazione cutanea;
- calcolarne la pericolosità in funzione di selezionati parametri (caratteristiche del prodotto chimico, caratteristiche dell'esposizione) individuati sulla base dei dati di letteratura;
- identificare le priorità di intervento e valutarne l'efficacia.

STRUTTURA DELLA CHECK-LIST

La *check-list* è concettualmente articolata in tre fasi che identificano i momenti portanti la metodologia:

- 1) valutazione del rischio di contaminazione cutanea presente nel compito lavorativo in esame;
- 2) valutazione della pericolosità del prodotto manipolato;
- 3) durata dell'esposizione (figura 1).

La prima fase (figura 2) si compone di cinque sessioni ognuna delle quali dedicata ad un fattore determinante il rischio di contaminazione: compito lavorativo, dispositivi di protezione individuali, descrizione della contaminazione nelle condizioni di osservazione, lavoratore, ambiente di lavoro. Ogni sessione è costituita da un insieme di *items* che esplorano il contributo di singole variabili: così, ad esempio, il formarsi di particelle solide e le loro dimensioni, la distanza e l'orientamento degli strumenti di lavoro come elementi caratterizzanti il rischio proprio della sessione "attività lavorativa"; la tipologia, la frequenza di sostituzione, la durata di utilizzo dei guanti protettivi sono elementi caratterizzanti il grado di protezione offerto dai dispositivi di protezione individuali nella sessione "DPI"; nella sessione "lavoratore" la frequenza e le modalità di pulizia delle mani sono elementi caratterizzanti l'attenzione igienica del lavoratore.

All'interno delle singole sessioni gli *items* sono funzionalmente raggruppati e ad essi è attribuito un punteggio predefinito. Questi valori sono assegnati secondo un rationale che è legato sia all'esperienza che ad indicazioni di letteratura.

La seconda fase (valutazione della pericolosità del prodotto) è strutturata in *items* funzionalmente in-

tegrati in tre gruppi: caratteristiche fisico-chimiche (stato fisico, solubilità, punto di ebollizione se liquido), dati tossicologici (LD50 dermica), frasi "R". Le informazioni relative, ricavabili dalle schede di sicurezza dei prodotti manipolati nello svolgimento del compito oggetto di valutazione, consentono una valutazione "pesata" in base a punteggi assegnati secondo la criteriologia già indicata nella fase precedente: in particolare, la suddivisione in categorie delle frasi R è stata ripresa dal modello HSE (1). In questa sessione il punteggio assegnato alle frasi "R" assume un peso decisivo tanto da condizionare per oltre l'80% il risultato della sessione stessa: ciò in conseguenza della rilevanza che la pericolosità intrinseca del contaminante chimico assume.

Dal momento che, in via preliminare, non è possibile né corretto quantificare il contributo che ogni singola sessione fornisce alla valutazione della contaminazione, il valore arbitrario "10" rappresenta il punteggio massimo attribuibile ad ognuna delle 6 sessioni. Per ottenere quindi il punteggio finale di ogni sessione, si è stabilito di rapportare a tale valore arbitrario l'effettivo risultato dalla somma dei punteggi dei diversi *items* di ogni singola sessione: il punteggio di ogni sessione risulta quindi compreso nel range 1-10. Il valutatore, completata l'osservazione ed annotati i punteggi della prima fase, acquisite le informazioni dalle schede di sicurezza (seconda fase), procede al calcolo dei punteggi delle singole sessioni, secondo le indicazioni della *check-list* (figura 2; tabella 2, punti a e b).

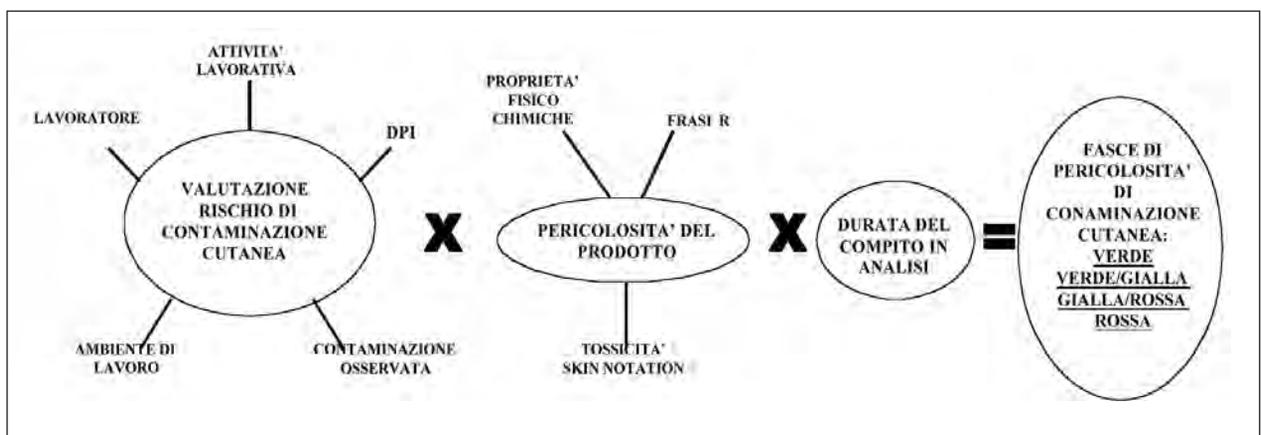


Figura 1 - Struttura della *check-list*

SESSIONE 1: ATTIVITA' LAVORATIVA

1.1 Caratteristiche del lavoro:

0 = ciclo chiuso senza interventi manuali;
2 = ciclo parz. chiuso o con sporadici interventi manuali;
4 = ciclo aperto o con costanti interventi manuali

1.2 Possibilità di lesioni cutanee (ferite, abrasioni,...):

0 = assente; 1 = modesta; 2 = elevata

1.3 Il contatto (imbrattamento) con contaminanti è:

0 = nullo; 1 = occasionale; 2 = frequente; 3 = costante

1.4 Posizione degli strumenti di lavoro rispetto al soggetto:

0 = in basso; 2 = allo stesso livello; 3 = sopra

1.5 Distanza del lavoratore dai contaminanti:

0 = più di un braccio; 2 = circa un braccio (30-80 cm)
3 = meno di un braccio

1.6 Uso di pistola o altro strumento a spruzzo:

0 = no; 2 = occasionale; 4 = frequente

1.7 Formazione di polveri:

0 = assente; 1 = scarsa; 3 = modesta; 4 = abbondante

1.8 Dimensioni prevalenti delle particelle prodotte dall'attività lavorativa (solo se 1.7 ≠ 0)

0 = dimensioni > granuli; 1 = granuli;
2 = polvere palpabile (sabbia fine);
3 = polvere fine impalpabile (<70 micron)

1.9 Formazione di vapori o aerosol:

0 = assente; 1 = scarsa; 3 = modesta; 4 = abbondante

1.10 Presenza di aspirazione localizzata:

0 = sì, efficace o non necessaria;
1 = sì ma parzialmente efficace; 2 = inefficace

I valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/32] + 1 = | _ | _ |$

II valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/32] + 1 = | _ | _ |$

SESSIONE 2: DISPOSITIVI di PROTEZIONE INDIVIDUALE

2.1 DPI PER LE MANI:

2.1.1 Impiego di guanti protettivi:
0 = sì; 20 = no

se alla precedente domanda hai risposto "no" prosegui dalla domanda 2.1.9

- 2.1.2 Il materiale è idoneo al tipo di contaminante?
0 = sì; 3 = no;
- 2.1.3 La durata limite del materiale è idonea rispetto alla modalità di utilizzo?
0 = sì; 3 = no;
- 2.1.4 Tipo di guanti a disposizione:
0 = usa e getta adeguati al prodotto manipolato;
1 = riutilizzabili ma adeguati al prodotto manipolato;
2 = usa e getta non adeguati al prodotto manipolato;
3 = riutilizzabili non adeguati al prodotto manipolato;
- 2.1.5 Stato dei guanti utilizzati:
0 = nuovi; 1 = non nuovi ma in buone condizioni;
3 = usati non in buone condizioni

delle prossime due domande, rispondi solo a quella pertinente al caso in oggetto

- 2.1.6 Frequenza del cambio dei guanti monouso:
0 = numerose volte al giorno o in presenza di lievi segni di usura;
1 = prima delle pause o in presenza di evidenti segni di usura;
3 = poche volte al giorno o solo in presenza di vistosi segni di usura;
- 2.1.7 frequenza del cambio dei guanti riutilizzabili:
0 = a scadenze prefissate o comunque in presenza di lievi segni di usura;
1 = a scadenze prefissate o comunque in presenza di evidenti segni di usura;
3 = solo in presenza di vistosi segni di usura;

2.1.8 Tempo di utilizzo dei guanti:

0 = >90% della durata del compito;
3 = 10 - 90% della durata del compito;
6 = <10% della durata del compito;

2.1.9 Vigè per la mansione in oggetto uno specifico obbligo d'uso dei guanti emanato dall'azienda?
0 = sì; 3 = no;

2.1.10 Impiego di crema barriera:
0 = sì; 2 = no

2.2 DPI PER ALTRE PARTI DEL CORPO:

- 2.2.1 Protezione della pelle:
0 = impiego di abiti da lavoro, tute, grembiuli e/o manicotti idonei alla protezione da agenti chimici;
1 = impiego di abiti da lavoro non specificamente idonei alla protezione chimica, generalmente sovrapposti ai comuni indumenti "lunghi";
2 = impiego di abiti da lavoro non specificamente idonei alla protezione chimica, spesso sovrapposti ai comuni indumenti "corti" (maglietta, pantaloncino, gonna corta,...);
4 = non impiego di abiti da lavoro o di generici indumenti protettivi per braccia e gambe;
- 2.2.2 Sostituzione di indumenti contaminati:
0 = appena contaminati; 1 = più volte al giorno;
2 = una volta al giorno;
3 = più di una volta alla settimana;
4 = Una volta alla settimana o più raramente;
- 2.2.3 Tempo di utilizzo degli abiti da lavoro:
0 = > 90% della durata del compito;
3 = 10 - 90% della durata del compito;
6 = < 10% della durata del compito

I valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/40] + 1 = | _ | _ |$

II valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/40] + 1 = | _ | _ |$

Figura 2 - Check-list per la valutazione della pericolosità della contaminazione cutanea

SESSIONE 3: DESCRIZIONE DEL CONTATTO CUTANEO OSSERVATO

Parte del corpo contaminata	Contaminazione 0 = no 1 = si	N. parti contaminate	Protezione 1 = completamente coperti da DPI idonei 5 = parzialmente coperti o coperti da DPI non idonei 10 = non coperti (sono ammessi punteggi intermedi)	Estensione di contaminazione 1 = < 10% della superficie 5 = 10- 50% della superficie 10 = > 50% della superficie
Mano/dita (sup. palm)				
Mano/dita (sup. dorsale)				
Polso/Avambraccio				
Braccio				
Testa/Collo				
Tronco				
Coscia				
Gamba/piede				
Totali				

3.1 Il prodotto crea disturbo al lavoratore ?

- 0 = no;
 2 = colora la pelle;
 3 = la contaminazione della cute è difficile da pulire;
 4 = effetto fastidioso e/o irritante sulla pelle

I valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/186] + 1 = | _ | _ |$
II valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/186] + 1 = | _ | _ |$

SESSIONE 4: LAVORATORE**4.1 Livello di formazione/esperienza del lavoratore nella mansione specifica:**

- 0 = elevato; 1 = medio; 2 = basso

4.2 Frequenza della pulizia delle mani:

- 0 = numerose volte al giorno;
 1 = dopo ogni contaminazione;
 2 = prima delle pause;
 3 = abitualmente solo a fine turno;
 4 = raramente e non sempre a fine turno

4.3 Modalità di pulizia delle mani:

- 0 = ottimale (ad es.: acqua + idonei detergenti/solventi + spazzola/spugna abrasiva);
 1 = buona (ad es.: con acqua + altre sostanze);
 3 = poco efficace (ad es.: con acqua + stracci o carta, senza detergenti);
 4 = inadeguata (ad es.: con stracci o carta senza acqua o detergenti)

I valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/10] + 1 = | _ | _ |$
II valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/10] + 1 = | _ | _ |$

SESSIONE 5: AMBIENTE DI LAVORO**5.1 Frequenza di Pulizia del posto di lavoro:**

- 0 = giornaliera con impiego di acqua/detergenti;
 2 = settimanale con o senza impiego di acqua/detergenti;
 3 = meno di una volta/settimana

5.2 Contaminazione da altre postazioni:

- 0 = non possibile; 1 = possibile; 2 = frequente;
 3 = costante

5.3 Localizzazione del posto di lavoro:

- 0 = outdoor; 1 = indoor

I valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/10] + 1 = | _ | _ |$
II valutazione: $[(\text{somma valori ottenuti } X9)/10] + 1 = | _ | _ |$

Figura 2 - Check-list per la valutazione della pericolosità della contaminazione cutanea

SESSIONE 6: CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI UTILIZZATI

(Compilare una scheda per ogni prodotto utilizzato)

6.1 Identificazione della sostanza/preparato:

Nome della sostanza/preparato:

6.2 Proprietà fisico/chimiche:

6.2.1 Stato fisico:

- 1 = materiale solido e compatto; 2 = materiale solido in granuli;
- 3 = polvere; 4 = pasta; 5 = liquido oleoso/cremoso;
- 6 = liquido acquoso; 6 = gas/vapore

6.2.2 Punto di ebollizione (se liquido):

- 1 = >150°C; 2 = >50 <150°C (o dato non disponibile)
- 3 = <50°C

6.2.3 Solubilità:

- 1 = idrosolubile; 2= dato non disponibile; 3 = liposolubile

6.3 Tossicità (LD50 via dermica):

- 1 = ≥1 g/kg; 2= dato non disponibile; 3 = < 1g/kg

6.4 Etichettatura del prodotto utilizzato

(indicare solo quella con significato di > pericolosità):

ETICHETTATURA (PUNTO 15 SDS)	PUNTEGGIO ASSEGNARE
R27 e combinazioni, R33, R40, R46, R48/24, R60, R61, R62, R63	80
R43 e combinazioni	60
R24 e combinazioni se non diversamente specificato, R34, R35, R48/21 e combinazioni, R68, R68/21 e combinazioni	40
R21 e combinazioni se non diversamente specificato	20
R38 e combinazioni, R66	10
Nessuna delle precedenti	0

(In caso di R45 = fascia di rischio ROSSA)

6.5 Notazione "skin"(ACGIH); "H" (MAK); "pelle" (OELS)

- 1 = no; 3 = si

Modalità di calcolo della sessione/i 6:

- Se **non** sono utilizzati contemporaneamente altri prodotti SOMMA i punteggi ottenuti ai punti 6.2 - 6.3 - 6.4 - 6.5 e inserisci il risultato direttamente nella formula della proporzione:

I valutazione: $[(\text{somma valori } X \ 9) / 98] + 1 = | _ | _ |$

II valutazione: $[(\text{somma valori } X \ 9) / 98] + 1 = | _ | _ |$

- Se più sostanze sono utilizzate contemporaneamente fai la media dei risultati delle somme (schede 6a, 6b, 6c, ...) e inserisci il risultato nella formula della proporzione:

I valutazione: $[(\text{media della somma valori } X \ 9) / 98] + 1 = | _ | _ |$

II valutazione: $[(\text{media della somma valori } X \ 9) / 98] + 1 = | _ | _ |$

Tabella 1:

Durata di esposizione/manipolazione del prodotto/i durante il compito lavorativo:

Tempo in ore	Valore da utilizzare per la ponderazione
< 1	0,125
1 - 4	0,5
4 - 6	0,75
> 6	1

Tabella 2

MODALITA' DI CALCOLO

a) **CALCOLA IL RISCHIO DI CONTAMINAZIONE CUTANEA: 1° valore** = $| _ | _ | - | _ | _ |$
(Risultato finale sessione 1 + sessione 2 + sessione 3 + sessione 4 + sessione 5)

b) **CALCOLA LA PERICOLOSITA' DEI PRODOTTI UTILIZZATI: 2° valore** = $| _ | _ | - | _ | _ |$
(Per ogni prodotto impiegato compila la sessione 6 e calcola il valore seguendo le specifiche indicazioni)

c) **CALCOLA IL PERICOLO COMPLESSIVO DI CONTAMINAZIONE CUTANEA PONDERATO NEL TEMPO**
(Moltiplica il **1° valore** con il **2° valore**, quindi pondera il numero così ottenuto moltiplicandolo per il valore indicato nella tabella 1 (durata di esposizione). Il risultato così ottenuto potrà essere inserito nelle opportune fasce di rischio (che definiscono le priorità di interventi correttivi))

RISULTATO FINALE (I valutazione): $[(1^\circ \text{ valore } X \ 2^\circ \text{ valore}) X (\text{tempo di esposizione})] = | _ | _ | _ |$

RISULTATO FINALE (II valutazione): $[(1^\circ \text{ valore } X \ 2^\circ \text{ valore}) X (\text{tempo di esposizione})] = | _ | _ | _ |$

Tabella 3

FASCE DI RISCHIO

Score	Fascia di pericolosità
<10	Verde
10-50	Verde/Gialla
50-100	Gialla/Rossa
>100	Rossa

Figura 2 - Check-list per la valutazione della pericolosità della contaminazione cutanea

La terza fase prevede la ponderazione per il tempo di effettiva durata del compito lavorativo oggetto di valutazione: il valore di ponderazione (figura 2; tabella 1) rappresenta il fattore “durata dell’esposizione” e corrisponde alla percentuale di tempo rispetto ad un turno di lavoro (8 ore).

I risultati della valutazione di ciascuna delle tre fasi rappresentano fattori determinanti e corrispondono ad altrettanti passaggi (figura 2; tabella 2, punto c) di una formula che permette di ottenere la valutazione della pericolosità della contaminazione dermica che il compito lavorativo in esame comporta:

$$CC_{(p)} = CC_{(t)} \times P_{(p)} \times t_{(esp)}$$

dove:

$CC_{(p)}$ =pericolosità della contaminazione cutanea;

$CC_{(t)}$ =rischio di contaminazione cutanea;

$P_{(p)}$ =pericolosità del prodotto;

$t_{(esp)}$ = durata dell’esposizione.

Il risultato finale ($CC_{(p)}$) è un punteggio che rappresenta la pericolosità della contaminazione cutanea del compito lavorativo in analisi; questo valore viene inserito in uno *score* cui corrispondono quattro fasce (figura 2; tabella 3). Se il punteggio si colloca in una fascia superiore alla verde il valutatore ripete l’osservazione dopo avere individuato e corretto le fasi che sono risultate critiche: al termine della seconda valutazione il risultato sarà tanto migliore quanto più efficace sarà stato l’intervento correttivo.

La validazione della *check-list*, realizzata mediante 75 osservazioni condotte in aziende di piccole e medie dimensioni, ha permesso di identificare le fasce di punteggi cui corrispondono le fasce di pericolosità.

CONCLUSIONI

La *check-list* si propone come una metodologia semplificata per una valutazione di primo livello della pericolosità della contaminazione cutanea professionale per esposizione a sostanze chimiche. I risultati della valutazione, espressi in fasce di pericolosità, consentono l’identificazione e la definizione semiquantitativa di un rischio spesso sottovalutato.

La *check-list* non intende sostituirsi alle tecniche che l’Igiene Industriale ha messo a punto per la valutazione della contaminazione cutanea in ambito lavorativo, ma piuttosto offrire un agevole strumento per una ricognizione dei fattori che, sul posto di lavoro, la condizionano. Proprio sulla base di tale analisi preliminare l’impiego delle tecniche igienistico-industriali (tecniche dei surrogati cutanei, tecniche di rimozione, tecniche con traccianti, metodi indiretti) diventa più mirata ed efficace.

L’osservazione standardizzata dell’esposizione è alla base della struttura del metodo: consente di ordinare per priorità i fattori determinanti il rischio di contaminazione (attività lavorativa, caratteristiche dei dispositivi di protezione individuale, lavoratore, ambiente di lavoro) su cui promuovere interventi migliorativi e verificarne l’efficacia. Anche le caratteristiche dei prodotti non sfuggono alla valutazione potendo consigliarne la sostituzione in determinate situazioni.

La *check-list* presenta alcune inevitabili semplificazioni: dal momento che la conoscenza disponibile sul peso dei singoli determinanti è assente, incerta o controversa, i valori assegnati agli *items* sono attribuiti prevalentemente sulla base di assunzioni di esperienza, ma tale semplificazione consente comunque un approccio al problema ed una sua valutazione ragionata. Proprio per questo motivo il valutatore ha un compito delicato ed impegnativo: ne deriva che la figura professionale del valutatore è individuabile nel medico competente o in persona adeguatamente formata *ad hoc* (tecnico della prevenzione, ecc.). Un ulteriore fattore limitante è il tempo necessario per la compilazione (15-20 minuti) e per l’addestramento del valutatore. La validazione della *check-list* che è in corso di realizzazione in una estesa e diversificata tipologia di situazioni lavorative permetterà, nelle intenzioni degli autori, di migliorare gli aspetti metodologici che necessitano ancora di una più precisa definizione; contestualmente vengono eseguite misure di esposizione cutanea utilizzando diverse tecniche di campionamento allo scopo di verificare l’affidabilità della stessa *check-list*.

Si tratta pertanto di uno strumento pratico, utile da un lato per condurre una valutazione guidata delle condizioni di esposizione, dall’altro per cor-

reggere i momenti identificati come determinanti la contaminazione e verificare l'efficacia degli interventi eseguiti.

La *check-list* vuole essere un primo approccio a cui seguirebbe, anche in funzione dei risultati di eventuali misure igienistico-industriali, la valutazione dell'assorbimento del tossico da eseguirsi con l'applicazione di modelli predittivi, conoscendo da un lato la superficie cutanea contaminata e dall'altro il flusso della sostanza attraverso la cute.

BIBLIOGRAFIA

1. BROOKE IM: A UK scheme to help small firms control health risks from chemicals: toxicological considerations. *Ann Occup Hyg* 1998; *42*: 377-389
2. BROUWER DH, BOENIGER MF, VAN HEMMEN JJ: Hand wash and manual skin wipes. *Ann Occup Hyg* 2000; *44*: 501-510
3. BROUWER DH, SEMPLE S, MARQUAT J, et al: A dermal model for spray painters. Part I. Subjective exposure modelling of spray paint deposition. *Ann Occup Hyg* 2001; *45*: 15-23
4. CHERRIE JW, BROUWER DH, ROFF M, et al: Use of qualitative and quantitative fluorescence techniques to assess dermal exposure. *Ann Occup Hyg* 2001; *44*: 519-522
5. EDETOX Contract No. QLK 4--2000-00196 5 th Framework Programme of the European Community
6. FENSKE RA: Dermal exposure assessment techniques. *Ann Occup Hyg* 1993; *37*: 687-706
7. FISEROVA-BERGEROVA V, PIERCHE TJ, DROZ PON: Dermal absorption potential of industrial chemicals: criteria for skin notation. *Am J Indust Med* 1990; *17*: 617-635
8. LARESE F, SARTORELLI P, SCANSETTI G: Assorbimento percutaneo dei tossici industriali: il Dermal Exposure Network (DEN) dell'Unione Europea. *Med Lav* 1998; *89*: 538-544
9. MAINA G, LARESE F, SARTORELLI P, e coll: RISKOF-*DERM*: Un progetto europeo per la valutazione dell'esposizione per via cutanea a tossici industriali. *Med Lav* 2002; *93*: 73-79
10. PAUSTENBACH DJ: The practice of exposure assessment: a state of the art review. *J Tox Environ Health* 2000; *3*: 179-291
11. RISKOFDERM. Contract No. QLK 4-CT-1999-01107. 5th Framework Programme of the European Community
12. SARTORELLI P: Dermal exposure assessment in occupational medicine. *Occup Med* 2002; *52*: 151-156
13. SCHNEIDER T, VERMEULEN R, BROUWER DH, et al: Conceptual model for assessment of dermal exposure. *Occup Environ Med* 1999; *56*: 765-773
14. SHAEFER H, REDELMEIER TE: *Skin Barrier*. Basel: Karger, 1996
15. SOUTAR A, SEMPLE S, AITKEN RJ, et al: Use of patches and whole body sampling for the assessment of dermal exposure. *Ann Occup Hyg* 2000; *44*: 511-518
16. VAN-WENDEL-DE-JOODE B, BROUWER DH, VERMEULEN R, et al: DREAM: a method for semi-quantitative dermal exposure assessment. *Ann Occup Hyg* 2003; *1*: 71-87

Metodo OCRA: aggiornamento dei valori di riferimento e dei modelli di previsione della frequenza di patologie muscolo-scheletriche correlate al lavoro degli arti superiori (UL-WMSDs) in popolazioni lavorative esposte a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori

E. OCCHIPINTI, DANIELA COLOMBINI

Unità di Ricerca epm - UOOML - CEMOC A.O. ICP Milano

KEY WORDS

Repetitive movements; WMSDs; risk assessment; upper limbs

SUMMARY

«*The OCRA Method: updating of reference values and prediction models of occurrence of work-related musculo-skeletal diseases of the upper limbs (UL-WMSDs) in working populations exposed to repetitive movements and exertions of the upper limbs*». **Background:** *The paper considers a database of old (already published) and new data concerning 23 groups of workers (Total number of subjects examined=5373) with different levels of exposure to repetitive movements of the upper limbs: for all these groups data were available regarding exposure indexes (OCRA index and Checklist "OCRA" score) and clinically determined UL-WMSD outcomes (PA=Prevalence of workers Affected by one or more UL-WMSDs; PC=Prevalence of single diagnosed Cases of an UL-WMSDs).* **Objectives:** *Using these data, the paper aimed at presenting and discussing the results obtained in order to estimate: new critical values of OCRA index for discriminating different exposure levels (green, yellow, red areas); new prediction models of expected PA and PC in exposed populations based on exposure indexes.* **Methods:** *New critical values of the OCRA index (and, consequently, of the checklist score) were estimated by an original approach in which data of the effect variable PA in a reference population not exposed to the specific risks were combined with the regression function between OCRA and PA, as resulting from the 23 available groups.* **Results:** *The resulting critical values and the consequent classification system of the OCRA index and of the checklist score are synthetically reported in the following table:*

Zone	OCRA values	Checklist values	Risk classification
Green	Up to 1.5	Up to A 5	Optimal
Yellow-green	1.6-2.2	5.1-7.5	Acceptable
Yellow	2.3-3.5	7.6-11	Borderline (very light)
Red-low	3.6-4.5	11.1-14	Light
Red-medium	4.6-9.0	14.1-22.5	Medium
Red-high	More than 9.0	More than 22.5	High

The best simple regression functions between exposure indexes (OCRA; checklist) and health outcome variables (PA; PC) were then sought, in order to obtain prediction models of effects starting from exposure. The following were the main prediction models derived from the available set of data (standard error of b in brackets):

- PA (Y) starting from OCRA index values: $Y=2.39(\pm 0.14)*OCRA$ $R^2=0.92$
- PC (Z) starting from OCRA index values: $Z=6.01(\pm 0.48)*OCRA$ $R^2=0.86$
- PA (Y) starting from checklist score values: $Y=CHECK^{1.004\pm(0.047)}$ $R^2=0.95$
- PC (Z) starting from checklist values: $Z=CHECK^{1.22\pm(0.052)}$ $R^2=0.95$

Finally, a multiple regression model was computed for estimating PA (Y) based on OCRA index and gender structure of the group ($SEXRATIO=n$. females \times 100/n. total) with its 5° and 95° percentiles (in brackets); the resulting model was:

$$Y = 2.02 (1.72-2.32) \times OCRA + 0.075 (0.035-0.115) \times SEXRATIO.$$

This model showed a very high association between the two independent variables and the effect variable (PA) ($R^2=0.96$). **Discussion:** Discussion of the results obtained considers their intrinsic limits, as they are based on prevalence studies, and also suggests due recommendations and caution in the use of the proposed classification system and prediction models when the OCRA methods are applied for the evaluation of occupational risk associated with repetitive movements of the upper limbs.

RIASSUNTO

Il presente lavoro si basa su di un set di vecchi (già pubblicati) e nuovi dati riguardanti 23 diversi gruppi di lavoratori (N. totale di soggetti esaminati=5373) aventi un diverso livello di esposizione a movimenti ripetitivi degli arti superiori: per tutti questi gruppi sono disponibili dati relativi agli indici di esposizione (indice OCRA e punteggio della checklist OCRA) ed agli effetti di salute, rappresentati da UL-WMSDS determinati clinicamente (PA =Prevalenza di lavoratori Affetti da uno o più UL-WMSDS; PC=Prevalenza di singoli Casi diagnosticati di UL-WMSDS). Utilizzando questi dati, il lavoro ha lo scopo di presentare e discutere i risultati elaborati per la stima di: nuovi valori critici dell'indice OCRA utili a discriminare differenti livelli di esposizione (area verde, gialla, rossa); nuovi modelli previsionali della PA e della PC attesa in una popolazione esposta, a partire dagli indici di esposizione. I nuovi valori critici dell'indice OCRA (e, di conseguenza, del punteggio della checklist) sono stati stimati attraverso un approccio originale nel quale i dati di PA in una popolazione di riferimento non esposta allo specifico rischio vengono combinati con la funzione di regressione tra OCRA e PA così come risultante nello specifico set di dati disponibili. I valori critici risultanti e il conseguente sistema di classificazione dell'indice OCRA e del punteggio della checklist sono riportati sinteticamente nella seguente tabella:

Zone	Valori OCRA	Valori checklist	Classificazione rischio
Verde	Fino a 1,5	Fino a 5	Ottimale
Giallo-verde	1,6-2,2	5,1-7,5	Accettabile
Giallo	2,3-3,5	7,6-11	Borderline (molto lieve)
Rosso-lieve	3,6-4,5	11,1-14	Lieve
Rosso-medio	4,6-9,0	14,1-22,5	Medio
Rosso-alto	Oltre 9,0	Oltre 22,5	Alto

Sono state quindi ricercate le migliori funzioni di regressione semplice tra indici di esposizione (OCRA; checklist) e variabili di effetto (PA; PC) al fine di ottenere modelli previsionali degli effetti a partire dall'esposizione. Quelli che seguono sono i principali modelli previsionali ottenuti dal set di dati disponibile (errore standard di b tra parentesi):

- PA (Y) a partire dai valori dell'indice OCRA: $Y=2,39(\pm 0,14)*OCRA$ $R^2=0,92$
- PC (Z) a partire dai valori dell'indice OCRA: $Z=6,01(\pm 0,48)*OCRA$ $R^2=0,86$
- PA (Y) a partire dai valori del punteggio checklist: $Y=CHECK^{1.004\pm(0.047)}$ $R^2=0,95$
- PC (Z) a partire dai valori del punteggio checklist: $Z=CHECK^{1.22\pm(0.052)}$ $R^2=0,95$

Infine, è stato ricercato e calcolato un modello di regressione multipla per la stima di PA (Y) a partire dall'indice OCRA e dalla struttura per genere del gruppo (SEXRATIO = n. femmine x 100 / n. totale); il modello risultante, con (in parentesi) i relativi 5° e 95° percentili è il seguente:

$$Y = 2,02 (1,72-2,32) \times OCRA + 0,075 (0,035-0,115) \times SEXRATIO.$$

Questo modello ha dimostrato una forte associazione tra le due variabili indipendenti e la variabile di effetto (PA) ($R^2=0,96$). La discussione dei risultati ottenuti prende in considerazione i loro limiti intrinseci, dovuti al fatto che gli stessi sono basati su studi di prevalenza e, al contempo, fornisce raccomandazioni e cautele nell'uso del sistema di classificazione e dei modelli previsionali proposti, laddove vengano applicati i metodi OCRA nella valutazione del rischio occupazionale connesso con i movimenti ripetitivi degli arti superiori.

INTRODUZIONE

Le patologie muscolo-scheletriche, correlate al lavoro, degli arti superiori costituiscono una "famiglia" di patologie per le quali è stata, nel complesso, dimostrata una importante associazione con lavori comportanti movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori e con specifici fattori meccanici di rischio (ripetitività dei gesti per lunghi periodi, uso di forza, posture incongrue, carenza di periodi di recupero ed altri ancora), in particolare quando gli stessi si presentano fra loro associati (10, 14).

In questa sede, coerentemente con le più recenti ed accreditate definizioni della letteratura (10), tali patologie saranno identificate con l'acronimo anglosassone di UL-WMSDs (*Upper Limb Work related Musculo Skeletal Disorders*).

Un recente documento di consenso prodotto da un gruppo tecnico della *International Ergonomics Association* (IEA), approvato ufficialmente anche dalla *International Commission of Occupational Health* (ICOH) (7), dopo aver identificato il modello generale, le procedure ed i criteri per la valutazione dell'esposizione lavorativa a movimenti ripetitivi degli arti superiori, sottolinea l'importanza di disporre di indici "sintetici" di esposizione, quali il "RULA" (12), lo *Strain Index* (13), l'"OCRA" (15) e lo stesso *ACGIH TLV for mono-task hand work* (1), che dovranno essere, in prospettiva, validati anche alla luce della loro relazione con gli effetti clinici qui considerati.

In precedenti pubblicazioni (4, 8, 9, 15, 16) gli Autori hanno presentato criteri, procedure e strumenti del metodo OCRA (*OCcupational Repetitive Actions*) per la stima e la valutazione dell'esposizione al rischio negli addetti a lavori con movimenti e

sforzi ripetuti degli arti superiori. In particolare, gli strumenti consistono nell'indice OCRA e nella più semplice *checklist* OCRA. Per l'indice OCRA, sulla base dei dati collettivi di esposizione e di danno man mano resi disponibili, sono stati a suo tempo forniti (8, 9, 11) tanto valori di riferimento, in grado di classificare i risultati in almeno 3 aree di rischio (rischio assente; rischio incerto o molto lieve; rischio presente) quanto modelli di previsione, basati su equazioni di regressione lineare semplice, della prevalenza attesa del danno (espresso dalla variabile "prevalenza di singoli casi di UL-WMSDs clinicamente diagnosticati per 100 soggetti esposti") a partire dal livello di esposizione. I punteggi derivati dall'applicazione della *checklist* OCRA, sono stati opportunamente relazionati alla classificazione per fasce di rischio secondo l'indice OCRA. (8, 9, 16).

Nel contempo il metodo OCRA, con i suoi diversi strumenti di analisi e classificazione, è stato diffusamente adottato in molte importanti imprese manifatturiere, italiane ed europee, di svariati settori produttivi (meccanico, elettronico, tessile, alimentare, dei servizi).

In alcuni di questi contesti si è verificata l'opportunità di poter raccogliere, oltre ai dati di esposizione derivati dall'applicazione del metodo OCRA (indice e/o *checklist*), anche i dati relativi alla prevalenza di UL-WMSDs nei lavoratori esposti.

Grande parte di questi risultati sono riportati in una pubblicazione parallela curata dagli Autori (5).

In buona sostanza, ai dati storici già pubblicati, se ne sono recentemente aggiunti di nuovi e copiosi: questi, nel loro complesso, consentono di disporre di una ragguardevole base di dati, in cui compaiono da un lato indicatori collettivi di esposizione

ne (espressi sia in termini di indice OCRA che di punteggio *checklist*) e dall'altro lato indicatori di effetto (basati sulla casistica, clinicamente accertata, di UL-WMSDs nei diversi gruppi di lavoratori esposti).

Va ancora in premessa riferito che, per meglio circostanziare gli effetti clinici indagati, in questa sede sono stati considerati, nel gruppo degli UL-WMSDs, unicamente i casi, clinicamente accertati, delle singole patologie riportate in tabella 1, così come individuate e definite in un recente documento nazionale di consenso relativo al riconoscimento delle diverse patologie muscolo-scheletriche degli arti superiori come professionali (6).

Tabella 1 - *UL-WMSDs: lista delle patologie muscolo-scheletriche degli arti superiori considerate nel presente lavoro*

Affezioni dei tendini delle guaine e delle borse

Spalla:

Tendinopatia della cuffia dei rotatori
Periartrite calcifica (M. di Duplay)
Tendinopatia del capo lungo del bicipite
Borsite

Gomito/avambraccio:

Epicondilite laterale
Epicondilite mediale (epitrocleite)
Tendinopatia dell'inserzione distale del tricipite
Borsite olecranica

Polso/mano/dita:

Tendinite e Tenosinovite dei muscoli flessori ed estensori
Dito a scatto
Cisti tendinea
Malattia di De Quervain

Neuropatie periferiche da compressione

Sindrome dello stretto toracico
Sindrome del tunnel cubitale
Sindrome del pronatore rotondo
Sindrome del tunnel carpale
Sindrome del canale di Guyon

Altre patologie

Artrosi acromion-claveare
Rizoartrosi (artrosi trapezio-metacarpale)

In coerenza con quanto premesso, gli scopi del presente lavoro sono quelli di ricercare, partendo dal rinnovato database disponibile:

- i nuovi valori "critici" dell'indice OCRA ai fini di una classificazione del rischio connesso a lavori con movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori;
- nuovi e più affidabili modelli previsionali della frequenza di UL-WMSDs in popolazioni lavorative esposte, a partire dai valori degli indicatori di esposizione (indice OCRA e punteggio di *checklist*).

METODI

Il database predisposto allo scopo del presente lavoro è stato ricomposto partendo dal *set* di dati già pubblicati ed utilizzati in precedenza per analoghi scopi (8, 9, 11), implementandolo con i nuovi dati riportati analiticamente in altra pubblicazione (5).

La tabella 2 riassume i dati salienti del database utilizzati nel presente studio: in essa sono riportati, per 22 gruppi di lavoratori esposti (N. tot. = 4624; maschi = 1879; femmine = 2745), la composizione numerica (totale e per genere), il valore medio dell'indice OCRA e del punteggio di *checklist*, nonché i valori registrati di prevalenza di due diverse variabili di effetto (PC = n. di singoli casi diagnosticati di UL-WMSDs per 100 lavoratori esposti; PA = n. di soggetti ammalati di 1 o più UL-WMSDs diagnosticati per 100 lavoratori esposti). In tabella 2 sono inoltre riportati analoghi dati relativi ad un gruppo di riferimento (N. totale = 749; di cui maschi = 310 e femmine = 439) composto da lavoratori, mai esposti ad attività lavorative comportanti un rischio di UL-WMSDs, così come rielaborati da un precedente lavoro degli Autori (3).

Per questo gruppo di riferimento, gli indicatori di esposizione sono stati assegnati "nominalmente" (indice OCRA = 0,5; punteggio = 1,5) come per una esposizione molto bassa (quasi assente).

Relativamente ai dati e alle variabili del database riportato in tabella 2 valgono le seguenti precisazioni:

- gli indici di esposizione sono stati calcolati dagli Autori, caso per caso, sulla base dei videofilmati e della documentazione cartacea disponibili; tali indici sovente sono tuttavia valori medi di gruppi di

Tabella 2 - *Principali caratteristiche dei gruppi esaminati: composizione numerica totale e per genere, indici di esposizione (indici OCRA e punteggio checklist), prevalenza di singoli casi diagnosticati di UL-WMSDs (PC) e di soggetti ammalati di uno o più di UL-WMSDs (PA)*

Tipo di lavoro	Numero totale	Numero maschi	Numero femmine	Checklist punteggio	OCRA indice	% diagnosi PC	% malati PA
Montaggio motori elettrici 1	431	126	305	15,2	4,7	20,4	11,4
Montaggio motori elettrici 2	288	173	115	12,0	3,4	19,4	8,7
Assemblaggio surgelatori	374	264	110	11,5	3,2	16,0	8,6
Assemblaggio frigoriferi A	350	270	80	14,7	4,5	24,6	15,4
Assemblaggio frigoriferi B	42	32	10	13,0	3,8	23,8	14,3
Assemblaggio frigoriferi C	31	31	0	14,4	4,3	32,3	19,4
Assemblaggio frigoriferi D	118	63	55	15,0	4,6	22,9	15,3
Assemb+cablag. frigoriferi	42	22	20	19,4	7,2	69,0	31,0
Assemblaggio forni	650	150	500	10,2	2,8	21,8	13,2
Assemblaggio ammortizzatori	242	159	83	19,5	7,3	60,3	24,0
Macellazione tacchini e polli	943	0	943	20,0	7,7	31,5	22,4
Rifinitura ceramiche	22	0	22	24,0	21,0	109,1	63,6
Carteggiatura legni per auto	121	55	66	21,0	13,0	18,2	17,4
Carteggiatura legni per infissi	25	0	25	34,0	24,7	108,0	72,0
Cassiera supermarket	100	0	100	17,0	7,0	53,0	26,0
Confezione verdure	29	0	29	29,0	21,0	217,2	72,4
Tappezzeria sedili	59	33	26	32,0	41,7	203,4	79,7
Disosso carni	86	67	19	28,0	23,8	224,4	47,7
Cernita piastrelle	46	0	46	30,0	41,0	315,2	93,5
Assemblaggio motori 1	467	355	112	10,0	3,4	8,6	3,9
Assemblaggio motori 2	53	37	16	12,0	3,9	13,2	7,5
Assemblaggio statori	105	42	63	17,0	5,8	24,8	13,3
Gruppo di riferimento	749	310	439	1,5	0,5	5,6	4,4

compiti e mansioni la cui esposizione può essere considerata omogenea, ma non identica; d'altronde una ulteriore frammentazione dei gruppi avrebbe comportato una scarsa attendibilità degli indicatori di effetto calcolati su entità numeriche di esposti troppo esigue;

– in precedenti lavori la variabile di effetto valorizzata era stata la prevalenza di casi diagnosticati (1 malattia = 1 caso) di UL-WMSDs sul n. di arti a rischio (11) o sul n. di esposti (8, 9). In questa ultima versione tale seconda variabile è stata mantenuta. Ad essa, che rende conto della entità numerica degli effetti (numero di casi diagnosticati) nella popolazione esposta, è stata affiancata una variabile di più immediato impatto, rappresentata dalla prevalenza di soggetti ammalati (di 1 o più UL-WMSDs) sul totale dei soggetti esposti. Quest'ultima variabile è stata pertanto ricalcolata anche nel gruppo di riferi-

mento già disponibile (3) ed utilizzata prioritariamente per la ricerca dei valori critici di OCRA;

– nello studio delle variabili di effetto, per tutti i gruppi, sono stati considerati unicamente i casi accertati clinicamente (anamnesi + visita specialistica + esami strumentali) di patologie degli arti superiori così come definite nell'elenco di tabella 1. Sono stati esclusi i casi diagnosticati unicamente sulla base di sintomi riferiti o di altre sindromi o patologie ad incerto inquadramento nosologico e comunque non riconducibili all'elenco della stessa tabella.

Ricerca dei valori critici di OCRA

La ricerca dei valori critici di OCRA utili per identificare le diverse fasce di rischio (assente, accettabile, incerto, presente) è avvenuta sulla base

del modello generale schematicamente riportato in figura 1 utilizzando:

a) La funzione di regressione (derivata dal database) tra l'indice OCRA e la prevalenza di soggetti ammalati di 1 o più UL-WMSDs (Prevalenza ammalati = PA) ed i relativi limiti di confidenza al 90%, in grado di definire il 5° e il 95° percentile della funzione stessa.

b) I dati di PA ottenuti nel gruppo di riferimento ed i relativi limiti di confidenza al 90% (data la relativa dimensione campionaria), in grado di definire il 5° e il 95° percentile di PA nel gruppo medesimo.

c) Una volta reperiti, secondo le specifiche di seguito indicate e comunque schematicamente riportate in figura 1, i possibili valori critici dell'indice OCRA, gli stessi sono stati utilizzati per calcolare (tramite software EPIINFO®) gli *Odds Ratio* (2) e i relativi limiti di confidenza al 95% per gruppi a diverso livello di esposizione, conseguentemente riaggregati nel database, in confronto al gruppo ad esposizione trascurabile.

Per lo specifico aspetto di cui al punto b) in cui, per ipotesi, si stima la prevalenza dell'effetto considerato (PA) in una generica popolazione lavorativa "non esposta", è apparso utile non utilizzare direttamente il tasso grezzo risultante nel campione esaminato, ma calcolare un tasso standardizzato (2) tenuto conto della struttura per 4 sottogruppi di età (<35 anni; ≥35 anni) e di genere (maschi; femmine), già utilizzati nel campione, nella popolazione lavorativa italiana risultante al 31.12.1999.

La tabella 3 riporta i tassi di PA età e genere specifici come risultati nello specifico campione esaminato. La tabella 4 riporta la struttura per classi di età e per genere della popolazione lavorativa italiana al 1999. Operando sui dati delle 2 tabelle si può ottenere il tasso standardizzato di PA in un campione di non esposti avente una composizione per classi di età e di genere assimilabile a quella di tutta la popolazione lavorativa italiana. Il tasso standardizzato di PA risultante (pari a 3,7%) è riportato in tabella 5; con gli usuali metodi statistici di stima della variabilità campionaria di una pro-

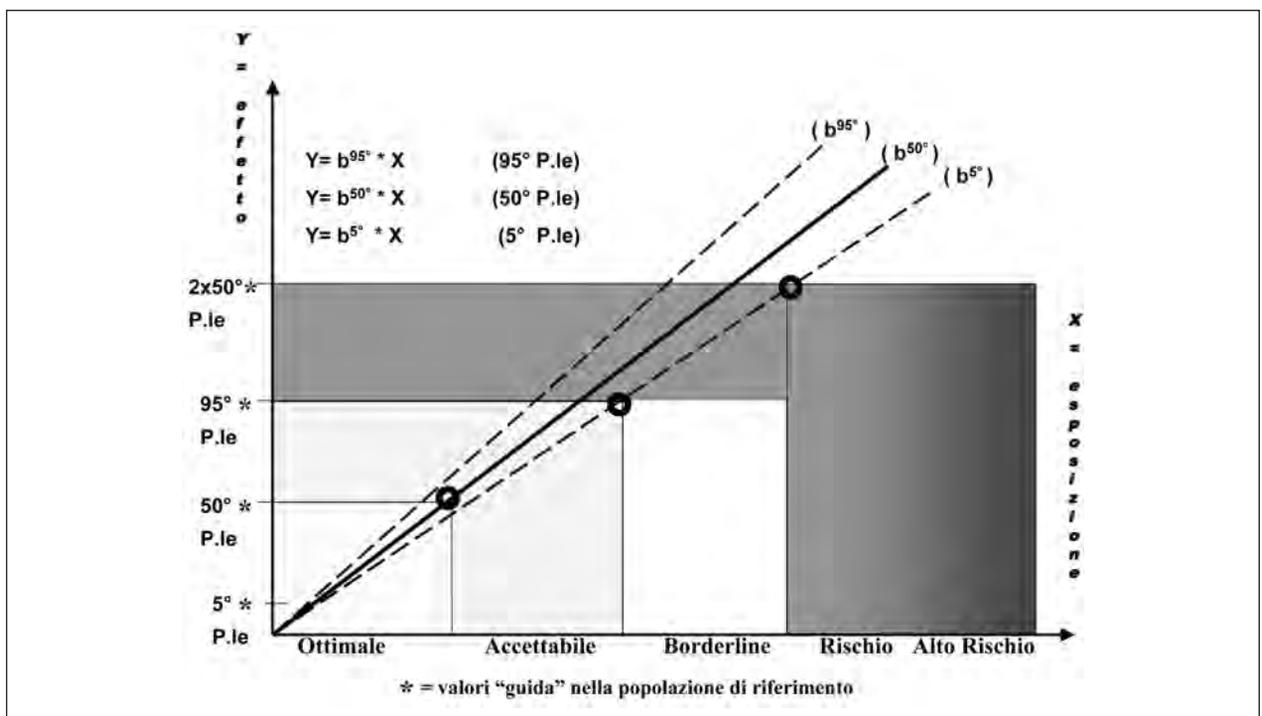


Figura 1 - Modello generale per identificare valori critici di una variabile di esposizione (X) a partire dalla distribuzione di una variabile di effetto (Y) in una popolazione di riferimento ed usando la funzione di regressione tra X ed Y ed i suoi limiti di confidenza (al 90%)

Tabella 3 - Caratteristiche del gruppo di riferimento e prevalenza di UL-WMSDs (singoli casi diagnosticati = PC e persone ammalate = PA) nello stesso

Genere	Numero soggetti	N. diagnosi di UL-WMSDs	N. sogg. con UL-WMSDs	% diagnosi PC	% malati PA
Età 15-34					
Maschi	139	0	0	0	0
Femmine	176	6	4	3,4	2,3
Età 35-64					
Maschi	171	6	6	3,5	3,5
Femmine	263	30	23	11,4	8,7
Tutti					
Tutti (M+F)	749	42	33	5,6	4,4

Tabella 4 - Lavoratori occupati in Italia (anno 1999) per genere e per 2 classi di età

Genere/Classe di età	15-34 anni	35-64 anni	Totali
Maschi	4625775	8294538	12920313
Femmine	3035124	4401910	7437034
Totali	7660899	12696448	20357347

Tabella 5 - Tassi standardizzati di PC e di PA nel gruppo di riferimento: valori centrali (50° Percentile) e valori del 1°, 5°, 95° e 99° Percentile

Effetto di salute	1° P.le	5° P.le	50° P.le	95° P.le	99° P.le
Prevalenza (%) di singoli casi diagnosticati di UL-WMSDs (PC)	2,7	3,2	4,4	5,6	6,1
Prevalenza (%) di malati di uno o più UL-WMSDs (PA)	2,1	2,6	3,7	4,8	5,3

porzione normalmente distribuita e tenendo conto della dimensione numerica del campione esaminato (2), sono stati calcolati e riportati nella stessa tabella 5 i diversi percentili di possibile interesse (1°, 5°, 95°, 99°) del tasso standardizzato così ottenuto, oltre che del tasso standardizzato di PC.

Tornando al modello generale è stato stabilito di ricercare, in prima istanza, i valori critici di OCRA utilizzando la equazione di regressione OCRA/PA e i dati (coi relativi limiti di confidenza) dei diversi percentili del tasso standardizzato di PA derivati dal gruppo di riferimento secondo i seguenti criteri:

a) Il limite del valore ottimale di OCRA corrisponde al punto in cui la funzione di regressio-

ne (valore centrale) interseca il valore centrale del tasso di PA (standardizzato) nel gruppo di riferimento.

b) Il limite dei valori di OCRA ancora accettabili corrisponde al punto in cui l'equazione di regressione, al suo 5° percentile, incrocia il valore corrispondente al 95° percentile della distribuzione del tasso standardizzato nel gruppo di riferimento (4,8%). Una tale situazione corrisponde al fatto che la PA minima prevedibile sulla base del corrispondente valore dell'indice OCRA è ancora simile alla PA massima ipoteticamente reperibile in una popolazione di non esposti.

c) Il limite dei valori di OCRA che, con "ragionevole certezza", rappresentano una condizione di

rischio franco è individuato dall'incrocio tra la funzione di regressione (al suo limite inferiore di confidenza al 90%) e il doppio del valore di PA nella popolazione di non esposti (7,4%). Tale valore chiave (2 volte la PA nella popolazione non esposta) è stato selezionato in quanto utilizzato nelle prassi di molteplici linee guida e standards internazionali. Oltre tale valore infatti, il valore minimo di PA previsto a partire dall'indice OCRA negli esposti, ha una altissima probabilità di essere significativamente in eccesso rispetto alla PA selezionata nella popolazione di riferimento di non esposti. La risultante fascia di valori OCRA compresa tra il valore del punto b) e quello del punto c) declina una area di incertezza o *borderline* tra accettabilità e presenza di un rischio franco.

d) ulteriori valori critici di OCRA possono essere individuati nei punti di intersezione della funzione di regressione (valore centrale) con i punti corrispondenti a n. volte la PA (valore centrale) registrata nella popolazione di riferimento.

Ricerca di modelli previsionali

Quanto al secondo obiettivo del presente lavoro, in modo peraltro funzionale al primo, tramite software statistico SPSS per Windows®, sono state ricercate le funzioni di regressione semplice tra le variabili di esposizione (indice OCRA e punteggio *checklist*) e variabili di effetto (PA = n. persone ammalate di 1 o più UL-WMSDs x 100/n. esposti; PC = n. di singoli casi diagnosticati di UL-WMSDs x 100/n. esposti) ed è stata verificata la corrispondente forza di associazione (2).

Sono state di conseguenza selezionate le "migliori" funzioni in base al duplice criterio della forza della associazione e della "semplicità interpretativa" della funzione.

Per la sola variabile di effetto principale (PA) sono anche state ricercate funzioni di regressione multipla (2) con una ulteriore variabile indipendente (SEXRATIO = n. femmine x 100 / n. totale gruppo) rappresentativa della composizione per genere in ciascuno dei 23 gruppi esaminati.

In tutte le funzioni di regressione è stato presupposto che, per un indice di esposizione (in realtà solo teorico) pari a 0, la prevalenza di UL-WM-

SDs fosse nulla e pertanto è stata ricercata la migliore funzione senza la costante.

Nella ricerca delle funzioni di regressione si è tenuto altresì conto del "peso" dei diversi gruppi a confronto, in relazione alla relativa dimensione numerica.

RISULTATI

In relazione ad entrambi gli obiettivi del presente lavoro è di particolare interesse la relazione tra le variabili "indice OCRA" e "PA" (PA = n. persone ammalate di 1 o più UL-WMSDs x 100/n. esposti). In figura 2, in questo senso, sono rappresentate le coppie dei valori di tali 2 variabili così come reperite nei 23 gruppi esaminati.

Valori critici di OCRA

Al fine della individuazione dei valori critici di OCRA, la figura 3 riporta i risultati concretamente ottenuti applicando i dati disponibili (tabella 2) al modello generale di figura 1 esposto nel precedente paragrafo.

Più in particolare, come anche riportato successivamente nella tabella 9, la migliore funzione di regressione semplice tra OCRA e PA è di tipo lineare ed espressa dall'equazione generale

$$PA = 2,39 (\pm 0,14) \times OCRA.$$

Tale funzione presenta un grado di associazione tra le 2 variabili assai elevato (R^2 aggiustato = 0,92) e statisticamente assai significativo ($p < 0,00001$).

Utilizzando tale equazione (coi relativi limiti di confidenza al 90%), in relazione ai valori guida di PA definiti nel gruppo di riferimento secondo il modello generale di figura 1, è stato possibile ottenere indicazioni circa i diversi valori critici di OCRA che separano aree a diverso rischio di (prevalenza di) malati di UL-WMSDs come riportato in figura 3.

Tali valori critici sono stati utilizzati per riaggregare i dati del database secondo gruppi a diverso livello di esposizione e per calcolare gli *Odds Ratio* (coi relativi limiti di confidenza) risultanti nel confronto tra la PA di ciascun gruppo riaggregato con quella del gruppo a bassa esposizione.

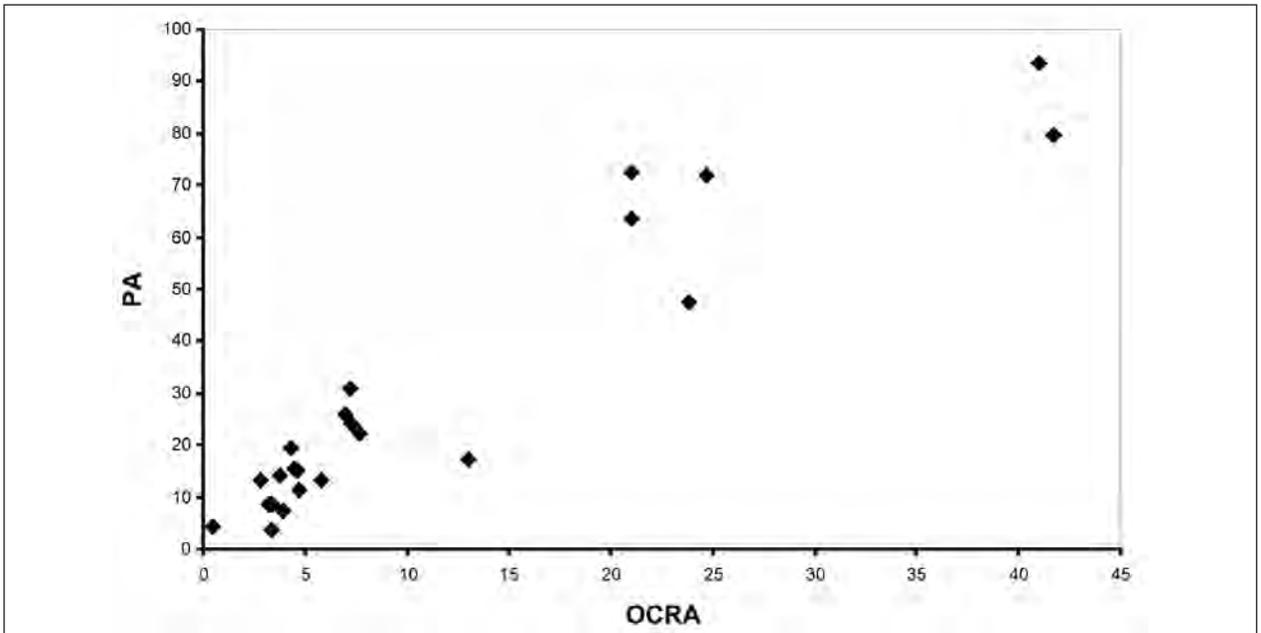


Figura 2 - Dispersione dei valori di PA (Prevalenza di persone Ammalate di uno o più UL-WMSDs) in funzione dei valori dell'indice OCRA nei 23 gruppi esaminati

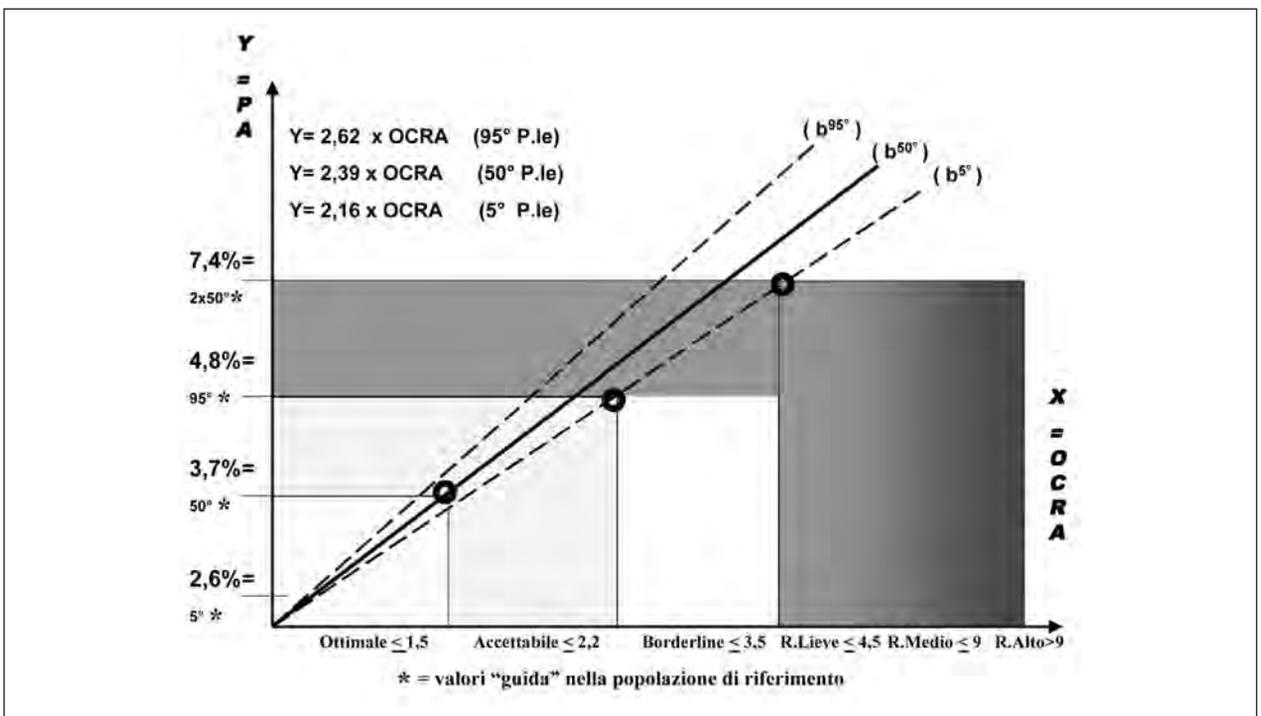


Figura 3 - Individuazione dei valori critici di OCRA a partire da valori selezionati di PA (Prevalenza di persone Ammalate di uno o più UL-WMSDs) nel gruppo di riferimento ed usando la equazione di regressione OCRA/PA ed i suoi limiti di confidenza (al 90%), secondo il modello generale di figura 1

I relativi risultati sono riportati in tabella 6.

Si sottolinea che nella riagggregazione dei gruppi, per lo specifico scopo, il gruppo a bassa esposizione (OCRA $\leq 2,2$) è rappresentato dal solo gruppo di riferimento.

I risultati di tabella 6 sono di assoluto rilievo nella conferma di quelli ottenuti per la individuazione dei valori critici di OCRA secondo il modello generale di figura 1. In tale tabella si evidenzia come, applicando i nuovi valori critici di OCRA al database disponibile, vi sia un costante incremento dei valori degli *Odds Ratio* nel progressivo passaggio da fasce di bassa esposizione verso esposizioni medie, alte o elevatissime. I test del χ^2 secondo Mantel-Haenszel (2), per i singoli strati, hanno consentito di verificare la forte significatività dei confronti operati.

Tenuto conto da un lato dei risultati fin qui ottenuti e dall'altro lato della elevatissima associazione fra valori dell'indice OCRA e del punteggio *checklist* (espressa da una funzione di regressione semplice cubica con R^2 aggiustato = 0,99, in cui "Punteggio *checklist*" = $3,7$ [OCRA] - $0,16$ [OCRA]² + $0,0021$ [OCRA]³), è divenuto possibile definire

uno schema di classificazione, per 6 differenti fasce di esposizione, dei valori dell'indice OCRA e dei valori del punteggio di *checklist* come meglio specificato in tabella 7.

Nella tabella 7, per ognuna delle 6 fasce identificate, sono altresì indicate le possibili azioni conseguenti alla valutazione del rischio tramite i metodi dell'indice OCRA e della *checklist* OCRA.

Modelli previsionali

Per quanto riguarda il secondo obiettivo del presente lavoro, l'identificazione di modelli previsionali degli effetti di salute (prevalenza di UL-WMSDs negli esposti) a partire dagli indicatori di esposizione, si è già riferito dei risultati della analisi circa il "miglior" modello di associazione tra OCRA e PA. La relativa equazione di regressione è stata infatti già utilizzata per identificare i valori critici di OCRA. La stessa equazione, in modo prioritario rispetto alle altre funzioni che saranno in seguito fornite, consente una stima dell'effetto "PA" (Prevalenza di persone affette da uno o più UL-WMSDs clinicamente diagnosticati) a partire

Tabella 6 - Odds Ratio (con relativi limiti di confidenza al 95%) considerando PA (Prevalenza di persone ammalate di uno o più UL-WMSDs), nel confronto tra gruppi a diverso livello di esposizione all'indice OCRA e un gruppo a bassa esposizione (OCRA $\leq 2,2$), così come riaggregati nel database esaminato

Classe OCRA	Odds Ratio lim. inf. (95%)	Odds Ratio valore centrale	Odds Ratio lim. sup. (95%)	P-value
2,3-3,5	1,45	2,16	3,23	0,00006
3,6-4,5	2,38	3,74	5,89	0,00000
4,6-9,0	3,63	5,30	7,78	0,00000
Oltre 9,0	15,99	24,31	37,11	0,00000

Tabella 7 - Classificazione dell'indice OCRA e del punteggio della checklist, secondo aree crescenti di rischio e sintetica identificazione delle azioni conseguenti

Area	Valori OCRA	Valori <i>checklist</i>	Classificazione del rischio	Azioni conseguenti
Verde	Fino ad 1,5	Fino a 5	Ottimale	Nessuna
Giallo-verde	1,6-2,2	5,1-7,5	Accettabile	Nessuna
Giallo	2,3-3,5	7,6-11	Incerto/Molto lieve	Riverifica; se possibile, ridurre rischio
Rosso-lieve	3,6-4,5	11,1-14	Lieve	Riduzione rischio, sorv. sanitaria, formazione
Rosso-medio	4,6-9,0	14,1-22,5	Medio	Riduzione rischio, sorv. sanitaria, formazione
Rosso-intenso	oltre 9,0	oltre 22,5	Intenso	Riduzione rischio, sorv. sanitaria, formazione

dai valori di OCRA risultanti nei diversi contesti applicativi.

In pratica, utilizzando i valori di OCRA e la retta di regressione con i suoi limiti di confidenza, è possibile formulare ipotesi circa la PA che si attende in un determinato contesto. Ciò viene ad esempio operato con la tabella 8, in cui, per i diversi valori critici di OCRA precedentemente identificati, viene stimata la PA attesa calcolando tanto il valore centrale che i limiti di confidenza (in questo caso al 90%) e, di conseguenza il 5° ed il 95° percentile, di tale stima.

I “migliori” modelli di stima dei due effetti di salute indagati (PA e PC) a partire dai valori dell'indice OCRA e del punteggio *checklist* sono riportati in tabella 9. In tale tabella sono riportati: la variabile di effetto (PA o PC), l'indice di esposizione (OCRA o *checklist*), il tipo di funzione e la equazione esprimente il “miglior” modello di associazione, l'errore standard del coefficiente b dell'equazione, il R² aggiustato e il livello di significatività statistica del modello di associazione.

Tutti i modelli derivati hanno dimostrato una elevatissima associazione tra variabile indipendente (esposizione) e variabile dipendente (effetto di salute).

Tabella 8 - Stima della PA prevista (valore centrale e limiti di confidenza al 90%) in funzione di valori chiave di OCRA attraverso la funzione di regressione lineare semplice OCRA/PA

OCRA	PA 5° P.le	PA 50° P.le	PA 95° P.le
1	2,15	2,39	2,60
2,2	4,73	5,26	5,72
3,5	7,52	8,6	9,10
4,5	9,67	10,75	11,70
9	19,35	21,51	23,40

PA = Prevalenza (%) di persone ammalate di uno o più UL-WMSDs

Va infine segnalato che, la variabile derivata “SEXRATIO” (n. femmine x 100/n. totale) esprime la composizione numerica per genere dei diversi gruppi, assieme all'indice OCRA, è stata utilizzata per la ricerca di un modello di associazione (regressione multipla) fra 2 variabili indipendenti (o predittive) e la variabile di effetto PA, che in questo contesto è già stata scelta come più rappresentativa. Ne è risultato un modello previsionale di PA basato su OCRA e SEXRATIO riportato in tabella 10 ed espresso dall'equazione di regressione lineare multipla

$$PA = 2,02 [OCRA] + 0,075 [SEXRATIO].$$

Tabella 9 - Funzioni di regressione semplice fra variabili di esposizione (indice OCRA e punteggio *checklist*) e variabili di effetto (PA e PC) nel intero campione esaminato

Indicatore esposizione (X)	Indicatore effetto (Y)	Tipo di funzione	Equazione	E.S. (b)	R ² aggiustato	P
OCRA	PA	Lineare Y=bX	Y= 2,39 X	0,14	0,92	0,00001
OCRA	PC	Lineare	Y= 6,01 X Y=bX	0,48	0,87	0,00001
<i>Checklist</i>	PA	Potenza Y= X ^b	Y=X ^{1,004}	0,047	0,95	0,00001
<i>Checklist</i>	PC	Potenza Y= X ^b	Y=X ^{1,22}	0,052	0,95	0,00001

PA = Prevalenza (%) di persone ammalate di uno o più UL-WMSDs; PC = Prevalenza (%) di singoli casi diagnosticati di UL-WMSDs

In tabella 10 sono pure riportati i dati relativi ai limiti di confidenza (al 90%) di tale equazione nonché i valori di R^2 indicativi della forza di associazione tra variabili predittive e la variabile di effetto. Il modello di associazione risultante ha comunque una elevatissima significatività statistica ($P < 0,0001$).

Tabella 10 - Funzione di regressione multipla tra OCRA e SEXRATIO (variabili predittive) e PA (variabile di effetto): valore centrale e percentili di interesse

$$PA = 2,02 \times OCRA + 0,075 \times SEXRATIO$$

$$R^2 = 0,96$$

5° E 95° Percentile della funzione
(Limiti di confidenza al 90%)

$$5^\circ PA = 1,72 \times OCRA + 0,035 \times SEXRATIO$$

$$95^\circ PA = 2,32 \times OCRA + 0,115 \times SEXRATIO$$

ove PA = Prevalenza (%) di persone ammalate di uno o più
UL-WMSDs
SEXRATIO = N. Femmine x 100 / N. Totale

DISCUSSIONE

Tutti gli studi su cui è basato il presente lavoro di analisi sono studi di prevalenza. Si è pienamente consapevoli che i dati provenienti da tali studi, quando usati per indagare ipotesi di relazione tra condizioni di esposizione (nella fattispecie ad un fattore di rischio lavorativo) e corrispondenti effetti collettivi di salute, sono suscettibili di diversi effetti di distorsione non controllabili. Studi controllati di incidenza (retrospettivi o prospettici) sarebbero certamente più adatti allo scopo: essi sono tuttavia di più difficile e lunga realizzazione e pertanto al momento scarsamente disponibili.

Sarebbe tuttavia errato non usufruire di studi di prevalenza come quelli su cui è basato il presente lavoro, che, essendo ormai numerosi e prospettando comunque risultati tra loro fortemente coerenti, consentono di suggerire per lo meno ipotesi sui sistemi di classificazione dell'esposizione e, in ultima analisi, del rischio (probabilità "collettiva" di malattia), laddove si adottino i metodi OCRA (indice

OCRA e *checklist* OCRA) per la valutazione dell'esposizione a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.

Si conferma pertanto che quelle qui presentate sono ragionevoli ipotesi basate su un gruppo ormai numeroso di studi di prevalenza fra loro fortemente omogenei, e che altri studi, specie di incidenza, sono necessari per meglio precisare e validare i sistemi di classificazione dell'indice OCRA.

Sottolineati i limiti di fondo di questo lavoro, è possibile entrare nel merito di alcuni dei risultati ottenuti per punti essenziali.

A. – Il modello generale, riportato in figura 1, per l'individuazione dei valori critici di OCRA si basa su alcune decisioni degli Autori in parte "arbitrarie".

Ci si riferisce in particolare alla scelta di determinati valori percentili della distribuzione di PA nella popolazione lavorativa di riferimento come valori guida per la ricerca dei valori critici, nonché alla scelta di alcune varianti della equazione di regressione OCRA/PA ottenibile dal database.

E' del tutto evidente infatti che, basandosi sui medesimi dati, ed operando scelte diverse (peraltro giustificabili) circa i valori guida si possono ottenere risultati sui valori critici in parte differenti. Nella fattispecie le scelte definite "arbitrarie" sono preventivamente avvenute sulla scorta di un confronto operato in particolare nel contesto di gruppi tecnici internazionali (in sede CEN e ISO) per la produzione di due specifici standard tecnici e in qualche modo confermate dalla successiva concreta elaborazione dei dati, con particolare riferimento alla stima degli *Odds Ratio* per gruppi omogenei e crescenti di esposizione.

Resta comunque al proposito l'originalità del modello generale proposto nella consapevolezza che rispetto a questo altri, con altre giustificate motivazioni sia di carattere tecnico-scientifico che etico-sociale, possono utilizzare differenti criteri di scelta dei valori guida.

B. – Sulla base dei dati e del modello di analisi è stato possibile identificare un sistema di classificazione dell'indice OCRA articolato su più fasce ma comunque riferentesi alla logica della classificazione secondo il sistema delle tre zone o del "semaforo" (verde, giallo, rosso).

A tal proposito va sottolineato che sono stati attribuiti alla fascia “verde” tutti i valori di OCRA definiti ancora accettabili (non solo ottimali), per i quali non sono previste, in linea di massima, azioni preventive conseguenti.

La “fascia gialla” è definita da valori di OCRA (2,3-3,5) per i quali, sulla scorta dei dati ottenuti, potrebbe esistere un rischio di UL-WMSDs: lo stesso tuttavia rimane incerto o al più è molto contenuto (eccessi di PA inferiori o simili a 2 volte quelli stimabili nella popolazione di riferimento). Si tratta in sostanza di una fascia in cui il rischio, se c'è, è connotabile come molto lieve.

La “fascia rossa”, quella del rischio vero e proprio, è stata suddivisa in tre sotto-fasce: rosso lieve, rosso medio, rosso intenso in cui la previsione di PA è per ipotesi (in gran parte confermata dagli *Odds Ratio* calcolati sul database disponibile) rispettivamente tra 2 e 3 volte, tra 3 e 6 volte ed oltre 6 volte rispetto alla PA stimata nella popolazione non esposta.

C. – L'organizzazione, per fasce o livelli di rischio, della classificazione dell'esposizione, discussa al punto precedente, se da un lato rappresenta un ulteriore contributo all'inquadramento della valutazione del rischio e ad orientare le eventuali, conseguenti azioni di prevenzione, anche in conformità alla normativa, dall'altro lato, può, se impropriamente utilizzata, condurre a fenomeni di distorsione dell'interpretazione dei risultati ottenuti applicando il metodo OCRA: ciò vale in particolare per le fasce di risultato degli indici attorno ai valori critici.

Se infatti è, ad esempio, formalmente corretto affermare che un valore di OCRA di 3,4 rappresenta un rischio incerto e che un valore di OCRA di 3,6 rappresenta un rischio presente è altrettanto vero che tra questi due valori non vi è una differenza sostanziale e che l'utilizzatore dovrà in qualche modo tener conto della “continuità” che i risultati di OCRA esprimono (anche attraverso i modelli previsionali forniti) anziché dividere nettamente i risultati tra “rischio” e “non rischio”.

Poiché il metodo OCRA è ormai utilizzato in molti contesti anche per finalità di vigilanza e di carattere medico legale, preme sottolineare che nelle intenzioni degli Autori il sistema di classificazio-

ne proposto, basato sui nuovi valori critici dell'indice OCRA, vuole essere prevalentemente una guida per l'interpretazione dell'analisi valutativa e per orientare i conseguenti interventi preventivi piuttosto che uno standard rigido di valori limite da utilizzare acriticamente per finalità diverse da quelle qui dichiarate.

D. – I modelli previsionali degli effetti di salute negli esposti (prevalenza di UL-WMSDs), a partire dagli indici di esposizione OCRA e *checklist* sono stati elaborati, scontando i limiti già sottolineati circa il valore degli studi prevalenza, ma con lo scopo principale di fornire agli operatori della prevenzione ed ai loro interlocutori (ad es., *management* delle imprese) uno strumento per più circostanziate valutazioni delle priorità di intervento, tenuto conto di aspetti tecnici ed economici legati sia ai costi degli interventi di prevenzione ma anche, in alternativa, ai costi della “mancata” prevenzione. Nella esperienza pratica, l'utilizzo dei modelli previsionali si è dimostrato infatti uno strumento molto efficace di interlocuzione con i decisori, specie aziendali, laddove si trattava di stabilire piani di intervento conseguenti alla valutazione del rischio.

Da un punto di vista meramente tecnico-scientifico e statistico, i modelli previsionali possono fornire pertanto unicamente ipotesi di stima della frequenza di UL-WMSDs attesa in una prospettiva pluriennale, dato un certo livello di esposizione a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori; dal punto di vista delle prassi di gestione del rischio, tali modelli rappresentano un fondamentale strumento, tanto di interlocuzione tra operatori della prevenzione e decisori, che di stima e verifica degli effetti di salute attesi e verificati a medio e lungo termine.

CONCLUSIONI

La disponibilità di dati, nuovi o aggiornati, relativi sia ai risultati dell'applicazione del metodo OCRA (indice OCRA e *checklist* OCRA) che ai risultati di parallele indagini di prevalenza di UL-WMSDs clinicamente determinati, ha consentito di aggiornare i criteri di classificazione dell'indice OCRA e del punteggio *checklist* OCRA.

Ciò è avvenuto sulla base di un modello di selezione dei valori critici di OCRA (riportato in figura 1) che è stato elaborato prevalentemente nel contesto di gruppi di lavoro internazionali impegnati alla produzione di standard tecnici relativi alle attività manuali ripetitive.

I criteri elaborati sono stati basati su studi di prevalenza, i cui limiti sono stati discussi ed evidenziati, nella consapevolezza che tuttavia gli stessi sono ormai numericamente rappresentativi (oltre 5000 soggetti esaminati per 23 diversi gruppi di esposizione) e, più che altro, hanno condotto a risultati tra loro ampiamente coerenti e congruenti con analoghi studi preliminari già condotti dagli Autori (8, 9, 11).

Sulla scorta dei risultati del presente studio l'indice OCRA e il punteggio di *checklist*, ottenuti attraverso le procedure di analisi già pubblicate (15, 16), sono stati riclassificati secondo 6 fasce di esposizione crescente (si vedano i dettagli in tabella 7).

Parallelamente, studiando i modelli e le funzioni di associazione tra variabili di esposizione e variabili di effetto (collettivo) di salute, in particolare rappresentate dalla prevalenza di soggetti ammalati di uno o più UL-WMSDs clinicamente diagnosticati (PA), è stato possibile derivare modelli di previsione a medio-lungo termine di tali effetti a partire da valori noti dell'indice OCRA e del punteggio *checklist*. Tali modelli, pur considerando i limiti di validità degli studi di prevalenza su cui sono basati, hanno mostrato un elevato grado di associazione tra le variabili indagate specie laddove si possa tener conto della composizione numerica secondo il genere dei gruppi in esame.

Gli schemi di classificazione proposti e i modelli previsionali elaborati, in particolare quelli che legano l'indice OCRA a PA, sono di particolare importanza nella fase di valutazione e di successiva eventuale gestione del rischio lavorativo legato a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori sia per quanto riguarda le decisioni e le scelte degli interventi conseguenti sia per una verifica nel tempo dei miglioramenti introdotti.

L'insieme dei criteri di riferimento, qui rielaborati rispetto a precedenti pubblicazioni, conferisce al metodo OCRA, nelle sue differenti versioni ap-

plicative (indice, *checklist*), una maggiore capacità discriminativa dei livelli di esposizione al rischio specifico qui considerato.

I limiti e le modalità di utilizzazione dei criteri qui forniti sono stati sinteticamente esaminati in sede di discussione dei risultati: nel ribadire gli stessi, si dichiara l'intenzione, per il futuro, di riesaminare criticamente quanto qui proposto sulla base tanto di nuovi studi, includenti, ove possibile, studi di incidenza, che di ulteriori concrete e varieguate esperienze applicative del metodo OCRA.

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH): *Threshold limit values for chemical substances in the work environment*. ACGIH, 2000: 117-121
2. ARMITAGE P: *Statistica medica; metodi statistici per la ricerca in medicina*. Milano: Feltrinelli editore, 1975
3. BATTEVI N, MENONI O, VIMERCATI C: The occurrence of musculoskeletal alterations in worker' populations not exposed to repetitive tasks of the upper limbs. *Ergonomics* 1998; *41*: 1340-1346
4. COLOMBINI D: An observational method for classifying exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics* 1998; *41*: 1261-1289
5. COLOMBINI D, OCCHIPINTI E: Risultati della valutazione del rischio e del danno in gruppi di lavoratori esposti, in diversi comparti lavorativi, a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. *Med Lav* 2004; *95*: 233-246
6. COLOMBINI D, OCCHIPINTI E, CAIROLI S, e coll: Le affezioni muscolo-scheletriche degli arti superiori e inferiori come patologie professionali: quali e a quali condizioni. Documento di consenso di un gruppo di lavoro nazionale. *Med Lav* 2003; *94*: 312-329
7. COLOMBINI D, OCCHIPINTI E, DELLEMAN N, et al: Exposure assessment of upper limb repetitive movements: a Consensus Document. In Karwowski W (Ed): *International Encyclopaedia of Ergonomics and Human Factors*. London: Taylor and Francis, 2001: 52-66
8. COLOMBINI D, OCCHIPINTI E, GRIECO A: *La valutazione e la gestione del rischio da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. Analisi organizzative, indici di esposizione OCRA, schemi di intervento, principi di riprogettazione*. Milano: Franco Angeli Editore, 2000
9. COLOMBINI D, OCCHIPINTI E, GRIECO A: *Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs*. Amsterdam: Elsevier Science, 2002

10. HAGBERG M, SILVERSTEIN B, WELLS R, et al: *Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). A reference book for prevention*. Kuorinka I, Forcier L (Eds). London: Taylor and Francis, 1985
11. GRIECO A: Application of the concise exposure index (OCRA) to tasks involving repetitive movements of the upper limbs in a variety of manufacturing industries: preliminary validations. *Ergonomics* 1998; *41*: 1347-1356
12. MCATAMNEY L, CORLETT N: RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 1993; *24*: 91-92
13. MOORE JS, GARG A: The strain index: a proposed method to analyse jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am Ind Hyg Assoc Journal* 1995; *56*: 443-458
14. NIOSH, CENTER FOR DISEASES CONTROL AND PREVENTION: *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A critical review of Epidemiologic Evidence for WMSDs of the Neck, Upper Extremity and Low Back*. Second printing: US Department of Health and Human Services, 1997
15. OCCHIPINTI E: OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics* 1998; *41*: 1290-1311
16. OCCHIPINTI E, COLOMBINI D, CAIROLI S, BARACCO A: Proposta e validazione preliminare di una *check-list* per la stima dell'esposizione lavorativa a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. *Med Lav* 2000; *91*: 470-485

Mesotelioma maligno della pleura in un lavoratore con breve esposizione atipica ad amianto crisotilo

L. RIBOLDI, CAROLINA MENSI, S. GIORDANO, ZULEJKA CANTI, G. CHIAPPINO

Centro Studi Effetti Biologici Polveri Inalate (EPBI) - Registro Mesoteliomi Regione Lombardia - Dipartimento di Medicina del Lavoro - Clinica del Lavoro "L. Devoto" - Università degli Studi di Milano

KEY WORDS

Chrysotile; pleural mesothelioma; atypical exposure

SUMMARY

«*Malignant atypical mesothelioma of the pleura in a worker with brief exposure to chrysotile asbestos*». **Background:** *The appearance of malignant mesothelioma in workers exposed to asbestos dusts even for relatively short periods of time is amply demonstrated in the literature. The workers however were usually exposed to amphiboles in jobs well known as involving exposure, that are characterized by high levels of dusts.* **Objectives:** *To describe a clinical case of pleural mesothelioma that occurred in a patient exposed to chrysotile, in a job (driver) that cannot be directly linked to such high exposure, and which moreover he only did for a few months.* **Methods:** *The clinical history was reconstructed by analyzing the clinical files of the hospital admittances from May 2002 to August 2003, during which the patient underwent radiological examinations (chest x-rays, chest and abdomen TC), cytological examination of the pleural fluid, videothoracoscopic surgery with histological examination (including immunohistochemical coloration) of the tissue taken in biopsy. The job history, as well as any possible non-occupational exposures to asbestos, was examined via a standardised questionnaire, which the patient himself answered, as used in the Lombardy Mesothelioma Register, in operation at the "Clinica del Lavoro" in Milan.* **Results:** *Examination of all clinical files confirmed the diagnosis of malignant pleural mesothelioma. Analysis of job history was found appropriate for defining as certain an occupational aetiology due to inhalation of asbestos fibres which occurred for few months as a truck driver in a chrysotile mine.*

RIASSUNTO

La comparsa di mesotelioma maligno della pleura in lavoratori esposti a polveri di amianto anche per periodi relativamente brevi è documentata in letteratura. Si tratta tuttavia solitamente di esposizioni ad anfiboli, in attività "tipiche" e di significativa intensità. Viene qui descritto un caso di mesotelioma della pleura in un lavoratore che è risultato esposto ad amianto crisotilo nel corso di un'attività lavorativa (autista) non immediatamente correlabile con tale esposizione, svolta oltretutto per un tempo molto breve. La storia clinica è stata ricostruita ed analizzata tramite le cartelle cliniche dei ricoveri subiti dal maggio 2002 all'agosto 2003, durante i quali ha eseguito accertamenti radiologici (radiografie del torace, TAC del torace e dell'addome), esame citologico del liquido pleurico, intervento di videotoroscopia con esame istologico (completo di colorazioni immunoistochimiche) del materiale biptico prelevato. L'anamnesi lavorativa, come pure la ricerca di eventuali esposizioni extralavorative ad amianto, è stata raccolta tramite il questionario, somministrato direttamente al paziente, utilizzato dal Registro Mesoteliomi della Lombardia attivo presso la Clinica del Lavoro di Milano. La valutazione di tutti i documenti clinici a disposizione ha confermato la diagnosi di mesotelioma maligno della pleura. L'analisi della storia lavorativa del paziente è stata ritenuta idonea a definire certa l'eziologia professionale da inalazione di fibre di amianto occorsa per pochi mesi mentre operava alla guida di un camion in una miniera di crisotilo.

Pervenuto il 3.3.2004 - Accettato il 5.4.2004

Corrispondenza: Dr. Luciano Riboldi, Clinica del Lavoro "L. Devoto", Via San Barnaba, 8 - 20122 Milano

E-mail: Luciano.Riboldi@unimi.it

INTRODUZIONE

La cancerogenicità dell'amianto crisotilo verso la pleura è ancora discussa. Tuttavia aumentano le evidenze che suggeriscono di trattarlo alla stregua degli anfiboli, anche se la sua potenza nell'indurre mesoteliomi appare certamente assai minore (3, 5, 8). Tali evidenze provengono da studi su larghe popolazioni esposte professionalmente in lavorazioni "tradizionali" quali l'estrazione e la lavorazione del minerale o la produzione di manufatti contenenti amianto. Solitamente si tratta di esposizioni prolungate nel tempo e di significativa intensità (1, 4, 6). Rimane comunque non risolto il dubbio relativo alla attribuzione patogena direttamente al crisotilo piuttosto che alla sua contaminazione anfibolica (tremolite ed altri).

Viene qui descritto un caso di mesotelioma maligno della pleura occorso in un lavoratore con esposizione atipica e di breve durata a crisotilo italiano.

CASO CLINICO

Soggetto di 68 anni maschio, fumatore dai 18 ai 54 anni di 10 sigarette/die. Nella sua storia è da segnalare un infarto del miocardio all'età di 57 anni (1992) con intervento di angioplastica l'anno dopo e successivamente cardiopatia ischemica cronica ed ipertensione arteriosa, trattata farmacologicamente. Nel 1995 riscontro di diabete mellito non insulino-dipendente. Nel maggio 2002 diagnosi di "Bronchite asmatica ed insufficienza respiratoria parziale". Nel giugno 2003 comparsa di dolore toracico anteriore sinistro con riscontro, all'esame radiografico del torace, di versamento pleurico sinistro. Viene sottoposto a toracentesi con prelievo di 1760 cc di liquido giallo paglierino sublimpido. L'esame colturale è negativo, come pure l'esame citologico per la ricerca di cellule neoplastiche.

Nel luglio 2003 esegue TAC del torace e dell'addome superiore, con mezzo di contrasto, che mette in evidenza:

– torace: "A sinistra è apprezzabile abbondante versamento pleurico declive con impegno scissurale (estensione dall'apice alla base e spessore massimo

della falda di circa 7-8 centimetri) con lieve ispessimento omogeneo della pleura diaframmatica in sede anteriore medio-basale; consegue omolateralmente atelettasia completa con broncogramma aereo a carico della piramide basale del lobo inferiore e sub-segmentaria basale della lingua. Non alterazioni diffuse od a focolaio, parenchima polmonare aerato";

– addome: "Nel fegato sono presenti alcune formazioni cistiche semplici, la maggiore delle quali è localizzata nel VI segmento (30 mm). Non ulteriori lesioni focali, con particolare riferimento a processi di natura afinalistica. Qualche formazione cistica semplice è apprezzabile in sede parapielica renale sinistra. Non rilievi patologici a carico di pancreas, surreni, milza, reni; non macroscopici oggetti parietali endoluminali della vescica. Non linfadenopatie toraco-addominali dimensionalmente sospette. Regolare pervietà e calibro delle principali strutture vascolari visualizzabili."

Il paziente viene quindi ricoverato presso la Clinica del Lavoro "L. Devoto" di Milano dove viene sottoposto a nuova toracentesi evacuativa. Quindi esegue i seguenti accertamenti:

– radiografia del torace (25/07/2003): "Accentuazione moderata del disegno polmonare in sede basale bilaterale con numerose strie disventilatorie. Presenza di falda di pneumotorace basale a sinistra con modesto versamento";

– videotoracosopia diagnostica (29/07/2003, eseguita presso la Divisione di Chirurgia Toracica dell'Università di Milano): "In decubito laterale destro si procede a posizionamento di 3 accessi toracoscopici a sinistra. Il polmone appare staccato dalla pleura parietale che è ispessita in tutto il cavo con zone biancastre rilevate, non vegetazioni a carico della pleura viscerale. Si procede a prelievo di 5 tasselli (2 cm x 2 cm) di pleura parietale, a biopsia polmonare ed alla raccolta di campioni di liquido pleurico per esame colturale (in particolare ricerca di BK) ed esame istologico. Al termine si esegue modesto talcaggio";

– esame colturale e ricerca di BK negativo;

– esame istologico:

Materiale in esame: A) pleura parietale sinistra, biopsia. B) Pleura parietale sinistra, biopsia. C) Pleura parietale doccia costovertebrale sinistra, biopsia. D) Pleura parietale anteriore inferiore, biopsia.

E) Pleura parietale apicale, biopsia. F) Polmone, lingua, biopsia. G) Pleura diaframmatica, biopsia;

descrizione macroscopica: A) Lembo pleurico di cm 4,6 di asse maggiore, a superficie biancastra, lucida. B) Un irregolare lembo biancastro, a superficie irregolare, di cm 4,2 di asse maggiore. C) Due irregolari frammenti laminari biancastri di cm 1 e cm 2,7 di asse maggiore. D) Un frammento laminare biancastro di cm 2,3 di asse maggiore. E) Un frammento brunastro di cm 0,9 di asse maggiore. F) Frammento di parenchima polmonare di cm 3,5 di asse maggiore. La pleura è localmente biancastra, ispessita e il parenchima è bianco-grigiastro, omogeneo. G) Frammento biancastro di cm 1,2 di asse maggiore;

descrizione microscopica: A) Pleura parietale ulcerata, sede di ectasie vascolari, fibrosi, flogosi cronica linfoplasmacellulare talora in aggregati follicolari, spiccata iperplasia mesoteliale. Non evidenza di neoplasia. B,C) Presenza plurifocale di mesotelioma maligno monofasico epitelioide infiltrante, in contesto di diffusa fibrosi e flogosi cronica ed acuta pleurica. D,E) Pleura parietale indenne da neoplasia, sede di flogosi acuta e cronica e fibrosi a prevalente sede subpleurica. F) Parenchima polmonare sede di flogosi acuta e cronica e fibrosi a prevalente sede subpleurica. G) Materiale ematofibrinoso e necrotico;

colorazioni immunoistochimiche: Calretinina +, EMA (E29) +, HBME-1 +, CEA (II-7) -, Ber-Ep4 -;

diagnosi: mesotelioma maligno monofasico epitelioide infiltrante.

Il caso viene quindi discusso dal gruppo di valutazione del Registro Mesoteliomi della Lombardia e classificato come "Mesotelioma maligno pleurico certo".

STORIA DELL'ESPOSIZIONE PROFESSIONALE ED EXTRA-PROFESSIONALE AD AMIANTO

Esposizione professionale

Dal 1950 al 1953 (15-18 anni): commesso presso un ufficio amministrativo con mansione di fattorino, sempre per brevi periodi di tempo.

Dal 1953 al 1955 (18-20 anni): autotrasportatore, in ambito cittadino, per l'azienda di trasporti familia-

re, a Torino. Ha trasportato sabbia e/o terriccio rimosso dagli escavatori in cantieri edili, oppure sabbia e/o terra prelevata in cave per lavori di edilizia. Nega di aver trasportato materiale edile di altro genere. Si occupava anche della manutenzione dell'autocarro, sia della meccanica in generale che dei freni, ma sempre per riparazioni sporadiche e di modesta entità.

Nel 1955 per un periodo limitato a soli 5 mesi ha trasportato il materiale amiantifero grezzo (roccia di serpentino) estratto dalla Cava di Balangero (TO) verso l'impianto di prima lavorazione situato 200 m più in basso rispetto al punto di carico. L'autocarro portava da 1 a 2 tonnellate di materiale, che veniva caricato alla rinfusa nella cava con escavatore e successivamente scaricato in un dirupo a strapiombo, in un'area deposito presso l'impianto di lavorazione. L'autocarro era scoperto e la cabina era ovviamente impolverata. La polvere era generata dalle operazioni di carico e dalla circostante polimorfa attività di cava (sbancamenti, cariche esplosive ecc.).

Dal 1955 al 1960 (20-25 anni): studente in Lettere e Filosofia presso l'Università Cattolica di Milano (senza svolgere alcuna altra attività).

Dal 1960 al 2000 (25-68 anni): insegnante di Lingua e Letteratura Italiana presso l'Università Statale del Colorado (USA). Ha svolto anche un'attività parallela assimilabile alla docenza in un centro culturale per immigrati italiani in USA, promuovendo scambi culturali tra l'università del Colorado e quelle italiane.

Esposizione extra-professionale

Servizio militare: non effettuato.

Hobbies: riparazioni saltuarie alla propria autovettura, compresi freni e frizione.

Storia residenziale:

- dal 1935 al 1938: condominio ad Alba (CN);
- dal 1938 al 1940: condominio a Vercelli (VC);
- dal 1940 al 1943: casa unifamiliare a Casteldelfino (CN);
- dal 1943 al 1945: condominio ad Alba (CN);
- dal 1945 al 1960: condominio a Torino (TO);
- dal 1960 al 2000: condominio in Colorado (USA);
- dal 2000: condominio a Sesto San Giovanni (MI).

Il paziente nega in tutte le suddette residenze la presenza di manufatti in cemento-amianto.

Storia professionale dei familiari conviventi:

– padre (convivente dal 1935 al 1959): autotrasportatore;

– madre (convivente dal 1935 al 1960): casalinga.

Il caso è stato classificato, dal gruppo di valutazione del Registro Mesoteliomi della Lombardia, come ad “Esposizione professionale certa”.

DISCUSSIONE

L'esordio clinico della malattia, con la comparsa di dolore toracico e versamento pleurico persistente, orientava verso una patologia neoplastica pleurica maligna. L'esame TAC del torace e dell'addome forniva indicazioni nello stesso senso, in quanto mostrava l'esistenza di un ispessimento della pleura in assenza di lesioni produttive polmonari o addominali. Dirimente è stata la videotoroscopia che, già all'esame ispettivo, evidenziava numerose lesioni biancastre sulla pleura parietale sinistra. L'esame istologico, supportato dal risultato delle colorazioni immunohistochemiche specifiche, ha reso definitiva conferma della diagnosi di mesotelioma maligno monofasico, di tipo epiteliale, infiltrante.

Si tratta quindi di un caso di mesotelioma pleurico certo in un soggetto che ha svolto l'attività di semplice trasporto del materiale grezzo escavato, per un assai breve periodo di tempo (5 mesi), presso la cava di Balangero che era all'epoca il maggiore giacimento di amianto crisotilo in Europa. L'esposizione professionale ad amianto, pur essendosi verificata per un periodo di tempo molto limitato e non ad amianto puro ma a polvere di roccia di serpentino amiantifera (crisotilo), è stata verosimilmente caratterizzata da elevate concentrazioni di fibre in conseguenza delle modalità con cui l'attività veniva svolta: permanenza quotidiana di molte ore nella cava, in particolare nelle aree di estrazione e movimentazione del minerale; modalità di caricamento (con ruspa a caduta nel cassone del camion) e trasporto (assenza di copertura del carico) di notevoli quantità (da 1 a 2 tonnellate) di materiale; modalità di scarico (a caduta) del materiale; mancanza di dispositivi di protezione individuale. Una

recente rivalutazione delle condizioni lavorative e di esposizione all'amianto nella cava di Balangero in tutto il periodo della sua attività (7) conferma che almeno fino alla metà degli anni '50 le operazioni di estrazione e prima lavorazione del minerale venivano effettuate senza alcun controllo della dispersione di polveri, in quanto non ne veniva misurata la dispersione né venivano adottati sistemi di abbattimento.

La mancata identificazione (ricercata in maniera assai minuziosa secondo il questionario ISPESL (2) in uso presso i Registri Mesoteliomi) di altre occasioni di contatto con amianto prima e dopo il citato periodo di esposizione, sia in ambito professionale che nel normale ambiente di vita, sostiene la conclusione che proprio a quel breve periodo di esposizione va attribuito il ruolo eziologico della patologia comparsa dopo una latenza di ben 48 anni. Il caso conferma altre segnalazioni dimostrando che una significativa esposizione anche assai breve nel soggetto suscettibile è adeguata a introdurre la dose necessaria e sufficiente a provocare dopo la nota lunga latenza il mesotelioma. In particolare viene confermata la ipotesi relativa alla capacità del crisotilo di causare mesoteliomi, direttamente o attraverso la quota anfibolica che sempre lo contamina.

Questo potere oncogeno dell'amianto dopo unica breve esposizione lo distingue da tutti gli altri cancerogeni che sono tanto più patogeni quanto più prolungate e ripetute sono le esposizioni: la caratteristica è ben comprensibile se si considera la lunghissima biopersistenza del minerale che giorno dopo giorno può sviluppare la sua azione senza necessità di altri apporti.

Fra tutti i cancerogeni, pertanto, l'amianto è assimilabile soltanto ad un isotopo radioattivo a lunga vita media che sia dotato della capacità di fissarsi stabilmente ai tessuti umani.

BIBLIOGRAFIA

1. IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER): *Asbestos. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man*. Vol. 14, Lyon, France, 1987

2. ISPESL: *Linee guida per la rilevazione e la definizione dei casi di mesotelioma maligno e la trasmissione dell'informazione all'ISPESL da parte dei Centri Operativi Regionali*. Roma: 2002 (Seconda Edizione)
3. LANDRIGAN PJ, NICHOLSON J, SUZUKI Y, LADOU J: The hazard of chrysotile asbestos: a critical review. *Ind Health* 1999; 37: 271-280
4. MERLER E, VINEIS P, ALHAIQUE D, MILIGI L: Occupational cancer in Italy. *Environ Health Perspect* 1999; 107: 259-271
5. NICHOLSON WJ: The carcinogenicity of chrysotile asbestos - A review. *Ind Health* 2001; 39: 57-64
6. PIOLATTO G, NEGRI E, LA VECCHIA C, et al: An update of cancer mortality among chrysotile asbestos miners in Balangero, northern Italy. *Br J Ind Med* 1990; 47: 810-814
7. SILVESTRI S, MAGNANI C, CALISTI R, BRUNO C: The experience of the Balangero chrysotile asbestos mine in Italy: health effects among workers mining and milling asbestos and the health experience of persons living nearby. *Canadian Mineralogist Special Pub* 2001; 5: 177-186
8. STAYNER LT, DANKOVIC DA, LEMEN RA: Occupational exposure to chrysotile asbestos and cancer risk: a review of the amphibole hypothesis. *Am J Public Health* 1996; 86: 179-186

LETTERE IN REDAZIONE

Didattica e assistenza: attività necessarie per la formazione dello specializzando in Medicina del Lavoro

Fra le attività previste dagli Statuti delle Scuole di Medicina del Lavoro, quella clinico-assistenziale ricopre una notevole importanza per la formazione degli specializzandi.

Per tale motivo, per ogni lavoratore che perviene agli ambulatori del nostro Istituto, oltre alla "normale" cartella sanitaria viene stesa una relazione che contiene le notizie salienti relative all'anamnesi lavorativa, all'anamnesi patologica ed agli accertamenti effettuati; essa inoltre evidenzia, nel paragrafo "considerazioni", l'iter che è stato seguito al fine di pervenire al giudizio diagnostico e/o di idoneità lavorativa specifica. Laddove risulti utile, viene indicata anche la bibliografia più aggiornata. La stesura preliminare della relazione viene affidata allo specializzando e successivamente sottoposta al vaglio dei medici, che fungono da *tutor* e che sono docenti della Scuola.

La relazione, trattandosi di un documento sanitario, viene inviata solo ai medici che hanno richiesto gli accertamenti. Si tratta generalmente di Medici Competenti che operano nel territorio, di Medici che operano nell'Azienda Ospedaliera cui il nostro Istituto afferisce e, meno frequentemente, di Medici del Lavoro afferenti alle ASL provinciali. Tendono ad aumentare le richieste dei Medici di Medicina Generale e dei Patronati, mentre numericamente minori rispetto al passato sono quelle dell'INAIL.

Riteniamo che questa metodologia, non nuova perché già adottata dal prof. E.C. Vigliani presso la Clinica del Lavoro di Milano, presenti vantaggi per tutti i sanitari che intervengono nella preparazione della relazione. Fra gli aspetti che ci portano a ritenere tale strumento particolarmente utile, riteniamo siano da sottolineare quelli relativi alle tematiche che vengono discusse nel paragrafo "considerazioni", nelle quali si cerca di ponderare:

a) in fase di diagnosi, il ruolo di fattori occupazionali causali e concasuali (adottando il criterio *post hoc vel propter hoc*) o di altri fattori esterni all'attività lavorativa che possano concorrere alla genesi della patologia in osservazione, al fine di pervenire – motivandola concretamente – alla formulazione della diagnosi clinica ed eziologica;

b) in fase di stesura del giudizio di idoneità lavorativa, le relazioni fra stato di salute e attività specifica svolta; valuta-

zioni per le quali non si può prescindere dalle informazioni che derivano dall'anamnesi lavorativa. Talora si rende necessario disporre di ulteriori informazioni che solo il Medico Competente, il RSPP o altre professionalità coinvolte nella problematica possono trasmettere. Inoltre, diviene talvolta necessario procedere ad un sopralluogo, generalmente effettuato congiuntamente dallo specializzando e dal *tutor*.

Noi auspichiamo, inoltre, che la relazione sanitaria serva a creare legami forti fra la struttura didattico-assistenziale e i medici che operano sul territorio, siano essi medici competenti o medici del servizio sanitario nazionale. Questi ultimi potranno ad esempio trovare conferma riguardo all'importanza dell'essersi posto il quesito: *quam artem exerceat?* Il medico competente potrà facilmente rilevare che nell'Istituto esiste un punto di riferimento per far fronte a tematiche per lui di frequente riscontro, o particolarmente complesse, traendone anche spunti e riferimenti concreti per l'aggiornamento. Infine, per coloro che sono stati diplomati dalla Scuola, la relazione clinica potrà rappresentare una modalità per rinsaldare legami che anche altre attività, quali i seminari di aggiornamento e il sito dell'Istituto, concorrono a rafforzare.

Le motivazioni per le quali riteniamo che la relazione risulti utile sia per lo specializzando che per tutti gli altri sanitari operanti all'interno dell'Istituto e della Scuola sono molteplici:

a) innanzitutto, una metodologia di questo tipo rende necessario che tutti i sanitari coinvolti verifichino costantemente se le loro conoscenze sulle problematiche affrontate sono aggiornate, anche perché dovranno fornire le pertinenti indicazioni bibliografiche. Questo abitua lo specializzando alla consultazione della letteratura, che oggi può avvenire agevolmente tramite *internet*, ma che trova nella biblioteca interna dell'Istituto la fonte primaria di consultazione. Stimola inoltre lo specializzando verso la successiva discussione dei dati clinico-anamnestici e bibliografici con i *tutor*;

b) l'illustrazione e motivazione dell'iter adottato permetterà di acquisire un *modus operandi* che poi resterà patrimonio dello specializzando. Gli consentirà, inoltre, di confron-

tarsi con gli altri colleghi che riceveranno la relazione sanitaria e permetterà agli stessi estensori di verificare nel tempo la validità di quanto sostenuto nelle “considerazioni”;

c) la verifica che tutto quanto era ritenuto necessario programmare per pervenire ai giudizi finali sia stato effettivamente esperito appare particolarmente importante. Infatti, in altri tempi, quando gli accertamenti venivano effettuati in regime di ospedalizzazione, era possibile verificare costantemente la completezza degli accertamenti e l'adeguatezza dell'impostazione del caso; oggi, nella maggioranza delle situazioni, gli accertamenti devono essere esperiti in regime ambulatoriale o di *day hospital*;

d) la possibilità di facilitare il confronto fra casi che presentano problematiche analoghe e fra lavoratori che appartengono al medesimo gruppo;

e) il fatto che il motivare le proprie conclusioni attraverso una relazione dettagliata, frutto di una discussione, possa costituire un importante strumento per migliorare la qualità sia del giudizio diagnostico e del giudizio di idoneità che della comunicazione fra colleghi.

Per questi motivi, sul nostro sito (www.med.unibs.it/medlav) apparirà una rubrica nella quale verranno inserite alcune relazioni che riteniamo possano essere di utilità anche per gli specializzandi che afferiscono ad altre Scuole. Desideriamo precisare che non è nostra intenzione aprire una rubrica nella quale verrà raccolta una casistica che “presenti particolari aspetti di interesse” ma piuttosto, almeno inizialmente, intendiamo includere casi “normali” per proporre al lettore modelli da seguire nell'*iter* diagnostico e nella formulazione dei giudizi di idoneità specifica alla mansione. Saremmo molto lieti se ciò permettesse anche di aprire una discussione sull'*iter* adottato e sui giudizi formulati: uno scambio – *on line* – di pareri, di materiale bibliografico, etc. potrebbe risultare assai proficuo sia per migliorare la qualità del “prodotto” che deve ricevere il lavoratore/paziente ed il sanitario che lo propone all'Istituto, sia per ampliare l'orizzonte delle conoscenze, non solo degli specializzandi ma an-

che dei docenti (a tale scopo potrà essere utilizzato il nostro indirizzo di posta elettronica: medlav@med.unibs.it).

Per quanto riguarda la formazione clinica degli specializzandi, riteniamo che l'attività svolta presso gli ambulatori del nostro Istituto non sia completa. Per tale motivo, sono previsti brevi periodi di frequenza presso altri reparti clinici quali la Dermatologia, l'Oculistica, il Dipartimento di Emergenza-Urgenza e Accettazione di Alta Specialità/118 e, per periodi di tempo protratti, la Pneumologia. Ciò permette ai nostri discenti di approfondire aspetti di diagnostica differenziale, e comporta una maggiore attenzione dei sanitari che operano in questi reparti verso una possibile eziologia occupazionale di alcune delle patologie osservate.

Chiaramente, non intendiamo qui affermare che l'assistenza sia l'unica attività necessaria per la formazione dei medici specializzandi, ma la sua importanza risulta evidente per le strette relazioni che devono intercorrere fra valutazione del rischio, sorveglianza sanitaria e formulazione della diagnosi e del giudizio di idoneità alla mansione specifica.

Per concludere, non ci sembra superfluo sottolineare che metodologie di questo tipo sono molto stimolanti e altrettanto impegnative, sia per l'*équipe* dei docenti che per gli specializzandi. Esse costituiscono sicuramente una parte importante delle attività didattiche e di formazione pratica. Risulta quindi incomprensibile come il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca continui a considerare l'impegno che i docenti approfondono presso le Scuole di Specializzazione come un'attività didattica “marginale” che, addirittura, i professori di ruolo ed i ricercatori non possono computare in quelle oggi ufficialmente richieste.

Lorenzo Alessio

Elisa Albini

Stefano Porru

Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro
Università degli Studi di Brescia

NOTIZIARIO

Dibattito e confronto sui criteri da adottare nella realizzazione del “testo unico” sulla prevenzione nell’ambito della delega al governo per la “semplificazione” delle norme per la salute e la sicurezza sul lavoro

“Norme sulla prevenzione: semplificare per migliorare?”

Cenacolo della Camera dei Deputati, 11 maggio 2004

Il seminario è stato organizzato dal COPIT (Comitato di Parlamentari per l’innovazione tecnologica) e dalla CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione), organismo che riunisce 15 associazioni scientifiche e professionali del settore della prevenzione e che rappresenta circa 15.000 esperti del settore).

I lavori sono stati moderati dall’ing. Michele Casciani della CIIP e dall’on. Aldo D’Alessio del COPIT ed aperti da un saluto della on. Carla Mazzuca, vice presidente del COPIT, e del past presidente della CIIP, prof. Vito Foà.

L’on. Carla Mazzuca, tra l’altro, ha annunciato la presentazione di una proposta di legge (che ha già raccolto oltre 100 firme), per garantire ulteriormente le donne lavoratrici dagli incidenti che accadono sui luoghi di lavoro.

I presenti hanno dato vita ad una analisi e ad un dibattito sulle necessità di consolidamento e miglioramento delle norme per la prevenzione e la protezione della salute dei lavoratori a dieci anni dall’entrata in vigore del D.lgs. 626 e nella prospettiva della Legge di semplificazione.

In tale prospettiva, si è convenuto sulla necessità di un maggiore confronto delle associazioni rappresentative dei più qualificati esperti e professionisti del settore con il Governo, sul riordino della legislazione in tema di salute e sicurezza sul lavoro (art. 3 legge 29 luglio 2003 n. 229) al fine di pervenire in tempi brevi ad un aggiornato ed organico “Testo Unico” in materia; e, prioritariamente si è richiesto in che modo e con quali propositi il Governo stia procedendo nel riassetto normativo.

I lavori sono stati avviati con le relazioni del prof. Giuseppe Nano (presidente della CIIP) sul tema “Luci ed ombre nella applicazione delle norme della 626. Cosa migliorare, cosa semplificare” e dell’ing. Marco Masi, coordinatore del Comitato Tecnico delle Regioni, che ha riferito il

punto di vista delle Regioni. Paola Agnello Modica e Tommaso Campanile che hanno illustrato, rispettivamente, le posizioni di CGIL - CILS - UIL e della Confederazione dell’Artigianato.

La Confindustria, seppur invitata ad esprimere la propria posizione ha disertato i lavori.

Con grande energia la rappresentante delle maggiori confederazioni del lavoro ha chiesto di arrivare ad un confronto più franco, nel merito e nel metodo, con il Governo per meglio valutare gli indirizzi della delega per lo snellimento della legge 626.

Sotto la presidenza dell’on. Mario Tassone (presidente del COPIT) si è svolta quindi la tavola rotonda conclusiva aperta da una introduzione dell’on. Maurizio Sacconi, sottosegretario al Ministero del Welfare, che ha dato notizia delle elaborazioni in corso dichiarando la propria disponibilità ad un confronto ravvicinato, da svolgere prima delle decisioni da adottare.

Dopo aver confermato di aver richiesto una proroga di sei mesi che è già stata accordata da un ramo del parlamento, ha illustrato il metodo e le linee generali che sono state seguite per la stesura del testo. Il nuovo testo si pone l’obiettivo di rendere più semplice l’applicazione delle norme in particolare per le piccole industrie, per l’artigianato e per l’agricoltura. Allo scopo è allo studio l’applicazione delle norme anche alle micro realtà quali le imprese familiari o quelle con un unico dipendente per estendere le garanzie anche a questi soggetti. Grande importanza verrà data agli organi bilaterali con compiti sussidiari e non sostitutivi a quelli degli organi di vigilanza. Ha voluto poi tranquillizzare le parti sociali su alcune indiscrezioni che circolano tra gli addetti alla prevenzione: in particolare ha smentito che si stia pensando ad una generale trasformazione della legi-

slazione tecnica in norme di buona tecnica e che si stia pensando ad una depenalizzazione generalizzata. In fine ha assicurato che il testo, prima della stesura definitiva, sarà oggetto di un ampio confronto con le parti sociali e con le associazioni scientifiche di settore.

“E’ nostra intenzione, ha affermato il sottosegretario, accettare un confronto ravvicinato con le associazioni e con le parti sociali sul tema in questione, ovviamente prima di giungere alle decisioni finali.”

Il senatore Tomassini, presidente della Commissione Sanità del Senato, dopo aver auspicato un maggior coinvolgimento del ministero della sanità ha ripreso i temi toccati dall’onorevole Sacconi aggiungendo alcune importanti osservazioni. In particolare ha sottolineato la necessità di un maggiore impegno sulla formazione nel campo della prevenzione e della sicurezza.

Sono seguiti gli interventi del sen. Mungari (presidente

dell’INAIL), e di Antonio Moccaldi (presidente dell’ISPE-SL) e quelli di numerosi altri autorevoli esponenti delle istituzioni e delle parti sociali.

Dopo numerosi altri interventi, protrattisi fino ad ora tarda, e le conclusioni di Tassone, COPIT e CIIP hanno comunicato la loro intenzione di presentare un resoconto della riunione mediante la pubblicazione di un fascicolo divulgativo e di convocare una conferenza a tre voci (Parti sociali, Presidenza delle Commissioni parlamentari, Governo) per esporre le opinioni delle stesse in ordine alla delega sulla riforma della 626.

Prof. Giuseppe Nano
Presidente della CIIP

On. Mario Tassone
Presidente del COPIT

Il Corso di Aggiornamento Patologia e traumatologia dello sport Torino, 13 novembre 2004

Il 13 novembre 2004 a Torino nell’ Aula Magna Ospedale CTO si terrà il II corso di aggiornamento “Patologia e traumatologia dello Sport - Patologia da microtraumatismi e sforzi ripetuti nello sport e nel lavoro: la Spalla”.

Per ulteriori informazioni contattare la Segreteria Orga-

nizzativa: Il Melograno Servizi, via Pigafetta, 36 - 10129 Torino.

Tel. 011/505730, fax 011/590940

email: info@ilmelgranoservizi.com

info-congresso on line: www.ilmelgranoservizi.com

Convegno Nazionale “La formazione e l’informazione sulla prevenzione e sicurezza edilizia” Bergamo, 22 novembre 2004

Lunedì 22 novembre 2004 si terrà a Bergamo, presso il Centro Congressi Papa Giovanni XXIII, il Convegno Nazionale La formazione e l’informazione sulla prevenzione e sicurezza in edilizia.

Per ulteriori informazioni:

Segreteria Scientifica: Unità Operativa Ospedaliera Me-

dicina del Lavoro - Ospedali Riuniti di Bergamo, Largo Barozzi, 1 - 24128 Bergamo; tel. 035/269196; fax: 035/266866; e-mail: lbelotti@ospedaliriuniti.bergamo.it

Segreteria Organizzativa: Davide Ramenghi, tel: 035/4243241, info@cptbergamo.it; Walter Andreazza, tel: 035/270745 cpta.info@edilcassabg.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI NAPOLI FEDERICO II



SECONDA UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI NAPOLI

67° Congresso Nazionale SIMLII

SOCIETÀ ITALIANA DI MEDICINA DEL LAVORO E IGIENE INDUSTRIALE

SORRENTO - Hotel Hilton Sorrento Palace
3 - 6 Novembre 2004

Monitoraggio biologico e Ambienti confinati non industriali: aggiornamenti e prospettive

PROGRAMMA SCIENTIFICO

Mercoledì, 3 Novembre 2004

- Ore 14.30** Consiglio Direttivo SIMLII e Registrazione
- Ore 17.00** Cerimonia Inaugurale
- Ore 18.00** Celebrazione del 75° anniversario della fondazione della Società Italiana di Medicina del Lavoro
- Ore 20.00** Cocktail di benvenuto

- Ore 14.00** Sessione poster
- Ore 14.30** Sessioni parallele:
- Comunicazioni orali sul tema
 - Discussione dei poster
- Ore 16.10** Coffee break
- Ore 16.30** Linee Guida SIMLII:
Mercurio, Cromo, Pronto Soccorso

- Ore 10.40** Coffee break
- Ore 11.00** IV Sessione plenaria: Rischi fisici
- Discomfort acustico
 - Discomfort illuminotecnico
 - Discomfort termoisgrometrico
 - Valutazione del rischio e sorveglianza sanitaria
- Discussione

Giovedì, 4 Novembre 2004

"Nuovi indicatori biologici in Medicina del Lavoro: aggiornamento e prospettive"

- Ore 08.30** I Sessione plenaria: Basi razionali e significato tossicologico degli indicatori biologici
- Introduzione
 - Nuovi indicatori di esposizione
 - Indicatori di dose biologicamente efficace
 - Nuovi indicatori di effetto
 - Monitoraggio biologico e suscettibilità individuale
- Discussione

Ore 10.40 Coffee break

- Ore 11.00** II Sessione plenaria: Il monitoraggio biologico nella pratica della Medicina del Lavoro
- La qualità del dato e l'interpretazione dei risultati del monitoraggio biologico
 - Il contributo del monitoraggio biologico alla valutazione del rischio
 - Ruolo del monitoraggio biologico nella sorveglianza sanitaria ed epidemiologica
 - Principi etici nell'impostazione, valutazione e gestione dei dati di monitoraggio biologico
- Discussione

Ore 13.00 Colazione di lavoro



Venerdì, 5 Novembre 2004

"Qualità degli ambienti confinati non industriali (indoor): valutazione del rischio, prevenzione, sorveglianza sanitaria"

- Ore 08.30** III Sessione plenaria: Rischio chimico e biologico
- Introduzione
 - Qualità dell'aria
 - Inquinamento chimico e fumo passivo
 - Inquinamento biologico e allergopatie
 - Impianti di climatizzazione
- Discussione

- Ore 13.00** Colazione di lavoro
- Ore 14.00** Sessione poster

- Ore 14.30** Sessioni parallele:
- **Simposio satellite 1:** I valori limite nella pratica dell'Igiene Industriale e della Medicina del Lavoro (in coll. con AIDII)
 - **Simposio satellite 2:** Radiazioni non ionizzanti: normativa, valutazione del rischio, sorveglianza medica (in coll. con AIRM)
- Comunicazioni orali sul tema

Ore 16.10 Coffee break

- Ore 16.30** Sessioni parallele:
- **Simposio satellite 3:** Patologie cronico-degenerative dell'apparato muscolo-scheletrico correlate al lavoro (in coll. con SIR)
 - **Simposio satellite 4:** Danno biologico: riconoscimento assicurativo e previdenziale (in coll. con INAS, INAIL e INPS)
 - Comunicazioni orali e discussione dei poster

Ore 18.30 Assemblea dei soci

Ore 21.00 Cena sociale

Sabato, 6 Novembre 2004

Ore 09.00 Sessioni parallele: Comunicazioni libere

Ore 11.30 Relazioni dei Rapporteur

Ore 12.30 Cerimonia di chiusura

SEGRETERIA SCIENTIFICA

Sezione di Medicina del Lavoro,
Dip. di Scienze Mediche Preventive,
Università degli Studi di Napoli Federico II

Via S. Pansini, 5 - 80133 Napoli
Tel. 081.7463838 - Fax 081.7463837
e-mail: simlil2004@unina.it

Sezione di Medicina del Lavoro Igiene
e Tossitologia Industriale, Dip. di Medicina
Sperimentale, II Università degli Studi di Napoli

Piazza Miraglia, 2 - 80138 Napoli
Tel. 081.5665150 - Fax 081.441330
e-mail: congresso.simlil@unina2.it

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

ARITUR s.r.l.

Via San Giacomo, 31
80133 Napoli

Tel. 081.5528969 - Fax 081.5520877

e-mail: aritur@libero.it

E' stata inoltrata al ministero domanda per l'accreditamento E.C.M. (Educazione continua in Medicina)



Dipartimento di Medicina del Lavoro
"Clinica del Lavoro L. Devoto"



MILAN, ITALY 11-16 JUNE 2006

***"Renewing a century of commitment to healthy,
safe and productive working life"***

A century has passed since a group of occupational health physicians and scientists met in Milan in order to found the Permanent International Commission on Occupational Diseases – now the International Commission on Occupational Health – ICOH.

It will be the Congress of the Centenarian and the best efforts will be made to guarantee an efficient scientific and cultural programme taking into account the changes in working methods and consequent risks for health and at the same time attention will be drawn to the persistence in many regions of the world of working conditions that still cause well-known occupational diseases.



For further information:

- www.icoh2006.it
- Tel. +39 0250320110 – Fax +39 0250320111
- e-mail: sabrina.bralati@uniml.it

R E C E N S I O N I

Omaggio a Gaia. La vita di uno scienziato indipendente

James Lovelock

Bollati Boringhieri (2002); pp 7-473 (Euro 49,00)

Un interesse, ancorché di livello epidermico, nei confronti della tutela dell'ambiente naturale dall'effetto delle attività umane è ormai patrimonio culturale anche di coloro che non sono direttamente coinvolti nella gestione dei differenti aspetti della relazione tra l'uomo e l'ambiente. La percezione della Terra quale sistema integrato di parti e fenomeni tra di loro interdipendenti è antica e rappresenta la base di sistemi di pensiero astratto formulati da numerose culture umane, anche tra di loro profondamente differenti per livello di sviluppo tecnologico e di conoscenza scientifica. La formulazione in termini razionali di questa antica consapevolezza è tuttavia acquisizione recente e non ancora del tutto condivisa da parte della comunità scientifica e si deve quasi interamente – caso ormai raro nel sistema della scienza contemporanea – all'intuizione di un singolo ricercatore che, pur rimanendo per scelta deliberata indipendente dalle istituzioni scientifiche universitarie, governative ed industriali e operando peraltro con finanziamenti di entità limitatissima, ha fornito, nel corso di ormai trent'anni, una serie di evidenze empiriche e sperimentali, attraverso una rete di contatti scientifici che coinvolge alcuni dei massimi esponenti della cultura biologica del XX secolo.

James Lovelock è lo scienziato che ha formulato, fino dalla fine degli anni '60, il modello complessivo – da lui stesso divulgato sotto il nome dell'antica dea greca della terra, Gaia, suggeritogli dal premio Nobel per la letteratura William Golding – delle interazioni tra componente minerale abiotica ed organismi viventi che, a partire dalla più remota antichità del pianeta Terra, da allora vi hanno consentito il mantenimento della vita. La sua recente autobiografia (*Omaggio a Gaia. La vita di uno scienziato indipendente*. Bollati Boringhieri, Torino, 2002) fa seguito a tre saggi divulgativi della teoria gaiana, da tempo tradotti anche in italiano (*Gaia. Nuove idee sull'ecologia*. Bollati Boringhieri, Torino, 1981; *Le nuove età di Gaia: una biografia del nostro mondo vivente*. Bollati Boringhieri, Torino, 1991; *GALA: Manuale di medicina planetaria*. Zanichelli, Bologna, 1992) e ripropone la lettura della propria vasta produzione scientifica, nella quale ha progressivamente formulato le basi

della teoria e ha fornito alcune prove sperimentali delle anticipazioni che la sua applicazione ad alcuni problemi ecologici consentiva.

Lovelock nel 1956 divenne famoso per aver messo a punto il rivelatore a cattura di elettroni, la cui elevatissima sensibilità consente ancor oggi la misura di specie chimiche alogenate presenti in tracce nell'atmosfera e la cui estesa commercializzazione è risultata determinante nello sviluppo della ricerca sul destino ambientale di una classe di composti organici, i pesticidi organoclorurati. Al DDT si deve la vittoria su pandemie storiche quale il flagello della malaria, ma la persistenza di queste sostanze nell'ambiente produrrà conseguenze durature non solamente in termini di danni alle specie viventi ed all'ecosistema nel suo complesso, ma soprattutto in termini di attenzione suscitata, poiché influenzerà in misura decisiva la percezione contemporanea della relazione tra l'uomo e il suo pianeta. Quanto oggi il paradigma gaiano costituisca il riferimento nelle moderne scienze dell'ambiente e dell'uomo è significativamente dimostrato dai titoli di due delle più importanti riviste scientifiche di settore: *Chemosphere* e *The Science of the Total Environment*.

Uno snodo cruciale nella genesi di quanto diverrà successivamente l'ipotesi gaiana giunge infatti quando Lovelock sottopone ad una critica stringente il paradigma attraverso il quale gli scienziati della NASA si propongono di ricercare, nel corso della spedizione Viking, che si svolgerà effettivamente quasi 15 anni dopo, le tracce della possibile esistenza di vita animata sul pianeta Marte: laddove l'enfasi è da essi posta sulla possibilità di misurare la presenza di specifici prodotti del metabolismo generale quale si è evoluto sulla Terra, Lovelock identifica nella condizione di disequilibrio termodinamico dell'atmosfera planetaria l'indizio dell'esistenza di flussi di specie chimiche tra la superficie del pianeta, ove esse vengono prodotte in continuazione dagli organismi viventi, e la sua atmosfera, ove esse vengono consumate. La proprietà saliente del fenomeno "vita" risulta pertanto la capacità di mantenere l'intero sistema planetario in uno stato di entropia inferiore a quello definito

dallo stato di equilibrio termodinamico tra le specie chimiche che lo compongono. In termini tanto esemplificativi quanto rigorosi, la presenza nell'atmosfera terrestre di macrocomponenti quali l'azoto e l'ossigeno allo stato elementare in presenza di acqua libera allo stato liquido sulla superficie del pianeta rappresenta una condizione di instabilità o lontananza dall'equilibrio termodinamico, che prevede la loro completa conversione nello ione nitrato disciolto in acqua. Un altro indice della sussistenza di uno stato lontano dall'equilibrio è rappresentato dalla presenza in atmosfera di alcuni componenti in traccia, quali il metano e il monossido di carbonio, in presenza di un eccesso di ossigeno, ciò che implica una loro continua e massiva produzione biologica in misura tale da compensarne la lenta ma spontanea ossidazione chimica.

Un'ulteriore scoperta effettuata da Lovelock, e resa possibile dalla disponibilità dei sensibilissimi rivelatori gascromatografici di sua invenzione, è la naturale presenza nell'atmosfera di tracce a livello di parti per trilione di alcuni composti organici. Tra di essi, grande rilevanza assumono quella degli alogenuri di metile e del dimetilsolfuro, che Lovelock riuscì a misurare nell'aria e nelle acque marine irlandesi e del quale identificò la sorgente nella spontanea degradazione del dimetilsolfoniopropionato, il composto anfolita che mantiene la pressione osmotica all'interno delle cellule delle alghe marine, consentendo loro di sopravvivere alla salinità dell'acqua. In particolare, l'identificazione di questo composto lo colloca nel complesso ciclo geo-biochimico dell'elemento zolfo, addirittura quale agente responsabile della formazione del manto nuvoloso che mantiene la temperatura del pianeta entro l'intervallo ottimale per lo svolgersi dei processi biologici, attraverso la sua ossidazione agli acidi metansolfonico e solforico, che a loro volta reagiscono con l'ammoniaca liberata dalla decomposizione del materiale organico, originando le microparticelle saline che costituiscono i nuclei di condensazione del vapor acqueo. Il *biota*, ovvero l'insieme degli organismi viventi, sembra pertanto possedere la capacità di modificare le condizioni climatiche e morfologiche del pianeta nel verso che ne favorisce il mantenimento, ovvero mostra una capacità omeostatica nell'opporci ai cambiamenti in grado di sfavorire i fenomeni viventi, considerati nel loro complesso. Lovelock concepisce e codifica *Daisyworld*, il primo programma per computer in grado di simulare l'evoluzione di un pianeta sul quale vivono una o più specie in grado di mantenerne stabile il clima, opponendosi all'effetto di un aumento dell'attività solare, attraverso variazioni delle caratteristiche della loro crescita sul pianeta.

Di particolare interesse appaiono inoltre il racconto e la discussione che l'autore fa delle relazioni, anche conflittuali, che intercorrono tra la teoria scientifica gaiana e contemporanei fenomeni culturali di natura filosofica, religiosa e politica, quali il pensiero *New Age*, le posizioni in materia am-

bientale espresse da alcune denominazioni cristiane e da differenti filoni dell'ambientalismo laico. Questo particolare aspetto è motivo, per l'Autore, di uno sforzo di natura didattica e culturale, volto ad evitare la deriva della teoria gaiana verso la genericità di una "religione panteistica" (approccio che pure fa riferimento a momenti importanti dell'evoluzione del pensiero umano), ora su base "scientifica", più che "magica". Per questa ragione, Lovelock ha impiegato spesso, nel riferirsi alla propria teoria, il sinonimo "geofisiologia" ed ha ritenuto di doversi differenziare rispetto ad alcuni predecessori, tra cui Vernadskij (il ricercatore russo che coniò, negli anni '20 il termine "biosfera"), in quanto, a differenza di quest'ultimo, che si limita ad affermare "la vita è una forza geologica", la teoria gaiana può essere effettivamente sottoposta a verifiche sperimentali sul campo (alcune delle quali effettivamente eseguite da parte di Lovelock e, successivamente, anche da altri studiosi) e a simulazioni computazionali. Uno dei più diffusi fraintendimenti della teoria gaiana, interpretata quale ritorno alla "Dea Madre" delle religioni arcaiche, riguarda proprio il rifiuto, implicito nell'adesione di fondo della teoria ai paradigmi della moderna versione "molecolare" dell'evoluzionismo neodarwiniano, del finalismo ottimista e dell'antropocentrismo propri delle interpretazioni *New Age*. Nelle parole dell'Autore: «L'interesse della *New Age* per me e per Gaia scaturì dalla mancata comprensione del rigore della mia teoria. Per loro, Gaia era la grande Madre Terra, l'incarnazione delle religioni orientali e la consolatrice delle femministe. Non vedevano l'altro suo lato, quello in cui Gaia ricorda Kali, la divinità sua sorella, dura e sinistra, che beveva il sangue degli esseri umani sorseggiandolo da un teschio. Gaia si batte soprattutto per affermare fermi vincoli, un concetto che la *New Age* non ha mai capito ...».

La lettura di questa autobiografia può risultare, a nostro parere, di grande interesse generale, e di specifica rilevanza professionale per i cultori di tutte le discipline biomediche e ambientali. Essa infatti descrive, con ricchezza di particolari fattuali e di spregiudicate considerazioni personali, il complesso retroterra scientifico e culturale nel quale si sono evoluti alcuni degli interessi più attuali della scienza dell'ambiente: lo studio della contaminazione ambientale da agenti chimici ubiquitari persistenti, la genesi delle 'piogge acide', del 'buco dell'ozono' e del riscaldamento globale; le speculazioni sulla possibile influenza di questi fenomeni sulla futura abitabilità del pianeta da parte di una popolazione umana tuttora nella sua fase di crescita esponenziale, e della ancor più acuta necessità di risorse alimentari ed industriali, che accompagna la crescita del livello di vita delle popolazioni finora escluse dall'accesso ai prodotti della moderna economia dei consumi.

La leggibilità generale delle argomentazioni scientifiche, talune delle quali normalmente richiedono nel lettore

un livello professionale di conoscenza del linguaggio della chimica fisica e della biologia, risulta a nostro parere sufficiente a coglierne gli aspetti sostanziali, e forse a stimolare l'interesse da parte dei lettori nei confronti di un loro approfondimento, anche utilizzando i numerosi testi scientifici e divulgativi citati, ed in particolare l'ultimo dei saggi del medesimo Autore (*GALA: Manuale di medicina planetaria*).

Lo specifico interesse che l'approccio lovelockiano può destare nei cultori della medicina del lavoro ed ambientale risiede oltretutto nelle considerazioni che l'Autore è in grado di trarre dall'osservazione sperimentale della naturale presenza nell'ambiente di composti solitamente associati alla chimica organica di origine antropogenica e industriale, alcuni dei quali, come gli alogenuri di metile, risultano peraltro classificati come agenti cancerogeni. A mano a mano che si estende il numero dei composti organici ed inorganici di cui si dimostra l'origine naturale, il ruolo nei cicli bio-

geochimici a livello planetario e il ruolo fisiopatologico negli organismi viventi (ad es., l'ossido di azoto, l'idrogeno solforato, il monossido di carbonio, l'etilene), risulta infatti necessario ridefinire alcuni paradigmi attraverso i quali la tossicologia industriale – che ha storicamente incarnato il suo ruolo scientifico di tutela dell'uomo, lavoratore o abitante il paesaggio antropizzato, dall'indebito danno conseguente all'esposizione agli agenti chimici – possa divenire ora disciplina di riferimento per tutte le interazioni tra l'uomo e le sostanze esogene, con il fine ultimo di concorrere, traendo pieno frutto dal suo sapere sperimentale e soprattutto epidemiologico, alla visione globale dei rapporti che regolano gli equilibri tra salute ed ambiente.

A. Colombi, F.M. Rubino
Dipartimento di Medicina del Lavoro,
Sezione Ospedale S. Paolo,
Università di Milano

N E C R O L O G I O

Prof. Tommaso Sessa

Il giorno 3 di marzo di quest'anno è deceduto il prof. Tommaso Sessa.

Era nato a Vietri su Mare (SA) nel febbraio del 1911.

Si era Laureato in Medicina e Chirurgia a Napoli nel 1934.

Nel 1938 era entrato come volontario nell'Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università degli Studi di Napoli, diretto dal prof. Nicolò Castellino.

Fu ordinario di Medicina Preventiva dei Lavoratori e Psicotecnica e Direttore dell'omonimo Istituto fino al 1985, anno del suo pensionamento da professore universitario.

Nel 1996 gli venne conferita la nomina di "Presidente onorario" dell'Ordine dei Medici della Provincia di Napoli.

Fu medaglia d'oro per il cinquantennio di iscrizione all'Ordine (1934-1984).

"Quanti ne abbiamo questa volta?" mi chiedeva ad ogni inizio di anno accademico, alludendo ai partecipanti ai Corsi di Perfezionamento in "Medicina Aziendale" e in "Psicotecnica per Laureati ed Assistenti Sociali". E dopo che gli avevo detto il numero dei nuovi iscritti, rispondeva compiaciuto: "Bene, anche quest'anno ci siamo. Grazie per aver cura dei miei Corsi".

Così ogni anno e per molti anni di seguito, dal momento che ho ereditato la Direzione dei Corsi di Perfezionamento che il professore Tommaso Sessa aveva creato nel 1980.

Era andato in pensione da ordinario di Medicina Preventiva dei Lavoratori e Psicotecnica nel 1986 ma aveva continuato a mantenere viva la sua passione per la didattica che aveva meticolosamente curata per oltre un trentennio di vita universitaria, mettendo a disposizione dell'Ordine dei Medici della provincia di Napoli il suo talento culturale e professionale per la formazione e l'aggiornamento dei giovani medici; sebbene a quel tempo non vi fossero obblighi di ECM, gli incontri da lui organizzati erano sempre affollati e venivano seguiti con grande interesse e partecipazione.

All'Università, ai Medici del Lavoro, del professore Tommaso Sessa rimane, assieme al vivo ricordo del suo impegno didattico e della sua frenetica attività, il risultato della grande mole di lavoro di ricercatore e di studioso: oltre 200 pubblicazioni scientifiche in tema di fisiopatologia cardiocircolatoria, fisiopatologia respiratoria, velocità di con-

duzione nervosa, intossicazioni sperimentali e professionali, malattie da agenti fisici, rischi professionali in agricoltura; e poi ancora un pregevole trattato di Medicina Preventiva dei Lavoratori in 2 volumi, primo del genere in Italia; un trattato di Psicotecnica con elementi di Psicologia del Lavoro, unico in Italia redatto da un medico preventore del lavoro. Ma oltre a curare temi di ricerca specificamente riguardante la disciplina, il professore Sessa ebbe a cuore anche temi di rilevante interesse sociale, sui quali ha continuato a lavorare con grande impegno fino agli ultimi momenti della sua intensa e lunga esistenza: fumo e lavoro, alcool e lavoro, donna e lavoro, il lavoro nella terza età. In tutti questi campi in cui ha dato il suo contributo di ricercatore ha sempre sottolineato l'importanza della prevenzione ed ha proposto applicazioni pratiche, utilizzabili per la gestione di questi grandi temi anche in sede legislativa.

Ma questa pur ponderosa produzione scientifica è ben poca cosa rispetto alla straordinaria quantità di articoli, note, resoconti, recensioni usciti in modo fluviale dalla sua penna di pubblicista, segno del suo grande piacere di comunicare, di raccontare attraverso la scrittura; una vera vocazione, un'autentica passione che non solo non si era interrotta né affievolita con la conclusione della carriera accademica, ma era addirittura aumentata; era quasi un esercizio ginnico da veri campioni quello al quale il prof. Sessa sottoponeva sistematicamente il suo corpo asciutto e nervoso e la sua mente lucida: scriveva di tutto, per tutti, su tutto, in gran copia.

Ma il suo cimento di pubblicista diventava autentica gioia quando si dedicava al suo gioiello, il Bollettino della SIMLII, che ha curato con impegno certosino per anni, registrandovi tutti gli eventi importanti della Disciplina, riportando accurate sintesi di tutti i contributi a Congressi e Convegni, grandi e piccoli "Pensa che sul mio Bollettino hanno studiato intere generazioni di medici per prepararsi all'esame di idoneità a Primario di Medicina del Lavoro", mi diceva con orgoglio.

E' bello credere che lassù ci saranno cose nuove da vedere, da raccontare e, quindi, da scrivere. Non è impossibile, allora, che un angelo possa trovarsi con qualche penna in meno.

Nicola Sannolo
II Università di Napoli

«LA MEDICINA DEL LAVORO» pubblica lavori originali, rassegne, brevi note e lettere su argomenti di medicina del lavoro e igiene industriale. I contributi non devono essere già stati pubblicati o presentati ad altre riviste. I dattiloscritti, in lingua italiana o inglese, devono essere inviati in duplice copia alla *Redazione de «La Medicina del Lavoro» - Via S. Barnaba, 8 - 20122 Milano*. I lavori saranno sottoposti a revisori; sulla base dei loro giudizi la Redazione si riserva la facoltà di suggerire modificazioni o di respingerli. Gli autori verranno informati delle motivazioni che hanno portato la Redazione a formulare suggerimenti o giudizi negativi. Le opinioni espresse dagli autori non impegnano la responsabilità della Rivista.

DATTILOSCRITTI - I lavori dovranno essere chiaramente dattiloscritti in doppia spaziatura e con un ampio margine su un lato. Tutte le pagine, compresa la bibliografia, devono essere numerate progressivamente e portare indicato il nome del primo autore e le prime parole del titolo dell'articolo; analoga indicazione deve figurare sulle tabelle e sul retro delle figure. Nella prima pagina del dattiloscritto deve essere indicato il titolo dell'articolo, il cognome e il nome dell'autore o degli autori, l'istituto di appartenenza e l'indirizzo completo. Nella stessa pagina dovrà essere indicato in forma abbreviata il titolo che dovrà figurare in testa a ciascuna pagina dello stampato. Qualora il lavoro sia già stato oggetto di comunicazione orale, è necessario che in una nota a piè di pagina ne vengano indicate la data, il luogo, la sede. Al momento della accettazione finale del lavoro, per favorire le successive operazioni di stampa agli Autori sarà richiesto di allegare al manoscritto un dischetto per personal computer contenente l'elaborato stesso.

TABELLE - Le tabelle dovranno essere battute su carta bianca, in pagine separate dal testo. Ogni tabella deve essere numerata progressivamente in caratteri arabi. La didascalia deve contenere le informazioni necessarie a interpretare la tabella stessa senza fare riferimento al testo. Nel testo la tabella deve essere citata per esteso (es.: tabella 1).

FIGURE - Le figure devono essere numerate in successione con numeri arabi a matita sul retro; le didascalie devono essere separate dalle figure. Le figure devono essere disegnate su carta bianca con inchiostro di china. Eventuali fotografie in bianco e nero devono essere ben contrastate e stampate e le dizioni ben leggibili. Per le figure a colori è opportuno poter disporre di diapositive. Nel caso che gli autori intendano pubblicare figure o grafici tratti da altre riviste o libri, dovranno previamente ottenere il permesso scritto dall'autore e dalla casa editrice, copia del quale deve essere inviato alla redazione della rivista; nell'articolo gli autori dovranno indicare le fonti da cui il materiale stesso è tratto. La base delle figure deve essere di 7 cm. o di suoi multipli. Non vengono accettate figure prodotte con calcolatore, a meno che la qualità delle stesse non sia elevata (uso di stampanti grafiche di qualità, plotter, stampanti laser). Nel testo la figura deve essere citata per esteso (es.: figura 1).

PRESENTAZIONE DEGLI ARTICOLI - I lavori dovranno in linea di massima, essere suddivisi in: *Introduzione, Metodi, Risultati, Discussione, Riassunto, Bibliografia*. Dovranno essere dettagliatamente descritti i metodi solo quando siano originali o presentino delle modifiche sostanziali rispetto ai precedenti. Per i metodi già noti e riportati in letteratura è sufficiente citare gli articoli originali.

Nella presentazione dei risultati si deve evitare di ripetere nel testo i dati presentati nelle tabelle e nelle figure.

RIASSUNTO - Il Riassunto in lingua italiana ed inglese deve esporre nella lingua originale del testo in modo conciso ma chiaro e sufficientemente illustrativo i risultati della ricerca. La sua estensione nell'altra lingua potrà essere maggiore al fine di comunicare al maggior numero di lettori i dati sostanziali della ricerca. Il riassunto in lingua inglese dovrà essere strutturato in: *background, objectives, methods, results, conclusions*

BIBLIOGRAFIA - La correttezza e la completezza delle citazioni bibliografiche ricade sotto la responsabilità degli autori. Nella Bibliografia le citazioni vanno elencate in ordine alfabetico e numerate progressivamente.

Per la stesura attenersi agli esempi sottoelencati:

- KALLIOMAKI PL, KALLIOMAKI K, KORHONEN O, et al: Respiratory status of stainless steel and mild steel welders. *Scand J Work Environ Health* 1986; 8 (suppl 1): 117-121

- MC MAHON B, PUGH TF: *Epidemiology. Principles and methods*. Boston (MA): Little Brown and Co, 1970

- FOGARI R, ORLANDI C: Essential hypertension among workers of a metallurgical factory. In Rosenfeld JB, Silverber DS, Viskoper R (eds): *Hypertension control in the community*. London: Libbey J, 1985: 270-273

- GALLI DA, COLOMBI A, ANTONINI C, CANTONI S: Monitoraggio ambientale e biologico dell'esposizione professionale a pigmenti e coloranti azoici. In Foà V, Antonini C, Galli DA (eds): *Atti del convegno Materie coloranti ed ambiente di lavoro*. Milano, 14-15 marzo 1984. Fidenza: Tipografia Mattioli, 1985: 129-137

- RANOFSKY AL: *Surgical operations in short-stay hospitals: United States 1975*. Hyattsville (MA): National Center for Health Statistics, 1978 (DEHW publ no PHS 78-1785; Vital and health statistics, series 13, no 34)

- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER: *Some chemicals used in plastics and elastomers*. Lyon: IARC, 1986 (IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans no 39)

Il nome della rivista deve essere abbreviato secondo le norme dell'Index Medicus. Le comunicazioni personali e le comunicazioni a congressi, se non pubblicate, non devono far parte della bibliografia, ma devono essere citate per esteso nel testo.

Nel testo i riferimenti bibliografici dovranno essere indicati con numeri arabi tra parentesi corrispondenti al numero della citazione in Bibliografia.

BOZZE - Gli autori riceveranno le bozze dell'articolo per controllare eventuali errori tipografici. Sulle bozze non potranno essere apportate modifiche sostanziali. La correzione delle bozze solleva la redazione da ogni responsabilità per eventuali errori presenti nel testo.

RECENSIONI - I libri e i lavori di medicina del lavoro e di igiene industriale che gli autori o gli editori desiderano far recensire sulla rivista, devono essere inviati alla Redazione.

PUBBLICITÀ, NUMERI ARRETRATI E RICHIESTE DI ESTRATTI - Per inserzioni pubblicitarie, oppure ordini di fascicoli arretrati o estratti, si prega di contattare: Mattioli 1885 SpA - Casa Editrice, Via Coduro 1/b, 43036 Fidenza (Parma), Tel. 0524/84547, Fax 0524/84751.

La rivista è sotto la tutela delle leggi internazionali sulla proprietà letteraria.

«LA MEDICINA DEL LAVORO» publishes original contributions, brief reports, reviews and letters related to the field of occupational health and industrial hygiene. Papers are accepted on the understanding that they have not already been published or submitted for publication elsewhere. Manuscripts, in either Italian or English, should be submitted in duplicate to *The Editorial Board, «La Medicina del Lavoro», Via San Barnaba 8, 20122 Milano, Italy*. Papers are submitted to reviewers and the editorial board reserves the right to suggest alterations or to reject any article. Authors will be informed of the reasons for any suggestions or rejections. Opinions expressed by authors are not in any way binding for the Journal.

MANUSCRIPTS - Manuscripts should be clearly type-written with double spacing and wide margins. All pages, including references, must be numbered consecutively. The surname of the senior author and the running title should appear at the top of all pages, including references and tables, and on the back of figures. The first page of the manuscript should contain the title of the article, author's or authors' name and surname, affiliation, and full address of the author to whom communications and proofs should be sent. If the article has already been the subject of a personal communication, a footnote should be added giving the date and place. After acceptance, a diskette with a copy of the final version of the manuscript will be required for typesetting.

TABLES - Tables should be typed on separate sheets of white paper. Each table should be numbered consecutively with arabic numerals. The title should contain sufficient information to render the table self-explanatory without reference to the text.

FIGURES - Figures should be numbered consecutively with arabic numerals in pencil on the reverse side. All legends should be typed together on a separate sheet. Figures should be drawn on white paper with black India ink. Black and white photographs must be high quality *glossy* prints with strong contrasts and any lettering must be clearly legible. For coloured figures it is advisable to submit transparencies. If figures or graphs taken from other journals or books are intended to be published, the contributor must obtain prior written authorization to do so from the author and the publisher of such material. A copy of this authorization should be sent to the editorial board of the Journal and the source of the material used should be quoted in the article.

ARRANGEMENT OF MANUSCRIPT - It is recommended that articles be divided into *Introduction, Methods, Results, Discussion, Summary, References*. Methods should be described in detail only when they are original or substantially modified compared to previous methods. For methods already known and reported in the literature, quotation of the original articles is sufficient. Repetition in the text under *Results* of data already given in tables and figures should be avoided.

SUMMARY - The summary should report the results of the study concisely but clearly and with adequate description.

It will be divided into: background, objectives, methods, results, conclusions.

REFERENCES - Responsibility for the accuracy and completeness of references lies with the author. References should be listed in alphabetical order (and in chronological order if the same authors is listed more than once) and numbered consecutively.

References should be compiled following the examples below:

- KALLIOMAKI PL, KALLIOMAKI K, KORHONEN O, et al: Respiratory status of stainless steel and mild steel welders. *Scand J Work Environ Health* 1986; 8 (suppl 1): 117-121

- MC MAHON B, PUGH TF: *Epidemiology. Principles and methods*. Boston (MA): Little Brown and Co, 1970

- FOGARI R, ORLANDI C: Essential hypertension among workers of a metallurgical factory. In Rosenfeld JB, Silverber DS, Viskoper R (eds): *Hypertension control in the community*. London: Libbey J, 1985: 270-273

- GALLI DA, COLOMBI A, ANTONINI C, CANTONI S: Monitoraggio ambientale e biologico dell'esposizione professionale a pigmenti e coloranti azoici. In Foà V, Antonini C, Galli DA (eds): *Atti del convegno Materie coloranti ed ambiente di lavoro*. Milano, 14-15 marzo 1984. Fidenza: Tipografia Mattioli, 1985: 129-137

- RANOFSKY AL: *Surgical operations in short-stay hospitals: United States 1975*. Hyattsville (MA): National Center for Health Statistics, 1978 (DEHW publ no PHS 78-1785; Vital and health statistics, series 13, no 34)

- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER: *Some chemicals used in plastics and elastomers*. Lyon: IARC, 1986 (IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans no 39)

Names of journals should be abbreviated according to Index Medicus.

Unpublished personal communications and unpublished communications at congresses should not be included in the References but quoted in full in the text.

References in the text should be indicated by the corresponding arabic numeral in brackets.

PROOFS - Contributors will receive one set of proofs for correction of printing errors. No substantial alterations may be made to the proof. Correction of proofs by the author relieves the editorial board of all responsibility for any errors in the printed text.

REVIEWS - Books and other publications on occupational health and industrial hygiene which authors or publishers wish to be reviewed in the Journal should be sent to the editorial board.

ADVERTISEMENTS, BACK ISSUES AND REPRINTS - Advertisers and persons interested in back issues and reprints should contact: Mattioli 1885 SpA - Casa Editrice, Via Coduro 1/B, Fidenza (Parma), Tel. 0524/84547, Fax 0524/84751

«La Medicina del Lavoro» is protected by international copyright law.