FSM Centro Studi Fondazione Maugeri

Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia

VOLUME XXXVII - N. 3 LUGLIO-SETTEMBRE 2015

Medicina del Lavoro

M. Grana, L. Vicentini, A. Pietroiusti, A. Magrini
Particelle ultrafini emesse da stampanti laser

S. Catalani, A. Berra, C. Tomasi, C. Romano, E. Pira, G. Garzaro, P. Apostoli
Riflessioni sull'impiego della meta-analisi nell'orientamento delle conoscenze e delle decisioni in Medicina (del Lavoro)

G. Taino, M. Giorgi, A. Delogu, G. Lettini, E. Oddone, M. Imbriani
La consulenza specialistica di Medicina del Lavoro a supporto del Medico Competente nella elaborazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica: metodo di valutazione e analisi di una casistica

M. Raviolo, E. Astesano, A. Repossi, M.G. Acciardi, G.L. Rosso
Il Rilevatore di Monossido di Carbonio: uno strumento di sorveglianza ambientale e di protezione individuale nel soccorso pre-ospedaliero. L'esperienza del Servizio di Emergenza Sanitaria Territoriale (118) della Provincia di Cuneo

Ergonomia Occupazionale e Riabilitativa

L. Petrucci, E. Carlisi, S. Ricotti, S. Zanellato, C. Klersy, A.M. D'Armini, S. Nicolardi, M. Morsolini, M. Viganò, E. Dalla Toffola
Functional assessment and quality of life before and after pulmonary endoarterectomy

L. Giovampietro, A. Mingarelli, M. Casagrande
Rendimento economico e benessere negli operatori telefonici di un call center

D. Ponzin, A. Fasolo, E. Vidale, A. Pozzi, E. Bottignolo, F. Calabrò, G. Rupolo
Team-building through sailing: effects on health status, job satisfaction and work performance of health care professionals involved in organ and tissue donation

S. Spada, L. Ghibaudo, F. Sessa, L. Varetto, M.P. Cavatorta, A. Baracco, M. Coggiola, C. Romano
Lo Human Model, uno strumento per la valutazione ergonomica preventiva dell'aspetto posturale

Periodico trimestrale
Poste Italiane s.p.a.
Spedizione in Abbonamento Postale
D.L. 353/2003
(conv. in L. 27/02/2004 n. 46)
articolo 1, comma 1, LO/PV

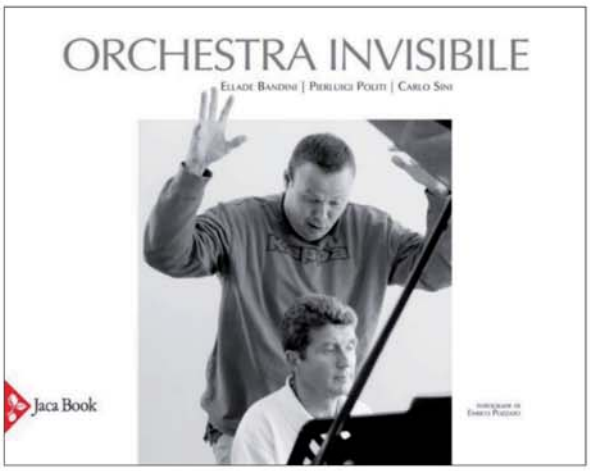
TIPOGRAFIA pime EDITRICE Srl
PAVIA - 2015

Jaca Book

Orchestra Invisibile

Un volume fotografico di Ellade Bandini, Pierluigi Politi, Carlo Sini

Introduzione e cura di **Vera Minazzi**
Fotografie di **Enrico Pozzato**



Orchestra Invisibile: una big band jazz di persone autistiche e non a Cascina Rossago, la prima "fattoria sociale" italiana per persone adulte affette da autismo

«LA FORZA È DEI SUONI: C'È BISOGNO DI PAROLE?» CARLO SINI

L'Orchestra Invisibile è nata nell'autunno del 2005 a Cascina Rossago, la prima fattoria sociale italiana, disegnata specificamente sulle esigenze delle persone con autismo, e in particolare per quelle con severe difficoltà psicosociali. L'idea di base di Cascina Rossago è quella di creare un contesto di vita tarato sulle esigenze dei giovani adulti con autismo. Ed è proprio in questo contesto che la "debolezza piena" di questa specialissima condizione umana sa sorprendere là dove le parole non contano. È la musica che diventa campo di espressione privilegiato: contro ogni previsione, oggi l'Orchestra Invisibile è un grande gruppo jazz, a struttura variabile, composto grosso modo da venticinque musicisti, più di metà dei quali sono persone con autismo.

Pierluigi Politi è professore di Psichiatria e responsabile del Laboratorio Autismo dell'Università di Pavia. Nel 2005 ha fondato Orchestra Invisibile, alla quale partecipa anche suonando il pianoforte e il trombone.
Carlo Sini è uno dei maggiori filosofi italiani. Ha insegnato per trent'anni Filosofia teoretica all'Università statale di Milano. Diplomato in pianoforte, si è occupato anche di musica, pensiero e conoscenza.
Ellade Bandini è un rinomato batterista ferrarese e un protagonista della storia della musica italiana
Enrico Pozzato è medico e membro dell'Orchestra.

ORCHESTRA INVISIBILE

Pagine 128, 25.00 €

Il libro è disponibile presso

LIBRERIA JACA BOOK "CITTÀ POSSIBILE"
Via Frua 11 – 20146 Milano - Tel. 02.48561520 • lunedì-venerdì: 9.30 - 19.30
libreria@jacabook.it • www.jacabook.it

in tutte le migliori librerie e online

Volume XXXVII, N. 3 **Luglio-Settembre 2015**

Issn 1592-7830

GIORNALE ITALIANO DI MEDICINA DEL LAVORO ED ERGONOMIA

http://www.aracneeditrice.it/aracneweb/index.php/rivista.html?col=GIMLE

Rivista di **Medicina del Lavoro** (Medicina Occupazionale e Ambientale, Igiene del Lavoro, Tossicologia Occupazionale) ed **Ergonomia** (Rapporto Uomo/Lavoro, Riabilitazione Occupazionale, Terapia Occupazionale, Psicologia del Lavoro, Ergonomia)

Rivista indicizzata da: Index Medicus, Excerpta Medica, Scopus

Direttore
MARCELLO IMBRIANI
Università degli Studi di Pavia
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

COMITATO SCIENTIFICO

Giuseppe Abbritti
Università di Perugia

Pietro Apostoli
Università di Brescia

Francesco Barale
Università di Pavia

Massimo Bovenzi
Università di Trieste

Stefano M. Candura
Università di Pavia

Luca Chiovato
Università di Pavia

Paolo Crosignani
Università di Pavia

Vincenzo Cupelli
Università di Firenze

Stefano Gariano
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Gianni Giorgi
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Elena Grignani
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Sergio Iavicoli
INAIL

Piero Maestrelli
Università di Padova

Paolo Migliavacca
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Cristina Montomoli
Università di Pavia

Antonio Mutti
Università di Parma

Giacomo Muzi
Università di Perugia

Fabrizio Pavone
Azienda Ospedaliera
Provincia di Pavia

Gabriele Pelissero
Università di Pavia

Enrico Pira
Università di Torino

Pieluigi Politi
Università di Pavia

Alfredo Raglio
Università di Pavia

Pietro Sartorelli
Università di Siena

Leonardo Soleo
Università di Bari

Francesco Tomei
Università di Roma 1
La Sapienza

Francesco Violante
Università di Bologna

Livia Visai
Università di Pavia

COMITATO DI REDAZIONE

Giacomo Bazzini
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Edda Capodaglio
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Roberto Colombo
Fondazione S. Maugeri, Pavia

Danilo Cottica
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Marco dell'Omo
Università di Perugia

Francesco Frigerio
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Francesco Gardinali
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Ines Giorgi
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Giandomenico Pinna
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Giulia Maria Stella
Fondazione Policlinico S. Matteo, IRCCS

Giuseppe Taino
Fondazione S. Maugeri, IRCCS

Segreteria scientifica: **Enrico Oddone - E-mail enrico.oddone@unipv.it - Fax 0382-593796**

Redazione: Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia - Fondazione Salvatore Maugeri, IRCCS
Istituto Scientifico di Pavia - Sezione di Medicina del Lavoro "Salvatore Maugeri" - Via Severino Boezio, 24 - 27100 PAVIA

Editore: PI-ME Editrice - Via Vigentina 136^{A} - Tel. 0382-572169 - Fax 0382-572102 - 27100 PAVIA
E-mail tipografia@pime-editrice.it

Pubblicazione trimestrale - *Direttore Responsabile:* Prof. Marcello Imbriani - Autorizzazione del Tribunale di Pavia n. 229 del 16 Maggio 1978 - ROC 5756

Associato all'USPI, Unione Stampa Periodica Italiana

GIORNALE ITALIANO DI MEDICINA DEL LAVORO ED ERGONOMIA

Volume XXXVII - N. 3 Luglio-Settembre 2015

INDICE

Medicina del Lavoro

M. Grana, L. Vicentini, A. Pietroiusti, A. Magrini 135 Particelle ultrafini emesse da stampanti laser

S. Catalani, A. Berra, C. Tomasi, C. Romano, E. Pira, G. Garzaro, P. Apostoli 144 Riflessioni sull'impiego della meta-analisi nell'orientamento delle conoscenze e delle decisioni in Medicina (del Lavoro)

G. Taino, M. Giorgi, A. Delogu, G. Lettini, E. Oddone, M. Imbriani 155 La consulenza specialistica di Medicina del Lavoro a supporto del Medico Competente nella elaborazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica: metodo di valutazione e analisi di una casistica

M. Raviolo, E. Astesano, A. Repossi, M.G. Acciardi, G.L. Rosso 163 Il Rilevatore di Monossido di Carbonio: uno strumento di sorveglianza ambientale e di protezione individuale nel soccorso pre-ospedaliero. L'esperienza del Servizio di Emergenza Sanitaria Territoriale (118) della Provincia di Cuneo

Ergonomia Occupazionale e Riabilitativa

L. Petrucci, E. Carlisi, S. Ricotti, S. Zanellato, C. Klersy, A.M. D'Armini, S. Nicolardi, M. Morsolini, M. Viganò, E. Dalla Toffola 170 Functional assessment and quality of life before and after pulmonary endoarterectomy

L. Giovampietro, A. Mingarelli, M. Casagrande 176 Rendimento economico e benessere negli operatori telefonici di un call center

D. Ponzin, A. Fasolo, E. Vidale, A. Pozzi, E. Bottignolo, F. Calabrò, G. Rupolo 184 Team-building through sailing: effects on health status, job satisfaction and work performance of health care professionals involved in organ and tissue donation

S. Spada, L. Ghibaudo, F. Sessa, L. Varetto, M.P. Cavatorta, A. Baracco, M. Coggiola, C. Romano 191 Lo Human Model, uno strumento per la valutazione ergonomica preventiva dell'aspetto posturale

G Ital Med Lav Erg 2015; 37:3, 135-143
ISSN 1592-7830

© PI-ME, Pavia 2015
MEDICINA DEL LAVORO

Mario Grana, Laura Vicentini, Antonio Pietroiusti, Andrea Magrini

Particelle ultrafini emesse da stampanti laser

Sezione di Medicina del Lavoro, Dipartimento di Biomedicina e Prevenzione, Università di Roma "Tor Vergata"

RIASSUNTO. Negli ultimi anni è andata crescendo l'attenzione per la qualità dell'aria indoor sulla cui importanza studiosi ed esperti del settore non hanno ormai dubbi dal momento che nella società moderna si tende a trascorrere la maggior parte del tempo in vari tipi di ambienti interni (ufficio, abitazioni private, ecc.).
Le stampanti laser, in particolare, rilasciano nell'ambiente un aerosol comprendente particelle solide e liquide e composti chimici in fase gassosa. La misura di tutti questi componenti non è praticamente fattibile. Pertanto, è necessario ricercare un indicatore che, quando misurato, mostri con accuratezza la frequenza, la durata e l'entità dell'esposizione.
La misura con un contatore ottico di particelle e un contatore a condensazione rappresenta un indicatore ad elevata sensibilità e rappresentatività. Il maggior vantaggio dell'utilizzo di questi strumenti è la capacità di individuare la presenza di particolato ultrafine e di rilevare anche le particelle in fase liquida.
La registrazione in continuo del particolato submicrometrico emesso durante le attività di stampa consente di valutare l'esposizione del personale, mentre il rapporto tra i valori di picco e i valori di fondo permette di classificare le stampanti in base alla loro emissività.
Il particolato generato durante i processi di stampa ha dimensioni inferiori a 0,3 μm e si estende pertanto nell'intervallo dimensionale delle nanoparticelle (particolato ultrafine inferiore a 100 nm). Tali attività determinano elevate concentrazioni di polveri ultrafini con una variabilità legata a fattori quali tipo di stampante, toner, tipo di carta, periodicità della manutenzione e ricambi d'aria.
Le concentrazioni del particolato in ambienti di ufficio possono essere ridotte mediante una scelta opportuna delle stampanti, con l'uso di appropriate tecniche di filtrazione e posizionando le apparecchiature a distanza dalle postazioni di lavoro.

Parole chiave: stampanti laser, fotocopiatrici, emissioni, particolato ultrafine.

ABSTRACT. Ultrafine particle emissions from laser printers. In recent years there has been growing attention to the importance of indoor air quality on which scientist and experts have no doubts since in modern society we tend to spend most of the time in various types of indoor environments (office, private homes, etc.).
Laser printers, in particular, release an aerosol into the environment including solid and liquid particles and gaseous compounds. The measurement of all these components is not practically feasible. Therefore, it is necessary to identify a marker which, when measured, shows accurately the frequency, duration and magnitude of the exposure.

Introduzione

Una delle apparecchiature elettroniche oggi più ampiamente diffuse, presenti non solo negli uffici, ma anche nelle abitazioni di tutto il mondo sono le stampanti di varie tipologie. Le stampanti laser, in particolare, sono una potenziale fonte di inquinanti indoor, producendo composti organici volatili e ozono, nonché una serie di emissioni di particelle, i cui livelli, secondo i pochi studi a riguardo, si differenzierebbero notevolmente in base al tipo di stampante. La qualità e la quantità di sostanze emesse sono determinate dal processo tecnico, dal tipo di toner e di carta utilizzato, dal modello e dall'età dell'apparecchio, nonché dalla manutenzione e dalle condizioni ambientali.

In generale, vi sono pochissime informazioni disponibili sulla emissione di particelle da apparecchiature per ufficio, in particolare dalle stampanti. Quindi è importante approfondire questo campo di indagine al fine di ottenere una migliore qualità dell'aria interna e ridurre al minimo l'esposizione umana a queste sostanze inquinanti (1).

Il presente studio si propone pertanto di monitorare la concentrazione numerica delle particelle submicrometriche negli ambienti di ufficio e all'esterno, per valutare il potenziale impatto delle attività indoor sulla concentrazione del particolato, di determinare il tasso di emissione di diverse stampanti laser e fotocopiatrici e di caratterizzarne il particolato.

Effetti sulla salute

Conseguenza dell'esteso uso di stampanti laser e/o fotocopiatrici è l'esposizione a condizioni ambientali che aumentano il rischio di effetti negativi acuti sulla salute come mal di testa, irritazione delle mucose degli occhi, dell'apparato respiratorio e irritazione cutanea. Effetti nocivi a lungo termine per l'apparato respiratorio sono ancora oggetto di molti studi riguardanti la medicina del lavoro.

La problematica relativa all'esposizione professionale nelle copisterie o nei locali (ad es. uffici), nei quali vengono utilizzate fotocopiatrici e/o stampanti laser, è stata affrontata nel corso di diverse ricerche riportate in letteratura che evidenziano un incremento delle concentrazioni di polveri fini e di nanoparticelle aerodisperse negli

The measure with an optical particle counter (OPC) and a condensation particle counter (CPC) is an indicator with high sensitivity and representativeness. The major advantage of using these tools is the ability to detect the presence of ultrafine particles and also detect the particles in the liquid phase.
The continuous recording of submicron particulate matter emitted during the printing activity allows to measure the exposure of personnel, while the ratio between the peak values and the values without printing activity can be used to classify the printers according to their emissivity.
The particulate generated during the processes of printing has size less than 0.3 micron and therefore extends in the size range of nanoparticles (ultrafine particles less than 100 nm).
These activities lead to high concentrations of ultrafine particles with a variability related to factors such as type of printer, toner, paper type, frequency of maintenance and air exchange.
The concentrations of ultrafine particles in office environments can be reduced by proper choice of the printers, with the use of appropriate filtration techniques and placing the equipment away from workstations.

Key words: *laser printers, photocopiers, emissions, ultrafine particles.*

ambienti indoor, oltre che di sostanze organiche volatili (SOV) (2-4). Tali apparecchiature emettono inoltre raggi ultravioletti che producono ozono (O_3), dannoso per le vie respiratorie. Tali emissioni sono state messe in relazione con alcuni disturbi e sintomatologie correlate alla Sick Building Syndrome-SBS (Sindrome dell'edificio malato) quali irritazione degli occhi, delle vie aeree e della cute, tosse, asma etc.

Gli studi epidemiologici non hanno stabilito relazioni causali certe fra queste emissioni e le malattie croniche dell'apparato respiratorio o le malattie polmonari interstiziali.

I dati attualmente disponibili non permettono di trarre conclusioni definitive in merito alla cancerogenicità, soprattutto perché non sono ancora stati svolti studi epidemiologici sul rapporto tra l'esposizione a polveri di toner e un maggiore rischio di tumori maligni delle vie respiratorie (5).

Materiali e metodi

I processi di stampa con stampanti laser rilasciano nell'ambiente un aerosol comprendente un'ampia varietà di particelle solide e liquide e di composti chimici in fase gassosa. La misura di tutti questi componenti non è praticamente fattibile. Pertanto, è necessario ricercare un indicatore (marker) che, quando misurato, mostri con accuratezza la frequenza, la durata e l'entità dell'esposizione.

Per la facilità della sua misura, l'indicatore prescelto per la verifica della presenza di questi inquinanti è rappresentato dalla concentrazione numerica del particolato in determinate classi dimensionali e in particolare al di sotto di 1 μm.

Al momento non ci sono limiti di esposizione specifici per le nanoparticelle né consenso tra norme nazionali o internazionali in materia di tecniche di misurazione per i nanomateriali nei luoghi di lavoro. Recentemente l'IFA tedesco ha proposto, quali limiti di riferimento sulle 8 ore per nanomateriali biopersistenti, valori di concentrazione da non superare di 20.000 pp/cm^3 per materiali con densità >6.000 kg/m^3 (es. metalli e ossidi di metalli) e di 40.000 pp/cm^3 per materiali con densità <6.000 kg/m^3 (es. Al_2O_3, SiO_2, TiN, TiO_2, ZnO, carbon black, C_{60}, polistirene) (6-8). Sono disponibili numerose tecniche per misurare le nanoparticelle presenti nell'aria in funzione della dimensione delle particelle, della massa, della superficie, della concentrazione numerica, e della composizione. Tuttavia, alcune di queste tecniche mancano di specificità e portabilità sul campo e sono difficili da usare e costose quando applicate alla valutazione dell'esposizione di tipo routinario. Si è quindi adottata la tecnica di valutazione dell'emissione di nanoparticelle (Nanoparticle Emission Assessment Technique, NEAT) proposta dal NIOSH (9, 10), che utilizza una combinazione di tecniche di misurazione e strumenti per valutare l'esposizione per inalazione.

A tale scopo, per il dosaggio della polvere aerodispersa si sono adottate due metodiche di rilevamento:

- misura della concentrazione numerica della polvere aerodispersa con il ricorso al contatore ottico di particelle (OPC) modello AeroTrak 9306 della TSI: l'apparecchio, di tipo portatile, è a sei canali per la misura (conteggio), ad un flusso di 0,1 CFM (2,83 litri/minuto), del numero di particelle comprese nelle classi granulometriche 0,3 - 0,5 - 1,0 - 3,0 - 5,0 - 10 μm; sensibilità 0,3 μm (da 0,3 μm a 10 μm);
- misura della concentrazione numerica della polvere aerodispersa ogni secondo col contatore di particelle a condensazione (CPC) P-Trak Ultrafine Particle Counter modello 8525 della TSI: l'apparecchio misura il numero di particelle inferiori a 1 μm e fornisce pertanto indicazioni sulla presenza di nanoparticelle.

I rilievi sono stati eseguiti sia a centro ambiente nel corso della normale attività lavorativa, sia in prossimità delle singole attrezzature di stampa, in particolare per la misura dell'emissione delle stampanti. La concentrazione di fondo del particolato è stata effettuata nello stesso ambiente, in assenza di processi di stampa, o all'esterno. Per calcolare il rapporto tra la concentrazione misurata durante l'attività di stampa e la concentrazione di fondo si è fatto uso della media dei valori di picco nell'intervallo di 1-2 minuti in concomitanza col processo di stampa.

Un dato di concentrazione numerica elevata ottenuta con il CPC simultaneamente con un'alta concentrazione nell'intervallo dimensionale (300-500 nm) fornita dall'OPC può indicare la possibile presenza di particelle nanometriche. Inversamente, una bassa concentrazione con il CPC, assieme ad una elevata concentrazione, nell'intervallo maggiore di 1.000 nm riscontrata con l'OPC, può indicare la presenza di particelle di grandi dimensioni o agglomerati di nanoparticelle.

Il ricorso all'impiego di contatori ottici di particelle, per la misura della concentrazione del particolato aerodisperso, offre vantaggi di notevole valenza:

- la misura è di facile esecuzione e permette controlli pressoché istantanei (pochi minuti);
- con rilievi di lunga durata, la registrazione in continuo della concentrazione permette di osservarne le fluttuazioni nel tempo;

- la misura basata sul metodo fotometrico permette di tener conto non solo della componente solida del particolato ma anche di quella liquida, quest'ultima mal rilevabile, a causa della parziale evaporazione del liquido, con il tradizionale campionamento su filtro.

Il presente lavoro mostrerà che la misura della concentrazione del particolato aerodisperso, eseguita con strumenti automatici basati sull'utilizzo di un contatore ottico di particelle e di un contatore di particelle a condensazione, rappresenta un indicatore ad elevata sensibilità e rappresentatività.

In alcuni degli ambienti si sono inoltre eseguiti rilievi finalizzati alla caratterizzazione qualitativa delle polveri aerodisperse in microscopia elettronica a scansione. A tale scopo la polvere aerodispersa è stata aspirata su filtri in policarbonato da 25 mm di diametro, porosità 1,2 μm.

In laboratorio, i filtri in policarbonato sono stati posti su stub di alluminio e ricoperti da un sottile strato d'oro (necessario per realizzare la conducibilità elettrica del preparato) utilizzando il vaporizzatore d'oro Agar, mod. SEM coating unit PS3; condizioni operative in atmosfera di argon:

- depressione: 0,07 torr
- amperaggio: 20 mA
- tempo vaporizzazione: 90 secondi

Per l'analisi si è impiegato il microscopio elettronico a scansione Leica LEO 420, dotato di microanalisi Oxford INCA Energy 250. Condizioni operative per l'analisi degli elementi:

- voltaggio: 20 kV
- amperaggio: fino a raggiungere il 2° punto di saturazione del filamento (2,7 A)
- distanza campione: 19 mm.

Risultati

Il confronto tra i dati delle tabelle I e II fornisce indicazioni circa le caratteristiche dimensionali del particolato generato nei processi di stampa. Non si notano particolari incrementi nella concentrazione numerica delle particelle nelle classi dimensionali comprese tra 0,3 μm e 10 μm durante i processi di stampa; si registrano, per contro, elevate concentrazioni del particolato inferiore a 1 μm. Con evidenza il particolato generato durante i processi di stampa ha dimensioni inferiori a 0,3 μm e si estende pertanto nell'intervallo dimensionale delle nanoparticelle (particolato ultrafine inferiore a 100 nm).

Alcuni autori (1) classificano le stampanti in 4 categorie in funzione del rapporto tra concentrazioni di picco e concentrazioni di fondo: non emissive (rapporto ≤ 1), bassa emissività (1 < rapporto ≤ 5), media emissività (5 < rapporto ≤ 10), alta emissività (rapporto > 10).

In quest'ottica la tabella III riporta in ordine decrescente del suddetto rapporto le diverse stampanti monitorate.

È evidente che stampanti laser che emettono nanoparticelle a concentrazioni superiori al valore di fondo sono comuni negli ambienti di ufficio, con il 76% delle stampanti investigate classificate come emettitori di livello da basso ad alto.

Uno degli uffici con stampanti Kyocera è stato oggetto di monitoraggio prolungato nel tempo, posizionando la strumentazione a circa 1 m dagli apparecchi di stampa. I rilievi mostrano un significativo incremento della concentrazione numerica del particolato associata al processo di stampa. Pertanto queste stampanti determinano un aumento dell'esposizione del personale alle particelle al di sopra del valore di fondo.

Nel grafico riportato in figura 1 è possibile identificare i singoli eventi di stampa; le due rette rappresentano la concentrazione di fondo (in grigio) e la concentrazione media durante l'intervallo di misura (tratteggiato) del numero di particelle ultrafini (UFP). Ne deriva che in un ufficio con stampanti classificabili come altamente emissive l'esposizione del personale alle polveri ultrafini è più del doppio di quella che si avrebbe in assenza di processi di stampa.

Si fa presente che gli uffici indagati sono di tipo open space con volume tra 70 e 105 m^3 e un numero di occupanti compreso tra 2 e 4. Gli edifici A, B, D e I sono dotati di impianto di ventilazione artificiale mentre negli altri i ricambi d'aria sono affidati esclusivamente alla ventilazione naturale (apertura di porte e finestre).

I rilievi effettuati durante l'attività di stampa con stampanti ad alta emissività (in questo caso HP ColorLaserjet CP2025, Xerox Phaser 6280 e Kyocera Ecosys FS-1300D) mostrano valori di picco della concentrazione numerica del particolato sottile (<1 μm) superiori a 200.000 particelle/cm^3 fino a raggiungere, in prossimità della stampante HP ColorLaserjet CP2025, le 500.000 particelle/cm^3, valore circa 150 volte maggiore dell'inquinamento di fondo misurato nell'ufficio F1 (pari a 3.248 particelle/cm^3).

Anche le concentrazioni medie registrate durante le fasi di stampa mettono in evidenza incrementi significativi con valori superiori anche di dieci volte ai valori di fondo misurati negli stessi ambienti.

Per contro alcune macchine, soprattutto le stampanti laser multifunzione ad alta produttività (Ricoh Aficio, Canon iR 1600, Lexmark X940e) non determinano incrementi significativi della concentrazione numerica del particolato durante la stampa e la riproduzione.

Un altro dato di particolare interesse emerge da un'analisi approfondita delle concentrazioni di fondo del particolato ultrafine misurate nei diversi ambienti indagati: negli uffici dotati di impianto di ventilazione artificiale i valori sono compresi tra 1.249 pp/cm^3 e 5.809 pp/cm^3 con un valore medio di 3.479 pp/cm^3, mentre negli uffici dove i ricambi d'aria sono affidati esclusivamente alla ventilazione naturale i valori sono compresi tra 3.234 pp/cm^3 e 22.515 pp/cm^3 con un valore medio di 6.296 pp/cm^3.

In particolare le concentrazioni di fondo in assoluto più elevate sono stati misurate negli uffici dell'Edificio C dove sono ubicate le stampanti Olivetti D-Color e risultano nettamente più elevate di quella di un adiacente locale privo di stampante (valori, in particelle/cm^3, rispettivamente pari a 22.515 e 14.667 contro 12.071).

Valori così elevati del fondo negli ambienti con Olivetti D-Color testimoniano in maniera eclatante che le stampanti non debbono essere installate soprattutto in

Tabella I. *Concentrazione numerica della polvere aerodispersa con OPC*

Postazione	Ora	Classi granulometriche					
	h:min	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	3 µm	5 µm	10 µm
		Particelle/cm^3					
EDIFICIO A - Ufficio A1 - Stampanti Kyocera Ecosys FS-1300D							
Attività di ufficio comprese fasi di stampa	11:46 14:49	**25** min 14 max 69	**3,06** min 2,02 max 6,18	**0,47** min 0,13 max 0,98	**0,21** min 0,02 max 0,64	**0,10** min 0,003 max 0,42	**0,03** min 0,0004 max 0,13
Durante stampa	11:46 12:27	**45** min 29 max 69	**4,87** min 3,70 max 6,18	**0,68** min 0,54 max 0,87	**0,26** min 0,21 max 0,36	**0,12** min 0,10 max 0,18	**0,03** min 0,02 max 0,07
Fondo	14:56 15:21	**39** min 34 max 44	**3,64** min 3,43 max 4,00	**1,04** min 0,71 max 1,28	**0,66** min 0,38 max 0,86	**0,38** min 0,20 max 0,58	**0,10** min 0,04 max 0,17
EDIFICIO A - Locale fotocopiatrice Canon iR 1600							
Durante la riproduzione di 170 pagine	15:26 15:55	**43** min 41 max 45	**4,04** min 3,68 max 4,40	**1,01** min 0,62 max 1,36	**0,62** min 0,27 max 0,88	**0,40** min 0,15 max 0,60	**0,13** min 0,05 max 0,19
Esterno	15:59 16:12	**50** min 47 max 55	**4,55** min 3,99 max 5,74	**0,64** min 0,60 max 0,67	**0,20** min 0,18 max 0,21	**0,07** min 0,07 max 0,08	**0,02** min 0,01 max 0,02
EDIFICIO B - Ufficio B1 - Stampanti Kyocera Ecosys FS-1300D							
Con attività di stampa	9:47 14:00	**32** min 23 max 53	**4,35** min 2,95 max 5,87	**0,34** min 0,21 max 0,45	**0,08** min 0,04 max 0,12	**0,03** min 0,01 max 0,05	**0,01** min 0,003 max 0,02
Esterno	14:06 14:28	**69** min 63 max 73	**7,45** min 6,83 max 8,11	**0,54** min 0,35 max 0,97	**0,17** min 0,06 max 0,41	**0,09** min 0,02 max 0,24	**0,03** min 0,01 max 0,08
EDIFICIO C - Ufficio C1 - Stampante/fotocopiatrice Olivetti D-Color MF 550							
Fondo	10:06 10:12	**268** min 263 max 277	**23,99** min 23,4 max 24,7	**1,07** min 1,05 max 1,09	**0,22** min 0,21 max 0,22	**0,06** min 0,06 max 0,07	**0,02** min 0,016 max 0,024
Durante e dopo la stampa di 170 pagine	10:15 10:23	**335** min 327 max 342	**31,30** min 30,5 max 32,3	**1,22** min 1,16 max 1,24	**0,24** min 0,23 max 0,27	**0,07** min 0,06 max 0,08	**0,02** min 0,016 max 0,023
Durante la riproduzione di 100 pagine	10:26 10:30	**292** min 286 max 306	**26,38** min 25,6 max 28,1	**1,07** min 0,98 max 1,15	**0,21** min 0,18 max 0,22	**0,06** min 0,05 max 0,07	**0,02** min 0,015 max 0,022
Ufficio privo di stampanti, fondo	10:33 10:36	**131** min 126 max 136	**11,39** min 11,0 max 11,8	**1,16** min 1,12 max 1,18	**0,37** min 0,32 max 0,40	**0,14** min 0,11 max 0,16	**0,032** min 0,028 max 0,036
Esterno	10:38 10:41	**24** min 10,6 max 32,3	**3,25** min 1,89 max 4,23	**0,70** min 0,66 max 0,73	**0,20** min 0,19 max 0,22	**0,04** min 0,04 max 0,06	**0,005** min 0,005 max 0,007
EDIFICIO C - Ufficio C2 - Stampante/fotocopiatrice Olivetti D-Color MC 360							
Fondo	11:10 11:12	**81** min 80 max 83	**8,90** min 8,83 max 8,97	**0,84** min 0,81 max 0,87	**0,19** min 0,19 max 0,20	**0,05** min 0,05 max 0,06	**0,03** min 0,023 max 0,029
Durante e dopo la stampa di 100 pagine	11:16 11:26	**74** min 62,3 max 102	**9,25** min 7,41 max 12,7	**0,87** min 0,80 max 1,10	**0,22** min 0,18 max 0,25	**0,07** min 0,06 max 0,08	**0,02** min 0,016 max 0,035
EDIFICIO I - Ufficio I1 - Stampante/fotocopiatrice Ricoh Pro 907exp							
Fondo	12:26 12:30	**17** min 16,2 max 16,9	**1,48** min 1,45 max 1,53	**0,17** min 0,14 max 0,19	**0,06** min 0,04 max 0,07	**0,02** min 0,02 max 0,03	**0,01** min 0,005 max 0,020
Durante stampa e riproduzione	9:02 12:05	**14** min 7,9 max 29,5	**1,85** min 0,94 max 3,61	**0,35** min 0,16 max 0,49	**0,10** min 0,05 max 0,14	**0,03** min 0,02 max 0,06	**0,01** min 0,004 max 0,025

Tabella II. ***Concentrazione numerica della polvere aerodispersa con CPC***

Postazione	Ora	Concentrazione
	h:min	Particelle/cm^3
EDIFICIO A - Ufficio A1 - Stampanti Kyocera Ecosys FS-1300D		
Attività di ufficio comprese fasi di stampa	11:49 - 14:53	**10.324** min 5.260 - max 63.700
Durante attività di stampa	11:49 - 12:27	**23.198** min 14.600 - max 48.800
Durante attività di stampa	14:46 - 14:47	**29.534** min 6.700 - max 63.700
Fondo	15:00 - 15:27	**5.809** min 4.580 - max 6.690
EDIFICIO A - Locale fotocopiatrice Canon iR 1600		
Durante la riproduzione di 170 pagine	15:30 - 15:59	**5.498** min 4.880 - max 6.280
Esterno	16:04 - 16:18	**6.100** min 5.020 - max 9.340
EDIFICIO B - Ufficio B1 - Stampanti Kyocera Ecosys FS-1300D		
Intera giornata	9:47 - 14:04	**11.602** min 3.830 - max 61.100
Presso stampante, durante stampa di 20 pp.	11:08 - 11:12	**39.297** min 12.000 - max 205.000
Durante attività di stampa	9:54 - 10:40	**22.550** min 4.560 - max 61.100
Durante attività di stampa	10:40 - 11:00	**17.388** min 9.580 - max 51.600
Durante attività di stampa	12:51 - 13:13	**18.345** min 4.340 - max 48.900
Fondo	11:38 - 12:51	**4.644** min 3.890 - max 7.020
EDIFICIO C - Ufficio C1 - Stampante/fotocopiatrice Olivetti D-Color MF 550		
Fondo	10:06-10:12	**22.515** min 20.700 - max 23.500
Durante e dopo la stampa di 170 pagine	10:15-10:23	**28.250** min 20.000 - max 81.900
Durante la riproduzione di 100 pagine	10:26-10:30	**23.822** min 19.800 - max 37.200
Ufficio privo di stampanti, fondo	10:33-10:36	**12.071** min 11.500 - max 12.600
Esterno	10:38-10:41	**13.541** min 9.670 - max 17.500
EDIFICIO C - Ufficio C2 - Stampante/fotocopiatrice Olivetti D-Color MC 360		
Fondo	11:10-11:12	**14.667** min 14.200 - max 15.400
Durante e dopo la stampa di 100 pagine	11:16-11:26	**16.374** min 12.400 - max 21.700
EDIFICIO D - Ufficio D1 - Stampante HP Laserjet P2015d		
Fondo	10:35 - 11:25	**3.140** min 1.920 - max 4.140
Fondo	15:38 - 15:39	**1.249** min 1.160 - max 1.370
Stampa di 20 pp.	15:50 - 15:53	**14.810** min 883 - max 118.000
EDIFICIO D - Locale stampa - Stampante Ricoh Aficio MP C5000		
Durante stampa di 50 pp.	15:58 - 14:01	**2.475** min 1.660 - max 7.900
Esterno	14:58 - 15:23	**3.710** min 2.990 - max 12.500

(segue)

Tabella II *(segue)*

Postazione	Ora	Concentrazione
	h:min	Particelle/cm^3
EDIFICIO E - Ufficio E1 - Stampante HP ColorLaserjet CP3505N		
Fondo	11:36 - 11:37	**5.693** min 5.570 - max 5.830
Durante stampa di 20 pp.	11:37 - 11:41	**15.920** min 7.090 - max 89.800
EDIFICIO E - Ufficio E1 - Stampante HP ColorLaserjet CP1525NW color		
Fondo	11:07 - 11:09	**7.443** min 7.010 - max 8.470
Durante stampa	11:14 - 11:18	**8.788** min 5.380 - max 78.900
EDIFICIO E - Ufficio E2 - Stampante HP ColorLaserjet 2600N		
Fondo	11:43 - 11:44	**6.442** min 6.190 - max 7.020
Durante stampa di 11 pp.	11:44 - 11:45	**6.585** min 5.890 - max 7.010
EDIFICIO E - Locale fotocopiatrice Lexmark X940e		
Fondo	11:46 - 11:47	**6.915** min 6.680 - max 7.210
Durante riproduzione di 20 pp.	11:48 - 11:51	**8.516** min 7.270 - max 9.850
EDIFICIO F - Ufficio F1 - Stampante HP ColorLaserjet CP2025		
Fondo	16:09-16:10	**3.248** min 3.150 - max 3.320
Durante stampa di 8 pp.	16:16-16:18	**56.973** min 3.320 - max 500.000
EDIFICIO F - Ufficio F2 - Stampante HP ColorLaserjet CP3505x		
Fondo	16:12-16:14	**3.234** min 3.120 - max 3.360
Durante stampa di 26 pp.	16:21-16:24	**20.579** min 4.540 - max 105.000
EDIFICIO F - Ufficio F2 - Fotocopiatrice Lexmark X940e		
Durante la riproduzione di 20 pp.	16:26-16:28	**6.109** min 5.590 - max 6.550
EDIFICIO G - Ufficio G1 - Stampante/fotocopiatrice Ricoh Aficio MP 4000		
Fondo	11:50 - 11:52	**5.425** min 5.210 - max 5.590
Durante la riproduzione di 50 pp.	11:53 - 11:54	**5.309** min 5.110 - max 5.540
Durante la stampa di 75 pp.	11:54 - 11:57	**5.390** min 5.040 - max 6.310
EDIFICIO H - Ufficio H1 - Stampante Xerox Phaser 6280		
Fondo	11:57 - 11:58	**6.285** min 6.160 - max 6.450
Durante la stampa di 10 pp.	12:00 - 12:01	**66.666** min 6.200 - max 239.000
EDIFICIO I - Ufficio I1 - Stampante/fotocopiatrice Ricoh Pro 907exp		
Fondo	12:27 - 12:32	**3.473** min 3.300 - max 3.620
Durante riproduzione documenti	10:16 - 10:18	**5.685** min 4.840 - max 6.500
Durante stampa	12:24 - 12:25	**5.077** min 4.480 - max 5.710

Tabella III. ***Emissione delle stampanti basata sul rapporto tra valori di picco e valori di fondo della concentrazione numerica del particolato ultrafine***

Stampante / Fotocopiatrice	Rapporto
HP ColorLaserjet CP2025	>10
Xerox Phaser 6280	>10
Kyocera Ecosys FS-1300D	5,1 - 8,5
HP ColorLaserjet CP3505x	6,4
HP Laserjet P2015d	4,7
HP ColorLaserjet CP3505N	2,8
Olivetti D-Color MF 550	2,0 - 2,3
Lexmark X940e	1,2 - 1,9
Ricoh Pro 907exp	1,5 - 1,6
Olivetti D-Color MC 360	1,3
HP ColorLaserjet CP1525NW color	1,2
HP ColorLaserjet 2600N Canon iR 1600 Ricoh Aficio MP C5000 Ricoh Aficio MP 4000	≤1

ambienti di lavoro privi di ventilazione artificiale. Non si dimentichi che ad un maggiore inquinamento particellare corrisponde anche una maggiore presenza degli altri inquinanti generati dall'operazione di stampa (SOV, metalli, gas).

Inoltre, durante la stampa e la fotocopiatura i valori della concentrazione di particelle superiori a 1 μm non mostrano anch'essi differenze di rilievo rispetto a quelli del fondo: una indagine gravimetrica tradizionale della polverosità ambientale non avrebbe messo in evidenza l'incremento, dovuto alle stampanti, della concentrazione particellare e, conseguentemente, degli altri inquinanti aerodispersi.

L'esame al microscopio elettronico a scansione dei campioni di particolato aerodisperso prelevati nell'ufficio con stampanti Kyocera Ecosys FS-1300D (ad elevata emissività) e nel locale fotocopiatrice Canon iR 1600 ha evidenziato la presenza di particelle a diversa granulometria.

La componente più grossolana è riferibile a frammenti di carta, con dimensioni che superano anche i 50 micrometri, fibre in assoluta prevalenza di natura organica (fibre di tessuto e aghetti di natura vegetale) e agglomerati o particelle minerali, molti dei quali costituiti da silicati, calcite, gesso e cloruro di sodio.

Di particolare interesse è la riscontrata presenza di numerose particelle, in prevalenza di diametro inferiore ai 10 micrometri e di forma subsferica, di ossido di silicio (figura 2), di ossido di ferro (figura 3) e di carbonio; presumibilmente questo particolato può essere attribuito a particelle di toner emesse dalla stampante e dalla fotocopiatrice.

Da notare, che l'analisi elementare di alcuni agglomerati minerali ha messo in evidenza la presenza di zinco e titanio, mentre è tranquillizzante che in nessuna delle particelle analizzate sono risultati presenti metalli quali, cadmio, piombo, nichel e cromo.

Anche l'analisi al SEM ha evidenziato la presenza di particolato più fine (<1 μm), spesso morfologicamente caratterizzato da un aspetto sferico (come le particelle più piccole presenti nella figura 4). Tale frazione del partico-

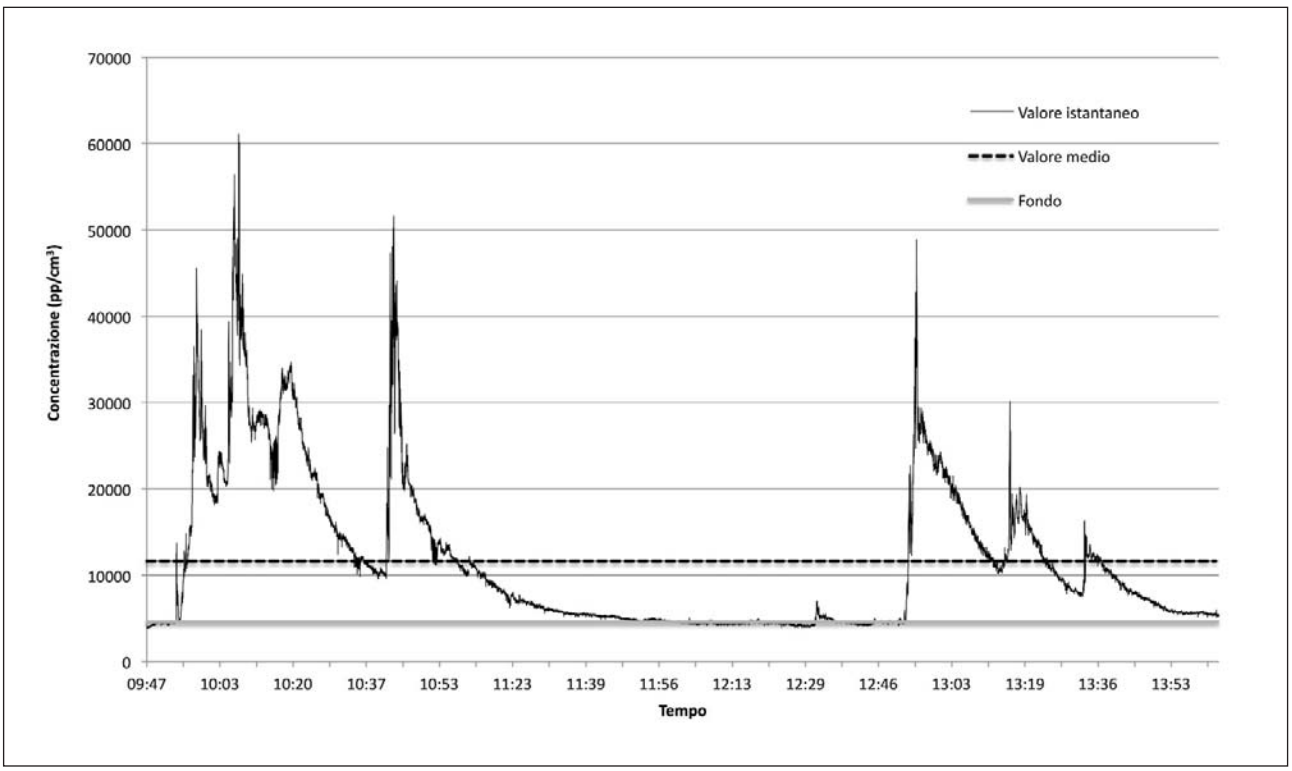


Figura 1. ***Registrazione grafica della concentrazione di UFP nell'ufficio B1***

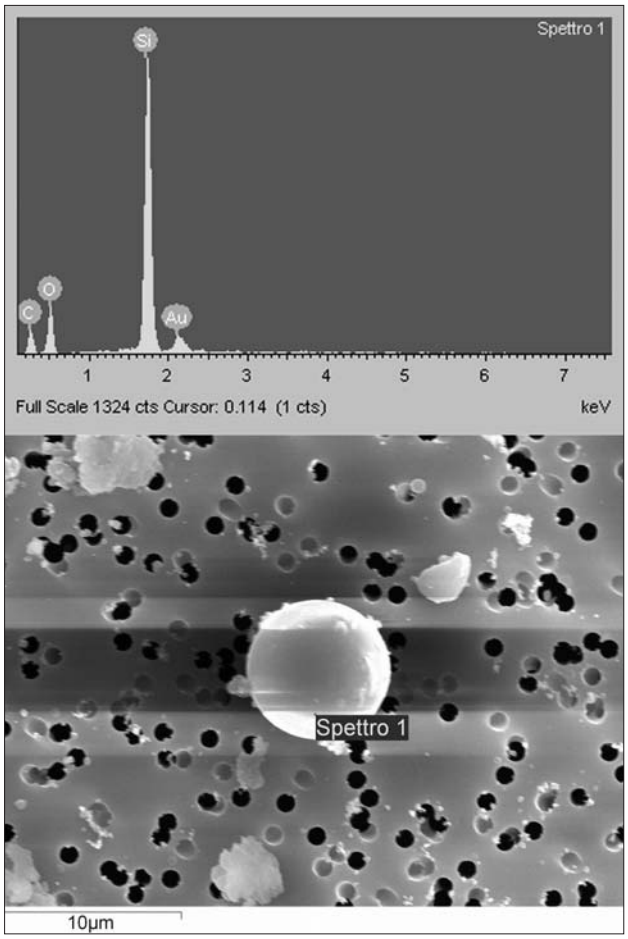


Figura 2. ***Ufficio A1: particella di diossido di silicio ϕ = 7,7 μm***

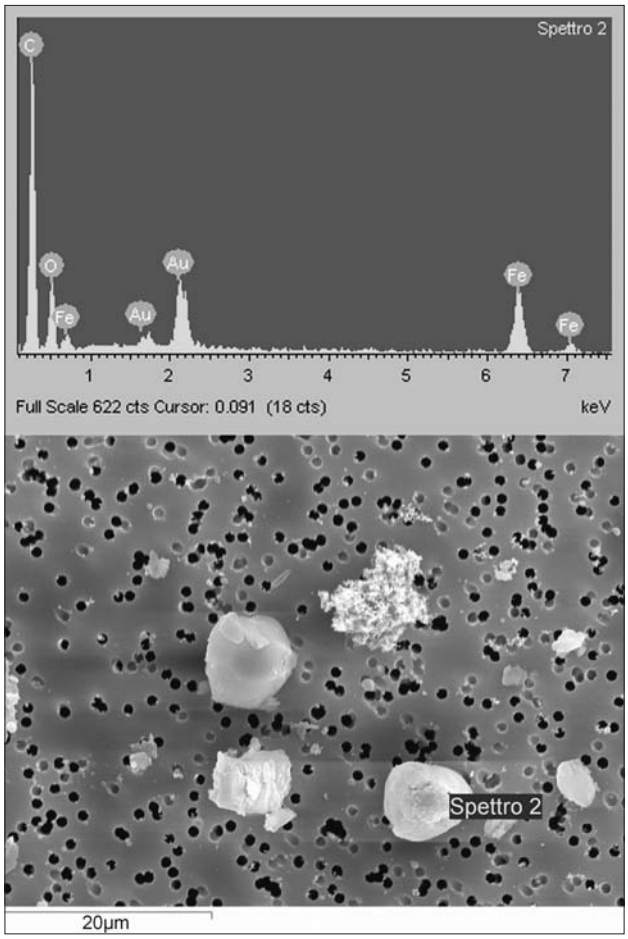


Figura 3. ***Ufficio A1: particella di ossido di ferro ϕ = 7,0 μm***

lato è tuttavia meno abbondante, in termini quantitativi, rispetto a quanto atteso in base ai risultati ottenuti con CPC; in tale range dimensionale prevalgono dunque aerosol liquidi o volatili su quelli solidi. Evidentemente, sotto il vuoto spinto della camera di vaporizzazione dell'oro (tecnica di preparazione del campione per l'analisi al SEM), la componente liquida è evaporata.

In tale range granulometrico sembra prevalere in modo evidente solo il particolato organico.

Discussione

Lo studio condotto non ha permesso soltanto di dimostrare l'utilità dell'impiego dei contatori ottici per il controllo in ambienti indoor dell'inquinamento particellare emesso da stampanti laser. Si è rilevato anche che l'uso di tali stampanti determina elevate concentrazioni di polveri ultrafini. La concentrazione del particolato nei diversi ambienti indagati presenta una notevole variabilità legata a fattori quali tipo di stampante, toner, tipo di carta, periodicità della manutenzione e ricambi d'aria.

La registrazione in continuo della concentrazione del particolato submicrometrico consente di eseguire una valutazione dei livelli di esposizione dei lavoratori in ambienti di ufficio.

Negli uffici indagati, la concentrazione numerica del particolato submicrometrico aumenta fino a 150 volte dopo l'avvio del processo di stampa e, in molti casi, dimi-

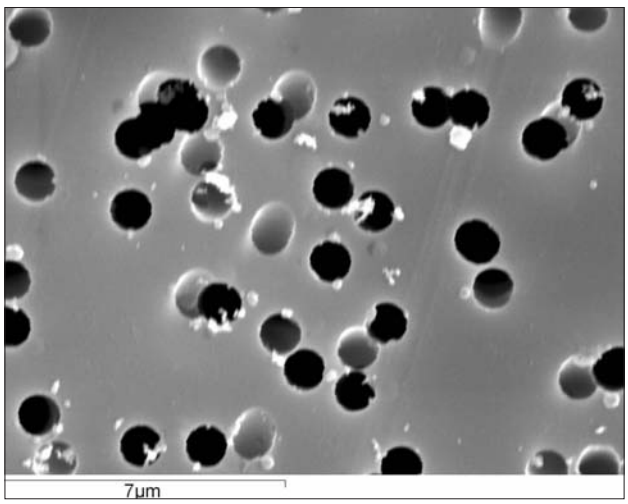


Figura 4. ***Ufficio A1: particolato ultrafine di diametro inferiore a 1 μm***

nuisce fino a valori pari al livello di fondo verso la fine del processo stesso. L'origine e il significato di questi elevati picchi di concentrazione non è del tutto chiara, ma può essere causata dalla condensazione di sostanze organiche volatili (SOV).

La formazione del particolato ultrafine si presume avvenga durante il fissaggio del toner. Questo processo prevede il riscaldamento del rullo fusore e l'adesione della polvere di toner e della carta e può provocare un rilascio

di SOV, che vengono poi eventualmente nucleate a formare particelle. Al fine di fare luce su questo fenomeno, sono state eseguite analisi al microscopio elettronico a scansione di alcuni campioni d'aria.

I risultati delle analisi mostrano che la distribuzione dimensionale delle particelle solide campionate durante il processo di stampa, in parte nella gamma delle UFP, suggerisce che almeno una parte delle emissioni delle stampanti proviene da polvere di toner. Tuttavia, le concentrazioni nettamente superiori di UFP misurate con CPC rispetto a quelle riscontrate in microscopia elettronica indicano che aerosol liquidi o volatili rappresentano presumibilmente la maggior parte delle emissioni delle stampanti laser.

Restano invece insufficienti le indicazioni circa gli effetti sulla salute e molte domande riguardanti l'associazione emissioni delle stampanti-salute non trovano risposta. Ad esempio rimane sconosciuta quale o quali componenti delle emissioni siano i principali responsabili degli effetti negativi sulla salute.

Dunque, poiché le stampanti laser sono sempre più utilizzate, non solo negli uffici, ma anche nelle abitazioni private sarà necessario raccogliere ulteriori informazioni per avere una banca dati esaustiva sulle emissioni di tali apparecchiature, sull'esposizione e sulle caratteristiche chimiche.

Tuttavia i dati attualmente disponibili consentono di limitare il rischio per la salute, infatti questo ed altri studi implicano che le concentrazioni del particolato in ambienti di ufficio possono essere ridotte mediante una scelta opportuna delle stampanti e con l'uso di appropriate tecniche di filtrazione.

Bibliografia

1) He C, Morawska L, Taplin L. Particle emission characteristics of office printers. Environ Sci Technol 2007; 41 (17): 6039-6045.
2) Castellano P, Canepari S, Ferrante R, L'Episcopo N. Multiparametric approach for an exemplary study of laser printer emissions. J Environ Monit 2012; 14: 446-454.
3) He C, Morawska L, Wang H, Jayaratne R, McGarry P, Johnson GR, Bostrom T, Gonthier J, Authemayou S, Ayoko G. Quantification of the relationship between fuser roller temperature and laser printer emissions. J Aerosol Sci 2010; 41: 523-530.
4) Kagi N, Fujii S, Horiba Y, Namiki N, Ohtani Y, Emi H, Tamura H, Kim YS. Indoor air quality for chemical and ultrafine particle contaminants from printers. Build Environ 2007; 42: 1949-1954.
5) SUVA. Factsheet: Stampanti laser, fotocopiatrici e toner: pericoli per la salute. 2008.
6) IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Criteria for assessment of the effectiveness of protective measures. 2009. http://www.dguv.de/ ifa/en/fac/nanopartikel/ beurteilungsmassstaebe/index.jsp.
7) Dekkers S, de Heer C. Tijdelijke nano-referentiewaarden. RIVM Rapport 601044001/2010. http://docs.minszw.nl/ pdf/190/2010/ 190_2010_3_14399.pdf
8) van Broekhuizen P, van Veelen W, Streekstra WH, Schulte P, Reijnders L. Exposure limits for nanoparticles: report of an international workshop on nano reference values. Ann Occup Hyg 2012; 56 (5): 515-524.
9) Methner M, Hodson L, Geraci C. Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials - Part A. J Occup Environ Hyg 2010; 7 (3): 127-132.
10) Methner M, Hodson L, Dames A, Geraci C. Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials - Part B: Results from 12 Field Studies. J Occup Environ Hyg 2010; 7 (3): 163-176.

Corrispondenza: *Dott. Mario Grana, Dipartimento di Biomedicina e Prevenzione, Via Montpellier 1 - 00133 Roma, Italy, E-mail: mario.grana@uniroma2.it, Tel. 06 72596141 - Cell. 339 1108525*

G Ital Med Lav Erg 2015; 37:3, 144-154
ISSN 1592-7830

© PI-ME, Pavia 2015
MEDICINA DEL LAVORO

Simona Catalani[1], Alessandro Berra[2], Cesare Tomasi[1], Canzio Romano[3], Enrico Pira[3], Giacomo Garzaro[3], Pietro Apostoli[1]

Riflessioni sull'impiego della meta-analisi nell'orientamento delle conoscenze e delle decisioni in Medicina (del Lavoro)

[1] Dipartimento di Specialità Medico Chirurgiche, Scienze Radiologiche e Sanità Pubblica. Sezione Igiene Industriale, Università degli Studi di Brescia
[2] Presidente Onorario APAMIL
[3] Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche, Università degli Studi di Torino

RIASSUNTO. Negli ultimi anni, in seguito alla necessità di accorpare il crescente numero di informazioni reperibili dalla letteratura scientifica, le meta-analisi e le revisioni sistematiche si sono ampiamente diffuse.
In tal senso, le meta-analisi vengono condotte per indagare il grado di associazione tra due eventi, laddove i singoli studi abbiano fornito risultati non esaustivi o contrastanti fra loro. D'altra parte, per ottenere dati attendibili, la meta-analisi deve essere condotta seguendo criteri specifici, a partire dalla ricerca bibliografica e dalla selezione degli studi da includere, sino alla valutazione degli *outcome*: a tale scopo è fondamentale l'applicazione di metodiche corrette per l'analisi della qualità dei lavori selezionati e per il trattamento dei dati raccolti.
È indispensabile, inoltre, non sottovalutare come il sistema attuale di produzione e valutazione degli elaborati scientifici possa aver potenzialmente influenzato e alterato l'affidabilità degli studi disponibili per le valutazioni meta-analitiche.
Questo contributo vuole fornire al lettore strumenti preliminari per un approccio critico alle meta-analisi e revisioni sistematiche che, anche nell'ambito della Medicina del Lavoro, sono diventati preziosi ed utili strumenti di lavoro.

Parole chiave: meta-analisi, revisioni sistematiche, qualità, medicina del lavoro.

ABSTRACT. Considerations on the use of meta-analyses in the orientation of knowledge and decisions in Occupational Medicine. In recent years, due to the need to elaborate the amount of information available from the scientific literature, the meta-analyses and systematic reviews have become very numerous.
The meta-analyses are carried out to evaluate the association between two events when single researches haven't provided comprehensive data.
On the other hand, a good meta-analysis must satisfy certain criteria, from the selection of the studies until the evaluation of the outcomes; to this purpose, the application of methods for quality assessment is a crucial point to obtain data of adequate reliability.
The aim of this review is to give some introductory tools for a critical approach to meta-analyses and systematic reviews, which have become useful instruments also in occupational medicine.

Key words: *meta-analysis, systematic review, quality, occupational medicine.*

Introduzione

Negli ultimi due decenni, in ambito sanitario, ha rivestito un ruolo di sempre maggior rilevanza il ricorso a criteri di Medicina Basata su Prove di Efficacia (EBM, *Evidence-Based Medicine*): un approccio alla pratica medica volto ad ottimizzare le scelte sulla base delle evidenze provenienti dalla letteratura scientifica.

Anche la Medicina del Lavoro è stata interessata da questo processo con evidenti ricadute pratiche nello svolgimento della professione: ciò significa che lo specialista, nella scelta di un valido approccio clinico, debba effettuare le proprie scelte interpretando correttamente i dati offerti dalla letteratura scientifica o, laddove ne abbia la possibilità, affidandosi alle indicazioni o alle linee guida prodotte da Enti a ciò preposti, riconosciuti in ambito istituzionale, scientifico o tecnico (1, 2).

Appare pertanto cruciale, in particolar modo in sede gestionale e decisionale, conoscere quali siano i meccanismi alla base delle scelte operate da questi Enti, al fine di approcciarsi in maniera critica alle informazioni fornite.

Il primo elemento da considerare è la selezione degli studi analizzati: ancor prima, infatti, di valutare la qualità e il numero dei lavori presi in considerazione, bisogna esaminare quali siano stati i criteri di inclusione ed esclusione degli stessi e quali possano essere le condizioni che hanno portato, in studi analoghi, a risultati contrastanti.

Qualora la valutazione sia stata affidata ad un *panel* di esperti, riveste un'importanza fondamentale considerare quali siano state le metodiche utilizzate per omogeneizzare i giudizi: è, infatti, requisito di trasparenza esprimere quali siano state le modalità di definizione del consenso (ad esempio, votazioni) e se vi sia stata concordanza di vedute nella stesura delle conclusioni o se vi siano stati importanti distinguo da parte di alcuni membri del gruppo.

Per quanto concerne, invece, l'analisi di singoli lavori scientifici, è nozione comune che essi, per i limiti imposti dalle possibilità economiche e organizzative dei singoli nuclei di ricerca, possano fornire risultati limitati e, come tali, non definitivi. Proprio per cercare di ovviare a queste limitazioni e per poter confrontare lavori provenienti da realtà diverse, è andato sempre più diffondendosi l'impiego di strumenti di ricerca secondari volti a riassumere i dati provenienti dalle diverse fonti e ad incrementare la

potenza statistica; tra di essi si annoverano le revisioni sistematiche e le meta-analisi.

Questi strumenti, di indubbia utilità, possono svolgere la loro funzione solamente se applicati in maniera corretta, al fine di produrre risultati non minati da *bias*, la cui natura verrà specificata in seguito: è, pertanto, compito della comunità scientifica non riporre un'acritica fiducia nei confronti dei lavori derivanti dalle suddette metodiche, ma svolgere una costante opera di revisione e sorveglianza sulle pubblicazioni disponibili.

Nello specifico della Medicina del Lavoro, le meta-analisi e le revisioni sistematiche possono essere un prezioso strumento poiché riescono a racchiudere e confrontare criticamente indagini epidemiologiche di diversa ampiezza e condotte su differenti archi temporali portando ad una elaborazione complessiva dell'associazione tra l'esposizione a fattori di rischio ed eventuali profili di malattia.

Proprio in questo settore più che in altri, il progresso tecnologico e di prevenzione intervenuto nel corso degli anni può, infatti, rendere delicato il confronto fra evidenze di esposizioni o di incidenze di patologie occorse in realtà lavorative differenti per epoca e contesto e quindi dubbio il risultato complessivo finale.

Obiettivo di questo contributo è, dunque, quello di stimolare il lettore ad un approccio critico nella valutazione dei lavori di meta-analisi e di revisione sistematica, fornendo un compendio sintetico degli strumenti più comuni necessari ad interpretarne i risultati.

Per un quadro più esaustivo degli strumenti operativi disponibili e dei possibili approcci interpretativi in ambito statistico gli autori rimandano ad una lettura approfondita della letteratura di settore, parzialmente citata nelle fonti bibliografiche.

Contestualmente si presenta una breve analisi dei più recenti lavori scientifici di revisione e meta-analisi condotti su temi afferenti alla Medicina del Lavoro condotta con lo scopo di identificarne le caratteristiche e le criticità più comuni.

Definizioni

I termini revisione sistematica e meta-analisi sono talora erroneamente utilizzati come sinonimi: in realtà, pur riferendosi entrambi, come precedentemente enunciato, a strumenti di ricerca statistica secondari, presentano notevoli differenze.

Una **revisione sistematica** è essenzialmente uno strumento atto a ridurre al minimo l'errore sistematico (*bias*) nell'estrazione dei dati, senza la necessità che questi vengano raggruppati in una qualche categoria formale: consiste in tutto e per tutto in una revisione dei dati di letteratura condotta, però, in modo sistematico.

Non è permessa, dunque, discrezionalità da parte degli autori nella selezione dei riferimenti bibliografici: tutti gli studi scientifici presenti in letteratura e inerenti all'argomento devono essere trovati e citati.

Pertanto, pur non essendoci garanzia di assoluta imparzialità nell'analisi dei lavori esaminati, vi sono, comunque, i presupposti per una raccolta obiettiva dei dati di letteratura, senza il rischio di trascurare alcuno studio.

La **meta-analisi**, invece, è uno strumento, applicabile in tutte le discipline scientifiche e mediche, il cui scopo è quello di riassumere i dati provenienti da diversi strumenti di ricerca primaria: in dettaglio consiste in una serie di metodi matematico-statistici per integrare, in un unico indice quantitativo di stima, i risultati di diversi studi, al fine di trarre evidenze statistiche più forti di quelle ottenibili sulla base di ogni singolo studio.

L'aggregazione di questi dati permette un lavoro di sintesi laddove i singoli studi su un argomento, presentando risultati diversi fra loro, non consentano di trarre conclusioni univoche: il razionale di questo approccio è quello di fornire un test dell'ipotesi nulla di maggiore potenza rispetto a quella di ogni singolo studio ed una stima di maggiore precisione per quanto riguarda gli effetti rilevati.

Lo svantaggio di questa operazione consiste nella perdita di contenuto informativo: i risultati ottenuti aggregando diverse categorie non esprimono con precisione le caratteristiche dei singoli componenti. Si ottiene, pertanto, un modello astratto, che non può descrivere e, pertanto, non può essere confrontato con singole realtà.

La progressiva diffusione della procedura metanalitica rende necessaria una riflessione su quali siano le operazioni previste nel suo svolgimento e quali le criticità, in particolare nella scelta di quali studi debbano essere inclusi nell'analisi e sui campi di applicabilità e riproducibilità dei risultati ottenuti.

In sintesi, i passaggi necessari allo svolgimento della procedura metanalitica sono i seguenti (3):

1. identificazione degli *end point;*
2. definizione di un protocollo in cui si specifichino i criteri di inclusione e di esclusione dei singoli studi dalla meta-analisi;
3. ricerca bibliografica dei lavori di interesse, la più esaustiva possibile;
4. analisi critica dei lavori che, in base ai criteri in precedenza definiti, sono stati inclusi nella meta-analisi;
5. laddove gli studi presentino caratteristiche simili e non vi sia un'eterogeneità significativa, combinazione dei risultati (*pooling*)
6. interpretazione dei dati ottenuti, tenendo conto dell'eterogeneità osservata e del *pooling*.

Al fine di garantire uno standard di qualità nella produzione di revisioni sistematiche e meta-analisi sono state pubblicate numerose Linee Guida. Fra queste si segnala il PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) Statement: uno standard di riferimento per il reporting di revisioni sistematiche e meta-analisi di trial controllati randomizzati, costituito da una checklist di 27 *item* e da un diagramma di flusso a 4 fasi, accompagnati da un documento di istruzioni sul loro utilizzo (4, 5).

Meta-analisi e Medicina del Lavoro

Nell'ambito della Medicina del Lavoro le revisioni sistematiche e le meta-analisi di maggior utilità e consulta-

zione sono quelle inerenti all'incidenza di patologie o mortalità riferite a particolari esposizioni o attività lavorative.

Per avere un'idea della portata dell'argomento abbiamo condotto una ricerca bibliografica riguardante le meta-analisi e revisioni sistematiche di ambito strettamente occupazionale, escludendo quelle relative agli altri ambienti di vita, pubblicate nei soli anni 2014 e prima metà del 2015.

Sono stati individuati 52 studi ed, in particolare, 30 meta-analisi, 4 revisioni sistematiche e 18 meta-analisi e revisioni sistematiche unite.

Di questi 10 trattano di ergonomia (ad esempio, incidenza della sindrome del tunnel carpale nei lavoratori che utilizzano il PC, correlazione tra insorgenza di rachialgia e svolgimento di mansioni specifiche, posture ed osteoartriti), 7 studiano specifiche categorie di lavoratori (piloti, saldatori, produttori di cemento e carbone, autisti, sanitari e pescatori), 16 approfondiscono lavori su correlazioni fra xenobiotici propri di determinati ambienti lavorativi e l'insorgenza di patologie (fra questi: asbesto e tumore dello stomaco e dell'esofago, idrocarburi e Parkinson, tumori del polmone e delle vie urinarie, piombo e SLA, pesticidi e disordini comportamentali/neurologici, clorofenolo e tumori polmonari, benzidina e β-naftilammina e tumore del polmone, cromo esavalente e tumore dello stomaco), 4 studi hanno approfondito le pubblicazioni che trattavano di particolari patologie estrapolando i settori occupazionali in cui queste sono maggiormente presenti (tumori sinusali, ovaio, laringe e colon retto) e 2 trattano di rischio biologico.

Infine, un trend in crescita è quello relativo agli studi sulle patologie da stress lavoro-correlato, le meta-analisi su questo argomento sono state 13: di queste, 7 trattano di *job strain* (correlato a *stroke*, ipertensione, asma, BPCO, disordini coronarici, malattie infiammatorie croniche intestinali) e le altre 6 studiano l'interazione fra stress e patologie come diabete e ischemie o l'influenza dei turni di lavoro su patologie croniche.

Nell'analisi effettuata sulle 48 pubblicazioni metanalitiche (31-78) sono stati valutati i seguenti parametri:
- il riferimento ai database consultati;
- la descrizione del *Software* utilizzato;
- l'indicazione dei criteri di inclusione;
- l'adozione di linee guida;
- gli anni di osservazione;
- il numero degli studi selezionati;
- il riferimento all'effettuazione di analisi sull'eterogeneità degli studi;
- il criterio di scelta del modello fisso o casuale;
- la valutazione della qualità degli studi;
- il supporto all'ipotesi iniziale da parte dei risultati.

Per quanto concerne la metodologia applicata la maggior parte degli studi (95,8%) indica il numero dei database esaminati (da 2 a 11), le stringhe di ricerca, i criteri di inclusione dei lavori ed il software utilizzato (60,4% STATA).

Nel 43,7% dei lavori erano presenti indicazioni in merito alle linee guida seguite (in particolar modo, PRISMA, MOOSE, COCHRANE). Il numero delle pubblicazioni selezionate per la valutazione metanalitica va da un minimo di 2 a un massimo di 83.

L'eterogeneità è stata calcolata in tutti gli studi, mentre la presenza di un possibile *pubblication bias* è stata valutata nel 79,2% dei casi, applicando l'Egger test in prima battuta, seguito dai test di Begg e Trimm e Fill.

Altro punto importante è il criterio di scelta del modello applicato: nel 50% è stato selezionato il modello in base all'eterogeneità degli studi inclusi; la restante parte ha applicato il modello (fisso o random) arbitrariamente.

Una specifica valutazione della qualità degli studi inclusi è stata riportata solamente nel 33% dei lavori analizzati.

Da questa piccola selezione risulta che la maggior parte delle meta-analisi produce risultati che supportano l'ipotesi iniziale. Solo 11 delle meta-analisi esaminate hanno evidenziato risultati contrari.

La sintesi grafica dei risultati ottenuti nella nostra analisi è riportata in Fig. 1.

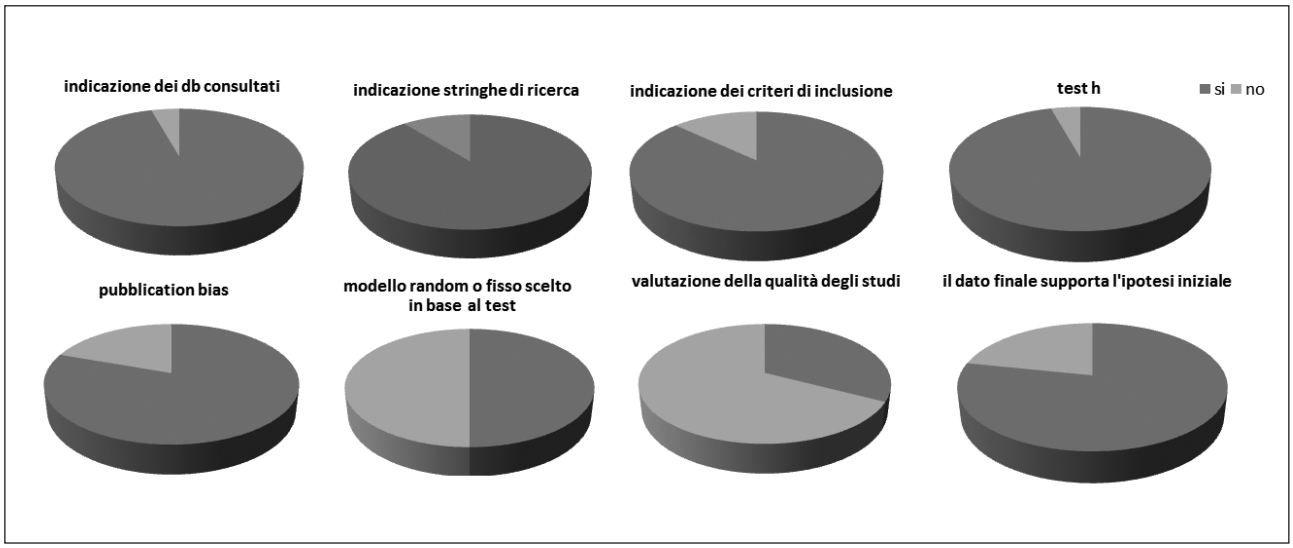


Figura 1. ***Valutazione della presenza di alcuni parametri nella struttura delle 48 meta-analisi selezionate***

Come leggere i risultati di una meta-analisi: il ***Forest plot***

Il *Forest plot* è la rappresentazione grafica dei risultati di una meta-analisi: la sua funzione è quella di mettere a confronto i dati forniti dai diversi studi che compongono la meta-analisi e di fornire il risultato della loro aggregazione quantitativa.

Utilizzato, inizialmente, per rappresentare i risultati delle meta-analisi condotte su *trial* clinici controllati randomizzati, è stato, negli ultimi decenni, impiegato anche nella rappresentazione di studi osservazionali.

Pur potendo presentare caratteristiche differenti, a seconda della pubblicazione, solitamente è composto dai seguenti elementi:

– Una colonna a sinistra in cui vengono presentati, dall'alto in basso, i nomi degli studi inclusi e/o dei rispettivi autori, corredati della numerosità del campione e/o dell'anno di pubblicazione dei risultati.
– Nel mezzo un grafico rappresentante le diverse misure dell'associazione tra due fattori (il rischio relativo, comunque calcolato) ottenute nei singoli studi. Ciascuna di queste viene posizionata su una scala logaritmica che permette di confrontare tra loro i diversi risultati, lasciando nel mezzo, come asse verticale, il valore medio.
– Una colonna a destra in cui, in corrispondenza di ciascuno studio e della sua rappresentazione sull'asse, sono presentati i valori di rischio e i relativi intervalli di confidenza. Può anche essere rappresentato, in valore percentuale, il peso dello studio sui risultati complessivi della meta-analisi.

Nel grafico centrale, ciascuno studio è rappresentato da un quadrato o da un'altra figura geometrica le cui dimensioni sono proporzionali al peso rivestito dallo stesso nell'analisi quantitativa, solitamente in base alla numerosità del campione, ed è posizionato su una linea orizzontale che rappresenta l'intervallo di confidenza dei risultati dello studio stesso.

In fondo al grafico è presente un rombo, il cui centro rappresenta il risultato complessivo dell'aggregazione quantitativa dei dati della meta-analisi. Gli spigoli laterali sono posizionati ai limiti inferiore e superiore dell'intervallo di confidenza.

Sono, di seguito, forniti due esempi di studi metanalitici con relativo *Forest plot.*

Come esempio di studi che non hanno portato alla conferma dell'ipotesi di base riportiamo i risultati ottenuti da Heikkilä et al. che, nella loro pubblicazione (6), valutano la correlazione tra *Job strain* e l'insorgenza di eventi infiammatori intestinali (morbo di Crohn e rettocolite ulcerosa). La valutazione complessiva di 11 studi di coorte, sia positivi sia negativi, porta a conclusioni nulle (<1) rispetto all'aumento del rischio di insorgenza delle patologie indagate (Fig. 2).

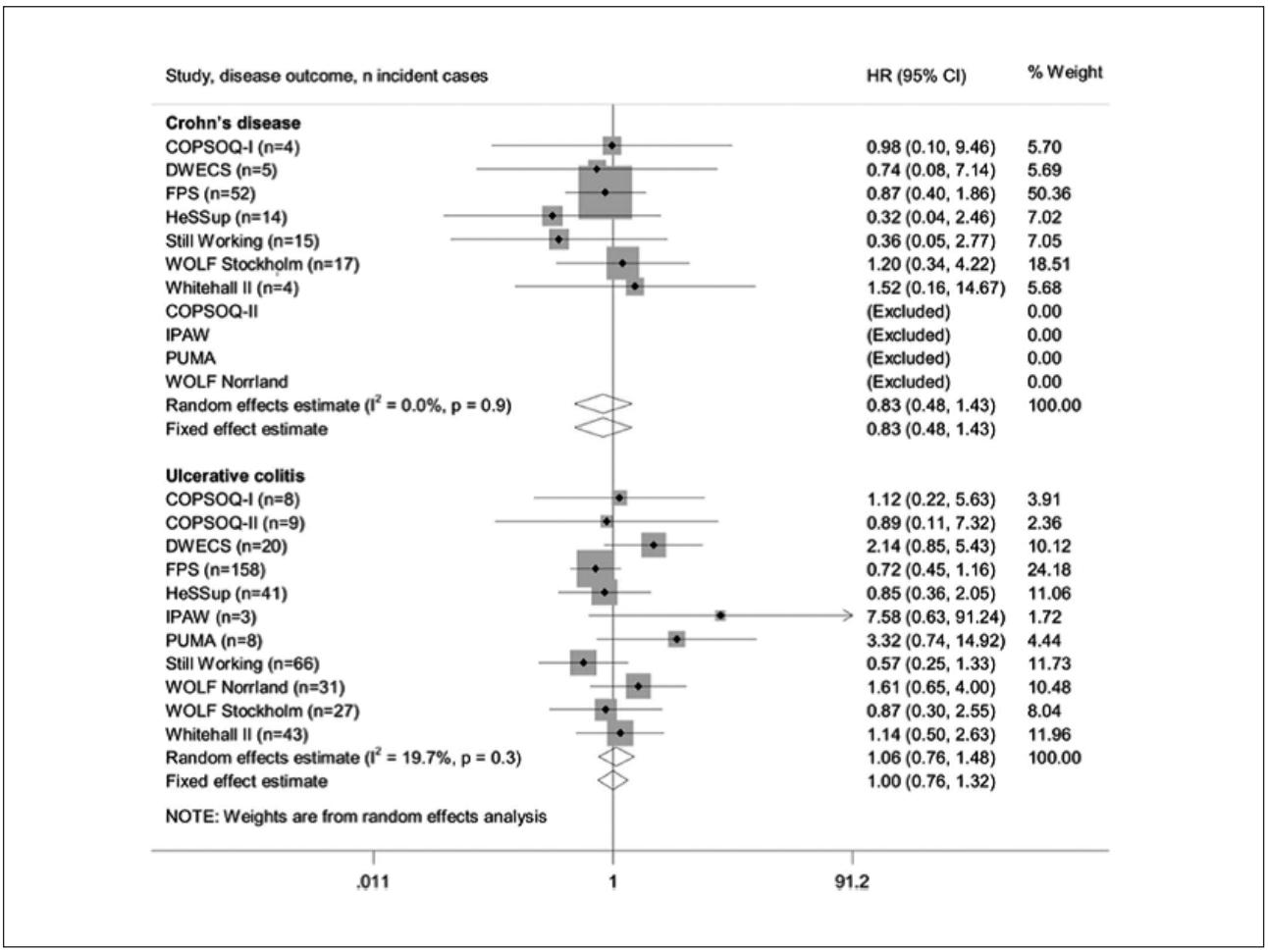


Figura 2. Forest plot ***di uno studio metanalitico (6) in cui l'analisi degli studi selezionati porta ad un rischio cumulativo non significativo***

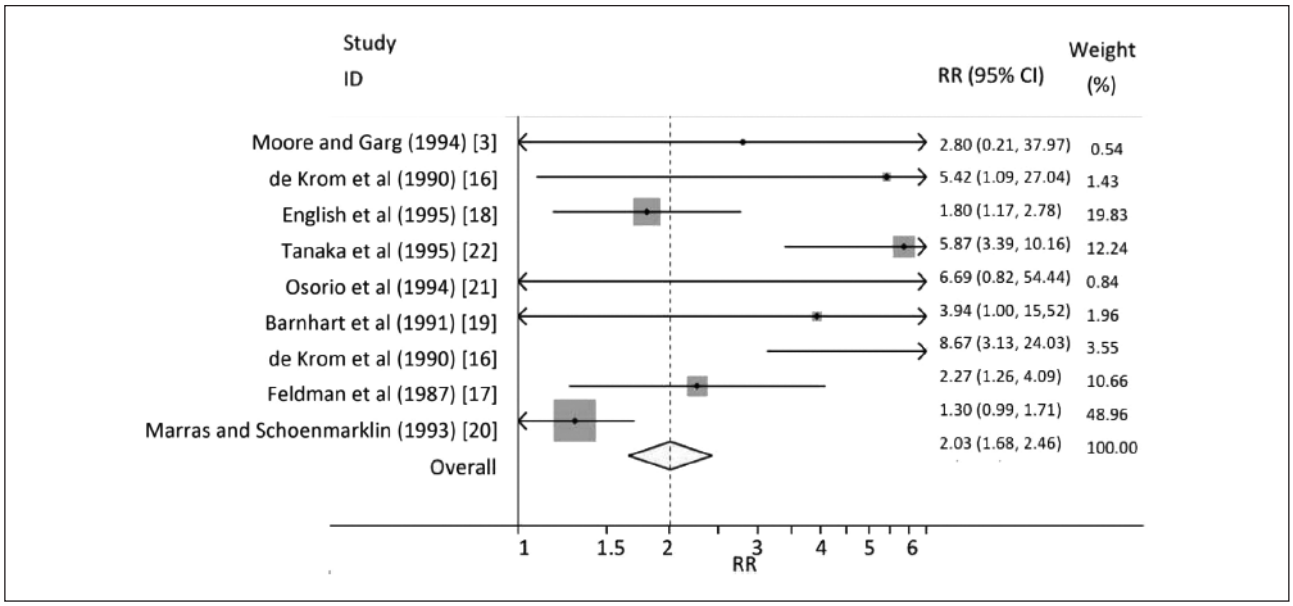


Figura 3. Forest plot *di uno studio metanalitico (7) in cui l'analisi degli studi selezionati evidenzia un rischio cumulativo significativo*

Come esempio di studi i cui risultati complessivi hanno confermato l'ipotesi di base riportiamo (Fig. 3), invece, i risultati ottenuti da You, Smith e Rempel (7), in uno studio pubblicato nel 2014, in cui si analizza l'associazione tra la postura del polso e l'insorgenza di sindrome del tunnel carpale nei lavoratori.

Precondizioni dell'analisi

Una meta-analisi può presentare molteplici possibili criticità e punti deboli; per questo, una procedura corretta deve considerare, come già descritto, diversi elementi, tra cui l'analisi degli obiettivi, dei partecipanti, degli interventi, degli *outcome* e dei criteri di inclusione e di esclusione.

Tuttavia, i problemi fondamentali di una meta-analisi possono nascere molto prima della vera e propria analisi statistica dei dati. Nello specifico, riteniamo che le prime criticità possano già essere rilevate nella bibliografia di riferimento.

Bias di pubblicazione

Molto spesso gli studi che producono risultati positivi hanno più probabilità di essere pubblicati di quelli che forniscono risultati nulli o non significativi. Questo fenomeno viene definito "*bias* di pubblicazione" ed è dovuto in parte alla perplessità degli autori nel pubblicare lavori scientifici in cui non siano presenti correlazioni statisticamente significative e in parte al decrescente entusiasmo dei ricercatori, che spesso abbandonano gli studi prima di concluderli e pubblicarli, qualora non conducano a risultati che confermino l'ipotesi postulata.

In sintesi, è una distorsione dei risultati delle indagini condotte, che si manifesta nelle meta-analisi con stime esagerate della correlazione tra due eventi o, seppur meno frequentemente, con la conferma dell'ipotesi di correlazione tra due eventi, laddove questa, in realtà, non vi sia.

Si stima che questo fenomeno possa estendere il proprio effetto fino a circa la metà delle meta-analisi pubblicate, causando distorsioni dei risultati nel 20% dei casi e determinare una modifica dei risultati in meno del 10% (8).

Esiste anche un *bias* definito "*bias della lingua di pubblicazione*", poiché molto spesso studi in lingue diverse dall'inglese, in particolar modo quelli pubblicati in lingue orientali, non vengono presi in considerazione.

Un'altra fonte di *bias* è legata alla selezione degli articoli, ed è classificabile in due macro-tipologie:

– *inclusion criteria bias*: una distorsione attribuibile all'esclusione di studi rilevanti derivante dalla scelta di criteri di inclusione errati o troppo restrittivi;
– *selector bias*: una distorsione che si verifica quando non si fissano precisi criteri di selezione.

Per utilizzare efficacemente i più comuni motori di ricerca è necessaria un'attenta selezione delle stringhe: queste sono composte più comunemente da parole chiave e da termini MeSH (*Medical Subject Headings*, il vocabolario utilizzato per indicizzare la letteratura scientifica in ambito biomedico, il cui *thesaurus* è stato creato dalla *National Library of Medicine* degli Stati Uniti), coordinati tra loro da punteggiatura e operatori booleani (AND, OR, NOT).

Frodi scientifiche

Un importante fattore di confondimento in ambito statistico ed epidemiologico è rappresentato dalla frode scientifica: un problema che, oltre a minare profondamente la credibilità dei risultati della ricerca, ha conosciuto, negli ultimi anni, importanti risvolti giuridici. Nel 2012, infatti, è stato celebrato il primo procedimento penale a carico di un ricercatore, accusato di peculato dalla Procura di Perugia, per aver "manipolato consapevolmente" i risultati di una sperimentazione clinica, e pertanto, di aver abusato dei fondi di ricerca.

A livello internazionale, il tema viene affrontato periodicamente, nelle sue diverse declinazioni, su riviste

scientifiche (9, 10), con lo scopo di definirne gli ambiti e quantificarne l'effetto.

Ma che cosa si intende per frode scientifica?

Una frode scientifica racchiude i "comportamenti intenzionali o involontari, che non raggiungono gli adeguati standard etici e scientifici".

Le principali cause di frodi scientifiche sono:

- Conflitti di interesse
- Esclusione di dati *"outlier"* senza dichiarazione dell'operazione
- Mancata dichiarazione di omissioni nei dati
- Pubblicazioni ridondanti
- Plagi scientifici
- Falsificazione di dati
- Invenzione di dati o casi

Viene definita *Research Misconduct*: la fabbricazione, la falsificazione e l'occultamento dei dati; l'inappropriata manipolazione di dati o immagini; il plagio; l'informazione fuorviante; la pubblicazione ridondante; la paternità inattendibile delle pubblicazioni, quali la *guest* e *ghost autorship* (autori non dichiarati spesso dipendenti dell'industria o di società specializzate nella scrittura di pubblicazioni scientifiche); la mancata divulgazione di fonti di finanziamento o di conflitti di interesse; la falsa dichiarazione del coinvolgimento del finanziatore e la non eticità della ricerca (11-13).

Il *Committee on Publication Ethichs* (COPE) è un Ente, cui aderiscono numerose riviste scientifiche, istituito con lo scopo di segnalare e tenere traccia degli articoli che abbiano evidenziato tentativi di manipolazione volti a facilitarne la pubblicazione: i casi segnalati, però, non possono che risultare un'esigua minoranza, caratterizzata da alterazioni "maldestre" e facilmente evidenziabili. Risulta, invece, ben più complesso, se non spesso impossibile, identificare e quantificare manipolazioni più credibili, spesso mimetizzate in studi i cui buona parte dei dati è raccolta correttamente. Per un ulteriore approfondimento dell'argomento rimandiamo alla letteratura di settore, citando i titoli di due pubblicazioni monografiche significative: "*Fraud and miscondouct in biomedical research*" di Wells e Farthing (14) e "*The great Betryal: Fraud in science*" di Judson (15).

Dal punto di vista di costruzione di una meta-analisi o di una revisione sistematica, riveste una particolare rilevanza il tema delle pubblicazioni ridondanti: studi condotti correttamente i cui dati vengono utilizzati in ripetute pubblicazioni firmate da autori diversi. È chiaro che sperimentazioni cliniche fabbricate o gonfiate, rassegne elaborate da industrie e firmate da esperti, pubblicazioni ripetute e non dichiarate, così come mancate pubblicazioni di dati contrari alle ipotesi postulate, portano alla fabbricazione di conclusioni e nuove evidenze false e non supportate.

Aspetti etici e dichiarazioni di interesse

Esistono anche studi in cui i dati si basano su disegni eticamente scorretti.

Buchkowsky e Jewesson nel 2004 (16) hanno controllato 500 trials clinici pubblicati in prestigiose riviste scientifiche dal 1981 al 2000 riportando sorgenti e affiliazioni degli autori.

Dei 500 lavori revisionati il 36% vedevano le industrie farmaceutiche coinvolte come sponsor indipendenti, percentuale che aumentava al 62% tra il 1997 e il 2000. Un altro 36% veniva sponsorizzato da enti no-profit e un rimante 28% non aveva alcuna dichiarazione.

Alla luce di quanto visto fino ad ora diventa di fondamentale importanza la valutazione dell'attendibilità degli studi selezionati e l'importanza e rilevanza degli *output* da inserire in una meta-analisi. Se da un lato è impossibile smascherare pubblicazioni fraudolente con dati alterati o inventati è invece possibile selezionare i lavori in base al disegno dello studio e all'analisi dei dati.

Nell'ambito della Medicina del Lavoro, il tema delle sovvenzioni alla ricerca, siano esse private o pubbliche, e delle possibili influenze delle stesse sulla selezione, da parte degli autori, dei disegni di studio e degli *outcome* pubblicati è tema ricorrente e, tuttora, oggetto di acceso dibattito nella comunità scientifica (17, 18).

Metodologia di base

Scelta dei criteri di inclusione ed esclusione

Una prima valutazione deve essere fatta in sede della ricerca bibliografica stabilendo i criteri di inclusione ed esclusione delle pubblicazioni. Si presuppone che alla base della selezione di questi criteri ci sia un'approfondita conoscenza dell'argomento, al fine di cogliere quali siano i limiti dei diversi studi.

Tra i principali criteri di esclusione è possibile annoverare:

- la mancata trattazione di uno o più *end-point* che rientrano nell'obiettivo della meta-analisi;
- l'impossibilità di estrapolare il dato finale dallo studio;
- importanti differenze di protocollo (mancata considerazione degli stessi fattori di confondimento, definizione di variabili dissimili, criteri di inclusione nel campione in studio non omogenei, metodologie di analisi discordanti).

Un'iniziale selezione degli studi viene effettuata analizzando i titoli delle pubblicazioni; qualora il titolo non sia sufficiente ad effettuare una scelta, si procede all'analisi dell'*abstract* e, infine, qualora anche l'*abstract* non permetta di chiarificare le condizioni, la scelta viene presa dopo la lettura completa del lavoro.

Terminata questa fase preliminare, si procede al vaglio della bibliografia di ciascun lavoro, per ridurre il rischio di esclusione di studi validi non inclusi nei risultati prodotti dai motori di ricerca.

Analisi quantitativa

L'analisi statistica quantitativa che caratterizza il processo meta-analitico ha lo scopo di:

1. valutare se i risultati degli studi scelti possano essere combinati in maniera ragionevole;
2. valutare se le differenze nei risultati dei singoli studi siano da mettere in correlazione con il variare delle caratteristiche dello studio stesso;
3. fornire una misura cumulativa del risultato.

Per quanto concerne i primi due aspetti, l'analisi si identifica con la valutazione dell'interazione tra modello ed effetto e dell'eterogeneità tra gli studi. Nella pratica vengono effettuati dei test specifici di eterogeneità, valutando se gli studi primari differiscano tra loro in maniera significativa. L'eterogeneità può rendere inaffidabile o inappropriata la combinazione quantitativa (*pooling*) dei dati prodotti su studi diversi.

Infatti il modello dovrebbe essere scelto in base al risultato del test di eterogeneità.

Se il test non giunge a rigettare l'ipotesi nulla, allora i dati sono assunti come consistenti e, in questo caso, viene usato il modello a effetti fissi (*fixed model*). Se, invece, a seguito del test, si riscontra una chiara evidenza di eterogeneità, il primo passo consiste nell'identificare e isolare gli studi che si discostano maggiormente. In questo caso, infatti, le stime vengono considerate eterogenee. Si ricorre, pertanto, al modello a effetti casuali (*random*), in cui si assume che i singoli studi forniscano misure di stima di effetti i cui valori veri sono diversi tra loro.

Valutazione della qualità e Applicazione di un grading

Nell'operazione di valutazione della qualità degli studi selezionati vengono, spesso, utilizzate scale che permettono di valutare specifici parametri e, in base al soddisfacimento di questi, di attribuire un punteggio indicativo della qualità dello studio.

A titolo di esempio, riportiamo gli indici dalla scala di Chalmers e Coll., sviluppata nel 1981 (19): secondo questo metodo di valutazione un lavoro, per essere considerato di buona qualità dal punto di vista metodologico, deve aver fornito dettagliatamente informazioni sulla collocazione dello studio, sui criteri di inclusione dei pazienti, sui pazienti persi al *follow-up* o esclusi dallo studio, sull'analisi statistica effettuata, sul calcolo dei limiti di confidenza e sull'analisi di sottogruppi.

Ovviamente, i punti citati non sono sufficienti, da soli, a definire la qualità complessiva di uno studio: è importante che il lettore riesca ad analizzare criticamente le conclusioni tratte dagli autori, interpretando correttamente i dati offerti.

Per la valutazione della qualità degli studi clinici controllati randomizzati è spesso usata anche la scala di Jadad (20), che analizza l'adeguatezza di randomizzazione, doppio cieco e perdita al *follow up*. Lo *score* totale può variare da 0 a 5 e si considera di buona qualità uno studio che ottenga un punteggio superiore a 3.

La "Jadad scale" è stata validata: è stato dimostrato, infatti, che gli studi che ottengono un punteggio minore o uguale a 2 tendono a produrre effetti legati al trattamento che sono superiori del 35% di quelli prodotti da studi valutati con 3 o più punti.

Per gli studi osservazionali sono state sviluppate altre scale, tra cui la *Newcastle-Ottawa Scale*, utilizzata dalla *Cochrane Collaboration*. Questa scala è valida per gli studi sia di coorte sia caso-controllo e prende in considerazione variabili come la selezione della popolazione, il confronto e la valutazione delle esposizioni o degli effetti. Ad ogni voce di ogni categoria viene assegnata una stella se sono soddisfatte le caratteristiche, in particolare un massimo di una stella per le voci delle categorie "selezione" ed "esposizione" e un massimo di due stelle per la categoria "confronti" (21).

A queste scale si può poi associare una selezione specifica di variabili da considerare, selezionando quei parametri la cui analisi risulti fondamentale per una corretta valutazione dei dati raccolti: ad esempio genere ed età, nello studio di patologie la cui incidenza risenta fortemente delle differenze anagrafiche all'interno del campione, o la quantificazione di esposizioni extraprofessionali laddove si analizzino correlazioni tra incidenza di patologie specifiche ed esposizione professionale ad inquinanti ubiquitari.

Messa a punto di criteri per valutare la qualità di una meta-analisi

Come già introdotto, la forza di una correlazione evidenziata da una meta-analisi non è proporzionale solamente ai risultati dell'interpolazione dei dati, ma anche alla qualità metodologica e interpretativa della meta-analisi stessa.

È, pertanto, diventata oggetto di dibattito scientifico la necessità di sviluppare criteri e strumenti operativi per valutare la qualità degli studi metanalitici.

Il tema, già introdotto nel 1994 da Oxman, Cook e Guyatt (22), sia in ambito metanalitico, sia in quello delle revisioni sistematiche, è stato trattato, con approccio operativo, da Hunt e McKibbon, i quali, nella loro pubblicazione del 1997 (23), hanno stilato un elenco di quesiti utili alla valutazione di ciascuna fase di sviluppo di una meta-analisi.

I quesiti sono:

1) *Did the review article address a focused question?*
   L'articolo di revisione si focalizza su un quesito specifico?
2) *Is it likely that important, relevant studies were missed?*
   È verosimile che studi importanti o rilevanti siano stati dimenticati?
3) *Were the inclusion criteria used to select articles appropriate?*
   I criteri di inclusione utilizzati per selezionare gli articoli erano appropriati?
4) *Was the validity of the included studies assessed?*
   È stata analizzata la validità degli studi inclusi?
5) *Were the assessments of studies reproducible?*
   Le valutazioni condotte sugli studi sono riproducibili?
6) *Were the results similar from study to study?*
   I risultati dei diversi studi erano simili fra loro?
7) *What are the overall results and how precise are they?*
   Quali sono i risultati complessivi e quanto sono precisi?
8) *Will the results help in caring for patients?*
   I risultati saranno utili nel trattamento dei pazienti?

Recenti pubblicazioni (24) suggeriscono la necessità di fornire, agli specialisti delle diverse discipline mediche, adeguate tecniche di approccio critico alla lettura degli studi metanalitici.

Anche noi, pertanto, riteniamo opportuno, declinare i quesiti proposti da Hunt e McKibbon, alla luce delle esigenze scientifiche e operative in ambito medico occupazionale.

In particolare, riteniamo che lo specialista debba porsi le seguenti domande:

1) L'obiettivo della meta-analisi è ben definito e coerente con quelli dei singoli studi che la compongono?
2) È possibile che siano stati omessi nella ricerca bibliografica studi rilevanti?
3) I criteri di inclusione degli studi nella meta-analisi sono stati esplicitati e, se sì, risultano appropriati e coerenti?
4) È stata valutata la qualità, anche attraverso specifici *grading*, degli studi inclusi, esplicitando la presenza di potenziali *bias* e di metodiche di controllo dei fattori di confondimento?
5) È stato esplicitato, da parte degli autori, il grado di concordanza tra gli stessi nell'inclusione degli studi e l'approccio all'analisi dei lavori è riproducibile?
6) Vi è una significativa eterogeneità tra gli studi inclusi?
7) Vi sono risultati statisticamente significativi e con che metodiche sono stati calcolati?
8) L'interpretazione dei risultati è stata condotta in maniera esaustiva e imparziale?

Come abbiamo già precedentemente introdotto, la risposta a queste domande non è sempre univoca e, spesso, risente di una certa discrezionalità individuale.

Pur con questo evidente limite, sono state sviluppate metodiche operative per l'analisi e la correzione dei possibili *bias*: per quanto concerne quello di pubblicazione è stato suggerito da diversi autori l'utilizzo del *funnel plot,* letteralmente "grafico ad imbuto", come ausilio all'identificazione di situazioni in cui la distribuzione dei risultati pubblicati potrebbe sottendere alla presenza di *bias*.

Il metodo prevede la stesura di un piano cartesiano che riporti, sull'asse delle ascisse la stima del parametro che quantifica l'entità della relazione (ad esempio, *l'odds ratio* o una misura similare del Rischio Relativo) e, sulle ordinate, la dimensione del campione in esame o altra misura similare, come il reciproco della varianza o della deviazione standard della stima.

Gli studi di piccole dimensioni saranno caratterizzati da maggiori errori casuali (varianza maggiore), e di conseguenza maggiormente dispersi intorno all'effetto medio, rispetto a studi di grandi dimensioni.

Alcuni autori hanno utilizzato, nelle proprie pubblicazioni, l'analisi del *funnel plot* per escludere la presenza di bias di pubblicazione: ritengono, pertanto, che, qualora il *bias* di pubblicazione non influisca eccessivamente sulla distribuzione degli studi, il grafico ottenuto presenti la classica forma riconducibile ad un imbuto. Se, per contro, la probabilità di pubblicazione fosse maggiore per studi con risultati positivi e statisticamente significativi, o con dimensione maggiore per quel che riguarda l'entità dell'effetto, la forma risulterebbe asimmetrica (Fig. 4a, 4b).

In realtà questo assunto non è universalmente accettato (25-27): non è possibile, infatti, attribuire con sicurezza un'asimmetria alla presenza di *bias* di pubblicazione, così come un *plot* simmetrico non può essere utilizzato come garanzia di assenza di *bias*.

Bisogna considerare che l'asimmetria può essere causata da diverse motivazioni che si discostano dal *bias* di pubblicazione: la precisione delle misurazioni, la numerosità dei campioni, le differenze di qualità nei diversi studi.

L'interpretazione di un *funnel plot*, inoltre, richiede una buona conoscenza degli studi in esame: utilizzando l'esempio fornito in Fig. 4b possiamo notare come, qualora si procedesse alla suddivisione in sottogruppi degli studi, sulla base delle caratteristiche delle popolazioni lavorative esaminate (Fig. 5a), l'applicazione di *funnel plot* per i singoli sottogruppi potrebbe permettere un'interpretazione differente da quella iniziale (Fig. 5b).

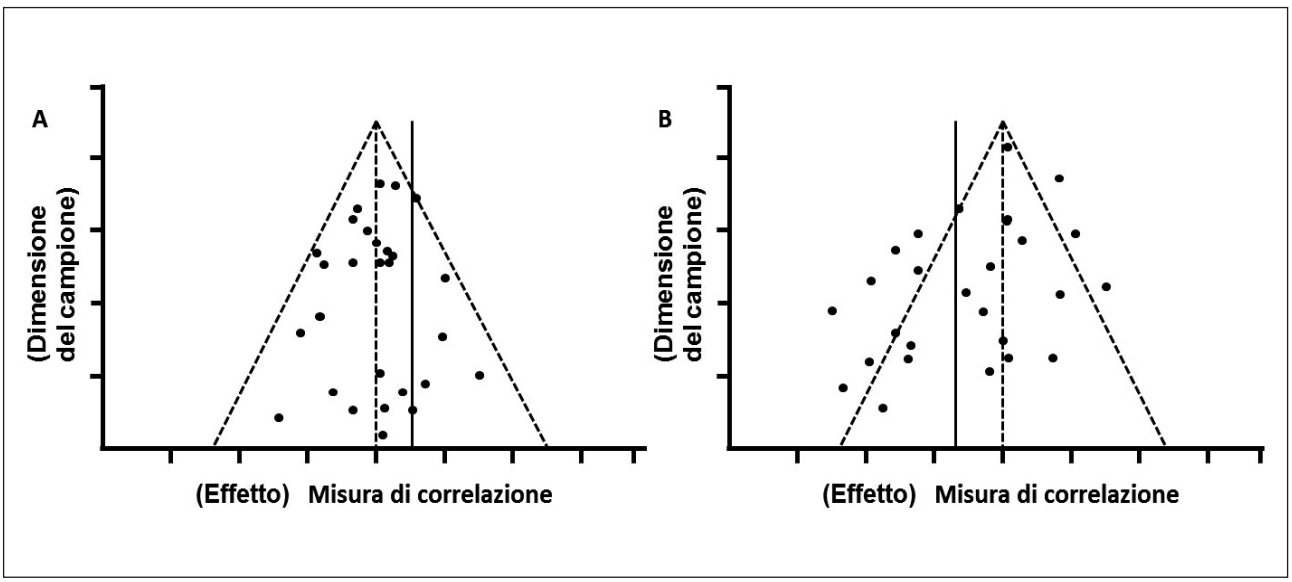


Figura 4. ***Esempio di* funnel plot *simmetrico (a) e asimmetrico (b) (rielaborato da: Sterne et al. (25)***

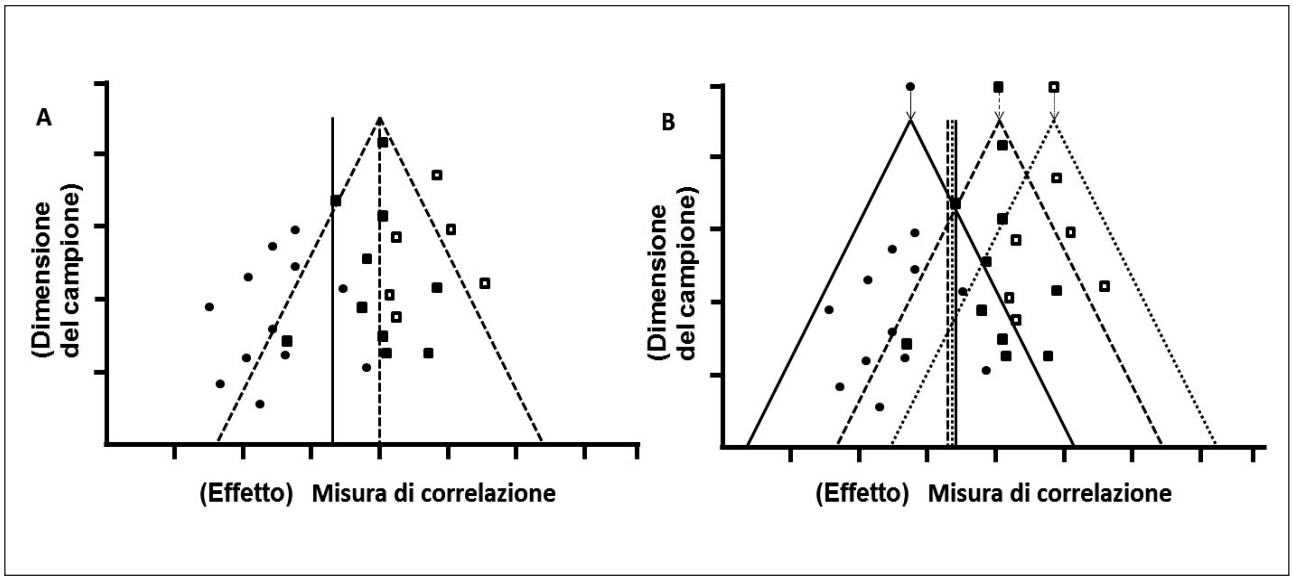


Figura 5. ***Esempio di suddivisione degli studi in sottogruppi sulla base di caratteristiche comuni nei campioni (a) e applicazione di*** **funnel plot** ***separati (b) (rielaborato da: Sterne et al. (25)***

Per questi motivi sono stati sviluppati dei test statistici più rigorosi atti a integrare il *funnel plot* nella valutazione del fenomeno del pubblication bias: tra questi citiamo il test di Begg (28) e il test di Egger (29).

Il test di Begg esamina la presenza di un'associazione tra le stime degli effetti e le loro variazioni utilizzando il Metodo di Kendall. Un limite di questo test è la possibile sottostima che lo rende inaffidabile quando il numero di studi primari è piccola.

Il test di Egger risulta più sensibile: questo strumento traccia la linea di regressione tra la precisione degli studi (variabile indipendente) e l'effetto standardizzato (variabile dipendente). Questa linea di regressione deve essere valutata per l'inverso della varianza. Nell'ipotetica totale assenza di *bias* di pubblicazione la linea di regressione originerebbe nel punto zero dell'asse delle y; tanto più si allontana dallo zero tanto maggiore è l'evidenza di un *publication bias*.

Discussione

In ambito medico occupazionale, le meta-analisi e le revisioni sistematiche possono essere un prezioso strumento, capace di sintetizzare e confrontare criticamente campioni di diversa ampiezza e di differenti archi temporali portando ad una elaborazione complessiva del grado di associazione tra specifiche esposizioni professionali e l'insorgenza di determinati quadri patologici.

L'esame delle meta-analisi pubblicate in questo campo nell'ultimo biennio dimostra come la progressiva diffusione di questo strumento, con il suo relativo apprendimento da parte della comunità scientifica, abbia condotto al raggiungimento di adeguati standard in termini di qualità e riproducibilità della ricerca bibliografica nonché della esplicitazione dei criteri metodologici adottati nella conduzione dello studio.

Ciononostante, sempre in ambito metodologico, sono tuttora presenti criticità che si evidenziano maggiormente nella scelta del modello applicato, nell'adozione delle linee guida e nell'applicazione di scale di valutazione della qualità: tutti parametri che possono influenzare negativamente la qualità e, di conseguenza, l'attendibilità dei risultati forniti dalla meta-analisi.

Ulteriore criticità, specifica dell'ambito medico occupazionale, rimane quella relativa alla difficoltà di confronto tra lavori condotti in epoche differenti: gli importanti progressi intervenuti in ambito di prevenzione nei luoghi di lavoro rende, infatti, i campioni studiati in periodi storici diversi rappresentativi di popolazioni spesso, a nostro parere, non assimilabili fra loro.

Riteniamo, pertanto, di fondamentale importanza, sia in fase di progettazione e conduzione di uno studio, sia nell'approccio alla lettura critica dello stesso, che ricercatori e specialisti possano fare affidamento su un adeguato *background* culturale, che garantisca loro un'approfondita conoscenza delle professioni analizzate, dei relativi quadri di esposizione e delle caratteristiche intrinseche delle popolazioni oggetto di studio.

Non è possibile, infatti, garantire risultati attendibili limitandosi alla mera applicazione di criteri *standard* di inclusione degli studi, che non tengano conto delle peculiarità dei singoli campioni e delle modifiche dei quadri di esposizione intervenute nel tempo. Solo applicando variabili specifiche per l'*outcome* da valutare, inoltre, vi potrà essere una buona gestione e correzione dei possibili fattori di confondimento.

Ciononostante, riteniamo che l'interpretazione dei dati non possa essere effettuata solamente sulla base di test statistici: il solo utilizzo delle metodiche proposte in questo contributo, non supportata da un costante confronto con il contesto economico/sociale e produttivo in esame, garantirà una semplice valutazione della validità dei dati, ma non potrà chiarire se i modelli di associazione suggeriti dai risultati possano trovare riscontro nelle diverse realtà oggetto di indagine.

In ultima istanza, si conferma la necessità di una buona conoscenza della letteratura di settore da cui sono stati tratti gli studi inclusi nelle meta-analisi e nelle revisioni sistematiche, sia per valutare la coerenza tra i risultati complessivi ottenuti e quelli proposti nei singoli lavori, sia per considerare criticamente il contesto storico e scientifico di pubblicazione che, come viene suggerito da diversi autori (8, 30), può essere alla base di errori sistematici e, di conseguenza, modificare sensibilmente i risultati degli studi secondari.

Bibliografia

1) Apostoli P, Imbriani M. [The occupational physician, global advisor for the protection of workers' health]. G Ital Med Lav Ergon, marzo 2013; 35(1): 5-9.
2) Apostoli P, Cortesi I, Baldasseroni A, Cristaudo A, Imbriani M, Magrini A, et al. [The new methodology to produce instruments for updating occupational physician proposed by Italian Society of Occupational Medicine and Industrial Hygiene (SIMLII)]. G Ital Med Lav Ergon, dicembre 2009; 31(4): 371-406.
3) Bollettino di Informazione sui farmaci: marzo-aprile 2000; 2: 36-42. Disponibile su: http://www.agenziafarmaco.gov.it/wscs_render_attachment_by_id/111.67442.1150447019581cf96.pdf
4) Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. Int J Surg Lond Engl 2010; 8(5): 336-41.
5) Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. J Clin Epidemiol, ottobre 2009; 62(10): e1-34.
6) Heikkilä K, Madsen IEH, Nyberg ST, Fransson EI, Ahola K, Alfredsson L, et al. Job strain and the risk of inflammatory bowel diseases: individual-participant meta-analysis of 95,000 men and women. PloS One 2014; 9(2): e88711.
7) You D, Smith AH, Rempel D. Meta-analysis: association between wrist posture and carpal tunnel syndrome among workers. Safety and Health at work 2014; 5: 27-31.
8) Sutton AJ, Duval SJ, Tweedie RL, Abrams KR, Jones DR. Empirical assessment of effect of publication bias on meta-analyses. BMJ, 10 giugno 2000; 320(7249): 1574-7.
9) Godlee F. Research Misconduct is widespread and harms patient. BMJ 2012; 344: e14.
10) Godlee F, Wager E. Research misconduct in the UK. BMJ 2012; 344: d8357.
11) Tavare A. Scientific misconduct is worryingly prevalent in the UK, shows BMJ survey. BMJ 2012; 344: e377.
12) Tavare A. Managing research misconduct: is anyone getting it right? BMJ 2011; 343: d8212.
13) Fanelli D. How many scientists fabricate and falsify research? A systematic review and meta-analysis of survey data. PloS One 2009; 4(5): e5738.
14) Wells F. Fraud and misconduct in clinical research. Account Res 1997; 5(1-3): 25-38.
15) Judson H. The great betrayal. Fraud in science.
16) Buchkowsky SS, Jewesson PJ. Industry sponsorship and authorship of clinical trials over 20 years. Ann Pharmacother, aprile 2004; 38(4): 579-85.
17) Pira E, Piolatto PG. On confusions. G Ital Med Lav Ergon, gennaio-marzo 2009; 31(1): 49-50
18) Crosignani P, Audisio R, Amendola P, Scaburri A. Reply to Profs. E. Pira and PG Piolatto published on GIMLE No. 1 / 2009. G Ital Med Lav Ergon, gennaio-marzo 2011; 33(1): 100
19) Chalmers TC, Smith H, Blackburn B, Silverman B, Schroeder B, Reitman D, et al. A method for assessing the quality of a randomized control trial. Control Clin Trials, maggio 1981; 2(1): 31-49.
20) Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJ, Gavaghan DJ, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? Control Clin Trials, febbraio 1996; 17(1): 1-12.
21) Wells G, Shea A, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M. The Newcastle-Ottawa scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses [Internet]. Disponibile su: http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp
22) Oxman AD, Cook DJ, Guyatt GH. Users' guides to the medical literature. VI. How to use an overview. Evidence-Based Medicine Working Group, JAMA 1994.
23) Hunt DL, McKibbon KA. Locating and Appraising Systematic Reviews. Ann Intern Med 1997; 126(7): 532-538.
24) Phan K, Tian DH, Cao C, Black D, Yan TD. Systematic review and meta-analysis: techniques and a guide for the academic surgeon, Ann Cardiothorac Surg 2015; 4(2): 112-122
25) Sterne et al. Recommendations for examnining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomized controlled trials, BMJ 2011; 342: d4002
26) Terrin N, Schmid CH, Lau J. In an empirical evaluation of the funnel plot, researchers could not visually identify publication bias, J Clin Epid 2005; 58: 894-901
27) Ioannidis JPA, Trikalinos TA. The appropriateness of asymmetry tests for publication bias in meat-analyses: a large summary; CMAJ 2007; 176(8): 1091-6
28) Begg CB, Mazumdar M. Operating characteristics of a rank correlation test for publication bias. Biometrics, dicembre 1994; 50(4): 1088-101.
29) Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. BMJ, 13 settembre 1997; 315(7109): 629-34.
30) Jennions MD, Møller AP. Relationships fade with time: a meta-analysis of temporal trends in publication in ecology and evolution. Proc R Soc Lond B, 2002; 269: 43-8
31) Fortunato L, Rushton L. Stomach cancer and occupational exposure to asbestos: a meta-analysis of occupational cohort studies. Br J Cancer, 26 maggio 2015; 112(11): 1805-15.
32) Binazzi A, Ferrante P, Marinaccio A. Occupational exposure and sinonasal cancer: a systematic review and meta-analysis. BMC Cancer 2015; 15: 49.
33) Hamra GB, Laden F, Cohen AJ, Raaschou-Nielsen O, Brauer M, Loomis D. Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis. Environ Health Perspect, 14 aprile 2015.
34) Wu X, Zhu X, Xie M. Association between dietary cadmium exposure and breast cancer risk: an updated meta-analysis of observational studies. Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res 2015; 21: 769-75.
35) Li B, Tang SP, Wang KZ. Esophagus cancer and occupational exposure to asbestos: results from a meta-analysis of epidemiology studies. Dis Esophagus Off J Int Soc Dis Esophagus ISDE. 10 marzo 2015.
36) Li M-C, Chen P-C, Tsai P-C, Furue M, Onozuka D, Hagihara A, et al. Mortality after exposure to polychlorinated biphenyls and polychlorinated dibenzofurans: a meta-analysis of two highly exposed cohorts. Int J Cancer J Int Cancer, 15 settembre 2015; 137(6): 1427-32.
37) Shiri R, Falah-Hassani K. Computer use and carpal tunnel syndrome: A meta-analysis. J Neurol Sci, 15 febbraio 2015; 349(1-2): 15-9.
38) Palin O, Herd C, Morrison KE, Jagielski AC, Wheatley K, Thomas GN, et al. Systematic review and meta-analysis of hydrocarbon exposure and the risk of Parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord, marzo 2015; 21(3): 243-8.
39) Bernal D, Campos-Serna J, Tobias A, Vargas-Prada S, Benavides FG, Serra C. Work-related psychosocial risk factors and musculoskeletal disorders in hospital nurses and nursing aides: a systematic review and meta-analysis. Int J Nurs Stud, febbraio 2015; 52(2): 635-48.
40) Wang M-D, Gomes J, Cashman NR, Little J, Krewski D. A meta-analysis of observational studies of the association between chronic occupational exposure to lead and amyotrophic lateral sclerosis. J Occup Environ Med Am Coll Occup Environ Med, dicembre 2014; 56(12): 1235-42.
41) Meyer-Baron M, Knapp G, Schäper M, van Thriel C. Meta-analysis on occupational exposure to pesticides—neurobehavioral impact and dose-response relationships. Environ Res, gennaio 2015; 136: 234-45.
42) Wagner M, Bolm-Audorff U, Hegewald J, Fishta A, Schlattmann P, Schmitt J, et al. Occupational polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and risk of larynx cancer: a systematic review and meta-analysis. Occup Environ Med, marzo 2015; 72(3): 226-33.

43) Ruotsalainen JH, Verbeek JH, Mariné A, Serra C. Preventing occupational stress in healthcare workers. Cochrane Database Syst Rev 2014; 12: CD002892.
44) Li J, Zhang M, Loerbroks A, Angerer P, Siegrist J. Work stress and the risk of recurrent coronary heart disease events: A systematic review and meta-analysis. Int J Occup Med Environ Health, 8 novembre 2014.
45) Doki S, Sasahara S, Matsuzaki I. Psychological approach of occupational health service to sick leave due to mental problems: a systematic review and meta-analysis. Int Arch Occup Environ Health, agosto 2015; 88(6): 659-67.
46) Bayer O, Cámara R, Zeissig SR, Ressing M, Dietz A, Locati LD, et al. Occupation and cancer of the larynx: a systematic review and meta-analysis. Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol Off J Eur Fed Oto-Rhino-Laryngol Soc EUFOS Affil Ger Soc Oto-Rhino-Laryngol - Head Neck Surg, 14 ottobre 2014.
47) Kivimäki M, Virtanen M, Kawachi I, Nyberg ST, Alfredsson L, Batty GD, et al. Long working hours, socioeconomic status, and the risk of incident type 2 diabetes: a meta-analysis of published and unpublished data from 222&120 individuals. Lancet Diabetes Endocrinol, gennaio 2015; 3(1): 27-34.
48) Ryu JY, Sunwoo YE, Lee S-Y, Lee C-K, Kim J-H, Lee J-T, et al. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) and Vapors, Gases, Dusts, or Fumes (VGDF): A Meta-analysis. COPD, agosto 2015; 12(4): 374-80.
49) Oddone E, Modonesi C, Gatta G. Occupational exposures and colorectal cancers: a quantitative overview of epidemiological evidence. World J Gastroenterol WJG, 21 settembre 2014; 20(35): 12431-44.
50) Welling R, Beaumont JJ, Petersen SJ, Alexeeff GV, Steinmaus C. Chromium VI and stomach cancer: a meta-analysis of the current epidemiological evidence. Occup Environ Med, febbraio 2015; 72(2): 151-9.
51) Sanlorenzo M, Wehner MR, Linos E, Kornak J, Kainz W, Posch C, et al. The risk of melanoma in airline pilots and cabin crew: a meta-analysis. JAMA Dermatol, gennaio 2015; 151(1): 51-8.
52) Burström L, Nilsson T, Wahlström J. Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis. Int Arch Occup Environ Health. maggio 2015; 88(4): 403-18.
53) Käkelä J, Panula J, Oinas E, Hirvonen N, Jääskeläinen E, Miettunen J. Family history of psychosis and social, occupational and global outcome in schizophrenia: a meta-analysis. Acta Psychiatr Scand, ottobre 2014; 130(4): 269-78.
54) Mocevic E, Kristiansen P, Bonde JP. Risk of ischemic heart disease following occupational exposure to welding fumes: a systematic review with meta-analysis. Int Arch Occup Environ Health, aprile 2015; 88(3): 259-72.
55) Neuhaus M, Eakin EG, Straker L, Owen N, Dunstan DW, Reid N, et al. Reducing occupational sedentary time: a systematic review and meta-analysis of evidence on activity-permissive workstations. Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes, ottobre 2014; 15(10): 822-38.
56) Wang F, Zhang L, Zhang Y, Zhang B, He Y, Xie S, et al. Meta-analysis on night shift work and risk of metabolic syndrome. Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes. settembre 2014; 15(9): 709-20.
57) Rota M, Bosetti C, Boccia S, Boffetta P, La Vecchia C. Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons and respiratory and urinary tract cancers: an updated systematic review and a meta-analysis to 2014. Arch Toxicol, agosto 2014; 88(8): 1479-90.
58) You D, Smith AH, Rempel D. Meta-analysis: association between wrist posture and carpal tunnel syndrome among workers. Saf Health Work, marzo 2014; 5(1): 27-31.
59) Brüske I, Thiering E, Heinrich J, Huster K, Nowak D. Biopersistent granular dust and chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. PloS One 2013; 8(11): e80977.
60) Montano D, Hoven H, Siegrist J. A meta-analysis of health effects of randomized controlled worksite interventions: does social stratification matter? Scand J Work Environ Health, 1 maggio 2014; 40(3): 230-4.
61) Schinasi L, Leon ME. Non-Hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: a systematic review and meta-analysis. Int J Environ Res Public Health, aprile 2014; 11(4): 4449-527.
62) Kivimäki M, Batty GD, Ferrie JE, Kawachi I. Cumulative meta-analysis of job strain and CHD. Epidemiol Camb Mass, maggio 2014; 25(3): 464-5.
63) Vlaanderen J, Straif K, Ruder A, Blair A, Hansen J, Lynge E, et al. Tetrachloroethylene exposure and bladder cancer risk: a meta-analysis of dry-cleaning-worker studies. Environ Health Perspect, luglio 2014; 122(7): 661-6.
64) Leng L, Chen X, Li C-P, Luo X-Y, Tang N-J. 2,3,7,8-Tetrachlorodibezo-p-dioxin exposure and prostate cancer: a meta-analysis of cohort studies. Public Health, marzo 2014; 128(3): 207-13.
65) Mediouni Z, de Roquemaurel A, Dumontier C, Becour B, Garrabe H, Roquelaure Y, et al. Is carpal tunnel syndrome related to computer exposure at work? A review and meta-analysis. J Occup Environ Med Am Coll Occup Environ Med, febbraio 2014; 56(2): 204-8.
66) Hammer PEC, Shiri R, Kryger AI, Kirkeskov L, Bonde JP. Associations of work activities requiring pinch or hand grip or exposure to hand-arm vibration with finger and wrist osteoarthritis: a meta-analysis. Scand J Work Environ Health, marzo 2014; 40(2): 133-45.
67) Vermeulen R, Silverman DT, Garshick E, Vlaanderen J, Portengen L, Steenland K. Exposure-response estimates for diesel engine exhaust and lung cancer mortality based on data from three occupational cohorts. Environ Health Perspect, febbraio 2014; 122(2): 172-7.
68) Smolak A. A meta-analysis and systematic review of HIV risk behavior among fishermen. AIDS Care 2014; 26(3): 282-91.
69) Boffetta P. Lack of association between occupational exposure to diesel exhaust and risk of pancreatic cancer: a systematic evaluation of available data. Int Arch Occup Environ Health, luglio 2014; 87(5): 455-62.
70) O'Neill TJ, Sargeant JM, Poljak Z. The effectiveness of Coxiella burnetii vaccines in occupationally exposed populations: a systematic review and meta-analysis. Zoonoses Public Health, marzo 2014; 61(2): 81-96.
71) Uehli K, Mehta AJ, Miedinger D, Hug K, Schindler C, Holsboer-Trachsler E, et al. Sleep problems and work injuries: a systematic review and meta-analysis. Sleep Med Rev, febbraio 2014; 18(1): 61-73.
72) Mo J, Wang L, Au W, Su M. Prevalence of coal workers' pneumoconiosis in China: a systematic analysis of 2001-2011 studies. Int J Hyg Environ Health, gennaio 2014; 217(1): 46-51.
73) Shiri R, Frilander H, Sainio M, Karvala K, Sovelius R, Vehmas T, et al. Cervical and lumbar pain and radiological degeneration among fighter pilots: a systematic review and meta-analysis. Occup Environ Med, febbraio 2015; 72(2): 145-50.
74) Coenen P, Gouttebarge V, van der Burght ASAM, van Dieën JH, Frings-Dresen MHW, van der Beek AJ, et al. The effect of lifting during work on low back pain: a health impact assessment based on a meta-analysis. Occup Environ Med, dicembre 2014; 71(12): 871-7.
75) Cohen SS, Sadoff MM, Jiang X, Fryzek JP, Garabrant DH. A review and meta-analysis of cancer risks in relation to Portland cement exposure. Occup Environ Med, novembre 2014; 71(11): 796-802.
76) Babu GR, Jotheeswaran AT, Mahapatra T, Mahapatra S, Kumar A, Detels R, et al. Is hypertension associated with job strain? A meta-analysis of observational studies. Postgrad Med J, luglio 2014; 90(1065): 402-9.
77) Zendehdel R, Tayefeh-Rahimian R, Kabir A. Chronic exposure to chlorophenol related compounds in the pesticide production workplace and lung cancer: a meta-analysis. Asian Pac J Cancer Prev APJCP 2014; 15(13): 5149-53.
78) Cieslak R, Shoji K, Douglas A, Melville E, Luszczynska A, Benight CC. A meta-analysis of the relationship between job burnout and secondary traumatic stress among workers with indirect exposure to trauma. Psychol Serv, febbraio 2014; 11(1): 75-86.

Corrispondenza: *Simona Catalani, Dipartimento di Specialità Medico Chirurgiche, Scienze Radiologiche e Sanità Pubblica, Sezione Igiene Industriale, Università degli Studi di Brescia, Piazzale Spedali Civili 1, 25123 Brescia, Italy , Tel. +39 030 399 6833, Fax +39 030 399 6046; E-mail: simona.catalani@unibs.it*

G Ital Med Lav Erg 2015; 37:3, 155-162
ISSN 1592-7830

© PI-ME, Pavia 2015

Giuseppe Taino[1], Marco Giorgi[2], Alberto Delogu[2], Giacomo Lettini[2], Enrico Oddone[3], Marcello Imbriani[1,3]

La consulenza specialistica di Medicina del Lavoro a supporto del Medico Competente nella elaborazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica: metodo di valutazione e analisi di una casistica

[1] IRCCS Fondazione "S. Maugeri" di Pavia - Unità Operativa Ospedaliera di Medicina del lavoro (UOOML) - Fisiopatologia Respiratoria
[2] Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro - Dipartimento di Sanità Pubblica, Medicina Sperimentale e Forense - Università di Pavia
[3] Dipartimento di Sanità pubblica, Medicina Sperimentale e Forense - Università di Pavia. Unità di Medicina del Lavoro "S. Maugeri"

RIASSUNTO. ***Introduzione:*** **La formulazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica rappresenta uno dei compiti più complessi (in quanto condizionato da numerose variabili di diversa natura che interagiscono tra di loro), più qualificati e più delicati fra quelli che il Medico Competente è chiamato a svolgere nell'ambito della propria attività, in considerazione anche delle implicazioni etiche e socio-economiche che l'atto comporta.** ***Obiettivo:*** **Lo scopo dello studio è quello di illustrare e documentare, in una popolazione di lavoratori con giudizio di idoneità "difficile" alla mansione specifica, i risultati e l'efficacia della consulenza specialistica in Medicina del Lavoro presso struttura specializzata di secondo livello.** ***Materiali e metodi:*** **Sono state prese in esame 80 valutazioni specialistiche richieste a una Unità Ospedaliera di Medicina del Lavoro (UOOML), effettuate nell'arco di 6 anni su 80 lavoratori di una azienda metalmeccanica di rilievo nazionale come consulenza specialistica di secondo livello, ai sensi dell'art. 39, comma 5 del D.Lgs. 81/08.** ***Risultati:*** **Lo studio ha consentito di confermare l'efficacia delle consulenze di II livello nella valutazione della congruità fra condizioni di salute del lavoratore e mansione specifica e di delineare un protocollo operativo per procedere in modo sistematico ed efficace nei casi per i quali venga richiesto un parere consulenziale ad una struttura ospedaliera specializzata. Il protocollo operativo proposto per consulenza di secondo livello comprende successivi e dettagliati momenti fra i quali spicca come fondamentale e talvolta dirimente la visita conoscitiva e valutativa dell'ambiente di lavoro, con l'osservazione diretta e lo studio dei singoli compiti lavorativi previsti dalle specifiche mansioni nelle postazioni lavorative in esame.**

Parole chiave: idoneità al lavoro, mansione lavorativa, consulenza di medicina del lavoro.

ABSTRACT. **Introduction:** ***Still today, one of the most problematic, qualified and awkward assignments for the occupational physician, also for its ethical and socio-economic involvements, is to provide for each worker a fitness judgment to a specific work task.*** **Aim:** ***The aim of this study is to describe and to support results and effectiveness of a "second level" expert advice in occupational medicine, among workers with a "problematic" judgment of fitness to work.*** **Materials and methods:** ***We considered 80 requests for a "second level" advice. They were all requested, during 6 years, to the same Occupational Medicine Unit (UOOML) of a single hospital in north of Italy by a single large metalwork company, following the art. 39 of the 81/2008 legislative decree.*** **Results:** ***The study underlined the effectiveness of "second level" advices in evaluating the adequacy of worker's health conditions related to the specific occupational task. Moreover, this study contributed to develop an operative protocol to carry out a systematic and effective process when "second level" advices are addressed to an Occupational Medicine Unit (UOOML). In particular, our operative proposal suggests, as a key point in the assessment process, a careful visit to the occupational environment, to directly study each single task and to deepen the needs of each single occupational emplacement.***

Key words: *fitness for work, work task, consulting occupational health.*

Introduzione

La formulazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica (1) rappresenta uno dei compiti più complessi (in quanto condizionato da numerose variabili di diversa natura che interagiscono tra di loro), più qualificati e più delicati fra quelli che il Medico Competente è chiamato a svolgere nell'ambito della propria attività, in considerazione anche delle implicazioni etiche e socio-economiche che l'atto comporta (2, 3).

Nel campo della metodologia per l'espressione di un giudizio di idoneità al lavoro non sono disponibili modelli validati, soprattutto per la costruzione di una base dottrinaria di criteri a cui fare riferimento (4, 5). Qualsiasi modello metodologico operativo, per la formulazione del giudizio di idoneità lavorativa, deve comunque articolarsi attraverso le seguenti fasi (6):

1) valutazione della mansione lavorativa e dell'ambiente di lavoro;
2) valutazione del lavoratore;
3) confronto e interazione fra i due termini del binomio uomo-ambiente;
4) formulazione del giudizio di idoneità lavorativa alla mansione specifica;
5) scelta dei provvedimenti e/o degli interventi.

Mentre in passato il giudizio di idoneità lavorativa era prevalentemente condizionato dall'esistenza di alterazioni dello stato di salute specificamente causate dall'attività lavorativa, oggi, essendo radicalmente mutate le condizioni di rischio, il giudizio di idoneità lavorativa è frequentemente condizionato dall'identificazione di patologie, generalmente non occupazionali, spesso non presenti alla visita di assunzione, che possono costituire una condizione di ipersuscettibilità rispetto ai fattori di rischio presenti nella mansione specifica (7). Peraltro, di grande rilievo, per la problematica relativa ai giudizi di idoneità, sono anche situazioni fisiologiche connesse all'individuo, ad esempio legate all'età (adolescenza, età avanzata), alla maternità (gravidanza, allattamento), a condizioni legate all'organizzazione del lavoro, quali il lavoro notturno (8, 9) anche per ciò che concerne gli aspetti medico-legali (10, 11, 12, 13).

L'attuale normativa (14) descrive il *rischio legato alla mansione*: con questo termine il legislatore intende

indicare tutti i possibili fattori potenzialmente dannosi per la salute, presenti nell'ambiente di lavoro o comunque correlati all'attività lavorativa. Il medico del lavoro dovrà soprattutto correlare le condizioni funzionali degli organi così detti bersaglio, cioè degli organi cui verrà richiesto il maggior impegno funzionale, con la mansione lavorativa svolta. Per questi organi sarà anzi opportuno spingersi all'analisi funzionale, non solamente con i tradizionali accertamenti routinari che solitamente si effettuano nella pratica clinica, ma anche, se il soggetto è in attualità di lavoro, con i numerosi indicatori biologici, sia di esposizione che di effetto, che sono propri della Medicina del Lavoro.

In molti casi, il giudizio di idoneità potrà costituire un problema di non facile soluzione, basti pensare a tutti quei lavoratori che, a seguito di patologie non correlate con il lavoro, sviluppano stati di ipersuscettibilità verso situazioni lavorative, che non costituiscono rischio per un soggetto sano. In questi casi il medico competente potrà avvalersi della collaborazione degli altri colleghi specialisti le cui conclusioni diagnostiche comunque dovranno sempre essere rapportate con la mansione lavorativa; il medico competente dovrà essere in grado di valutare con precisione le residue capacità lavorative al fine di trovare, in collaborazione con il datore di lavoro, una nuova collocazione lavorativa.

Un caso particolare di collaborazione specialistica è il ricorso ad un Ente sanitario di II livello, generalmente operante presso una struttura sanitaria ospedaliera e/o universitaria, con provata esperienza nel campo della Medicina del Lavoro (15, 16, 17) e particolare competenza nell'ambito della specifica problematica occupazionale (tale possibilità rientra, quantunque non espressamente definito, nel comma 5, art. 39, capo V del D.Lgs. 81/08 *"il Medico competente può avvalersi, per accertamenti diagnostici, della collaborazione di medici specialisti scelti in accordo con il datore di lavoro che ne sopporta gli oneri"*).

Scopo dello studio

L'obiettivo dello studio è stato quello di studiare e documentare, in una popolazione di lavoratori con giudizio di idoneità alla mansione specifica "difficile", i risultati e l'efficacia della consulenza specialistica in Medicina del Lavoro presso struttura specializzata di II livello (Unità Operativa Ospedaliera di Medicina del Lavoro - UOOML), richieste dai Medici Competenti come strumento di ausilio per l'inquadramento clinico dello stato di salute del lavoratore rispetto alla congruità con l'attività di lavoro svolta e come supporto e contributo medico-legale nella formulazione del giudizio di idoneità alla mansione specifica.

Materiali e metodi

Sono state prese in esame 80 visite specialistiche richieste a una Unità Operativa Ospedaliera di Medicina del Lavoro, effettuate su 80 lavoratori di una azienda metalmeccanica di rilievo nazionale come consulenza specialistica di secondo livello, ai sensi dell'art. 39, comma 5 del D.Lgs. 81/08. I lavoratori sono stati sottoposti a valutazione clinica e medico-legale secondo lo schema procedurale di seguito illustrato.

Il Medico Competente, richiedente la consulenza, circostanziava la richiesta illustrando e specificando le problematiche relative alle condizioni di salute del lavoratore e alle mansioni specifiche svolte o alle quali il lavoratore stesso avrebbe dovuto essere adibito. Per ogni lavoratore, in occasione della visita di secondo livello, è stata raccolto qualsiasi atto medico-legale che potesse essere utile o di cui fosse necessario tenere conto nella fase di analisi documentale. Il medico consulente ha proceduto quindi all'esame obiettivo generale e a quello mirato al distretto anatomo-funzionale principalmente interessato nello svolgimento della mansione specifica.

Al fine di completare la valutazione del binomio uomo-ambiente, dopo aver visitato il paziente, è stato regolarmente programmato e svolto il sopralluogo dell'ambiente di lavoro con particolare attenzione alle postazioni di lavoro in esame. Il medico consulente, dopo aver acquisito la documentazione tecnica relativa alla mansione specifica, osservava direttamente il lavoratore precedentemente visitato durante lo svolgimento delle singole operazioni di lavoro; il lavoratore poteva segnalare in tale circostanza eventuali particolari problematiche nella esecuzione pratica dei compiti lavorativi previsti.

La documentazione tecnica acquisita comprendeva il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR) e le descrizioni dettagliate delle mansioni riguardanti sia le informazioni relative ai tempi ciclo, ai tempi corrispondenti al fattore di riposo, ai tempi di insaturazione e ai tempi previsti per la pausa mensa, sia le informazioni in merito al peso e alle caratteristiche fisiche e di ingombro dei componenti movimentati, nonché relativamente alle caratteristiche, ai tempi e alle modalità di utilizzo di utensili e attrezzi necessari per il completamento delle operazioni previste. Dall'analisi della documentazione sanitaria e tecnica raccolta e studiata sono stati presi in esame i dati inerenti a:

- anagrafica (cognome, nome, sesso, età, nazionalità italiana o straniera);
- numero di mansioni proposte nella richiesta aziendale;
- natura della patologia condizionante l'espressione del giudizio di idoneità, suddivisa per specializzazione di pertinenza;
- presenza di valutazione ergonomica e tipo (effettuata direttamente dal SPP aziendale o da altri Enti esperti nel campo);
- presenza e tipo di limitazioni/prescrizioni precedenti alla visita: temporali (consistenti nella presenza di pause volte alla riduzione del tempo dedicato all'attività lavorativa) o operative (caratterizzate da diverse modalità di svolgimento del lavoro rispetto alla descrizione della mansione prevista);
- eventuale presenza in anamnesi di ricorsi/contenziosi presso gli Organi territoriali di competenza;
- numero di pareri sul giudizio di idoneità alla mansione specifica positivi e percentuale di pareri favorevoli rispetto al numero di mansioni proposte;

- numero di mansioni con idoneità piena;
- numero di mansioni con limitazioni/prescrizioni, con distinzione tra limitazioni temporali ed operative;
- numero di mansioni per cui è stato formulato un giudizio di non idoneità;
- applicazione o non applicazione del parere espresso in occasione della valutazione specialistica di secondo livello.

Una volta raccolti, i dati sono stati inseriti in un database, appositamente predisposto, che ne rendesse possibile e agevole l'archiviazione, la consultazione e l'elaborazione statistica.

Risultati

Sono state prese in esame 80 valutazioni specialistiche di secondo livello di Medicina del Lavoro e i relativi pareri sul giudizio di idoneità alla mansione specifica, quando applicati dal Medico Competente aziendale nella elaborazione finale del giudizio di idoneità.

Il numero di mansioni/postazioni lavorative, individuato dalla direzione aziendale, è risultato variabile per ciascun lavoratore, da un massimo di 8 a un minimo di 1: il numero complessivo di mansioni per cui è stato richiesto il parere è stato di 199 (media mansioni valutate per lavoratore: 2,49). Per 28 lavoratori (35% del numero complessivo) è stato effettuato un supplemento di accertamento mediante valutazione ergonomica delle modalità di svolgimento della/e mansione/i oggetto di analisi (riferimento metodologico in 18).

Nel gruppo di lavoratori affetti da patologie muscoloscheletriche (si veda 19 per confronto) i distretti maggiormente interessati sono stati il rachide (34 casi, 42,5%) e gli arti superiori (28 casi, 35%), mentre un solo caso ha riguardato gli arti inferiori (1,25%). Più dettagliatamente, le sedi anatomiche maggiormente coinvolte sono state il rachide lombare (31 casi, 38,75%), il rachide cervicale (3 casi, 3,75%), mano (12 casi, 15%), gomito (8 casi, 10%), spalla (8 casi, 10%), polso (1 caso, 1,25%).

A 22 lavoratori su 80 (27,5%), in ragione della gravità delle patologie lamentate, era già era stata precedentemente riconosciuta una certificazione di invalidità: in 17 lavoratori (21,25%) un'invalidità civile, in 4 soggetti (5%) un'invalidità lavorativa (INAIL) e in un lavoratore (1,25%) sia un'invalidità civile (nella misura del 60%) sia un'invalidità lavorativa (nella misura del 9%). I restanti 58 casi (72,5%) non erano portatori di patologie che comportassero un qualche grado di invalidità.

Con riferimento alla percentuale di gravità dell'invalidità civile (media 61,94%), possiamo precisare che in 10 casi (12,5%) era presente la certificazione che attestava la riduzione della capacità lavorativa inferiore a 2/3 (1-66%), in 8 casi (10%) una riduzione superiore a 2/3 (67-99%), e in nessuno caso patologie tali da determinare la perdita completa (100%) della capacità lavorativa. Per quanto concerne i 5 casi di invalidità lavorativa (6,25% del totale), la gravità era compresa in misura fra il 8% e il 9% (media 8,2%).

Degli 80 lavoratori oggetto dello studio, 56 non avevano precedenti giudizi con limitazioni o prescrizioni (70%); 9 lavoratori si erano visti esprimere giudizi con limitazione o prescrizione solo di tipo operativo (11,25%), 8 soggetti solo di tipo temporale (10%) e 7 lavoratori sia di tipo operativo che di tipo temporale (8,75%).

Analizzando i pareri sul giudizio di idoneità alla mansione specifica di secondo livello, nei 24 lavoratori (30%) giunti alla valutazione con un precedente giudizio di idoneità con limitazioni o prescrizioni, la percentuale dei pareri favorevoli all'inserimento occupazionale nelle mansioni proposte è stata del 81,83%, mentre nei 56 lavoratori (70%) senza precedenti limitazioni o prescrizioni la percentuale dei pareri favorevoli è stata 76,29%. Per 22 lavoratori (27,5%) su 80 era già presente un dato anamnestico di ricorsi/contenziosi (avverso il giudizio del Medico competente). Dopo la valutazione di secondo livello i la-

Tabella I. ***Distribuzione dei lavoratori per sesso, nazionalità, anno di visita e pregressa invalidità***

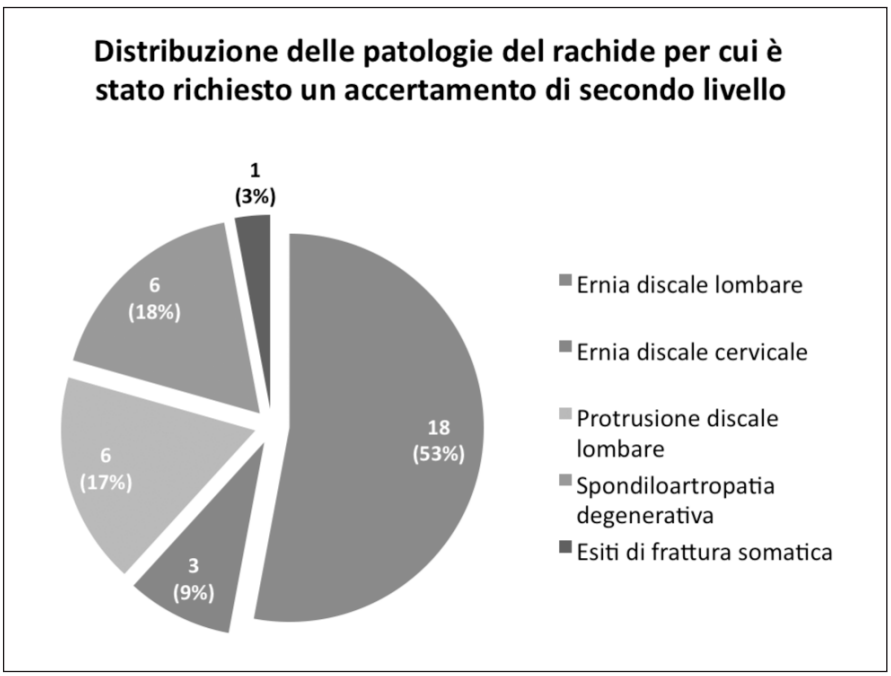
		Numero Lavoratori	Percentuale sul totale (N=80)
Sesso	Maschi	61	76,2%
	Femmine	19	23,8%
Nazionalità	Italiana	76	95,0%
	Straniera	4	5,0%
Anno di visita	2006	21	26,3%
	2007	10	12,5%
	2008	9	11,2%
	2009	15	18,8%
	2010	5	6,2%
	2011	7	8,7%
	2012	13	16,3%
Invalidità pregressa	Nessuna	58	72,5%
	Civile	17	21,3%
	Lavorativa	4	5,0%
	Civile e lavorativa	1	1,2%
Totale generale		***80***	***100%***

Tabella II. ***Suddivisione delle patologie per branca specialistica***

Branca	Distretti		Numero Lavoratori	Percentuale sul totale (N=80)
Ortopedia			**57**	**71,3%**
	*Rachide**	*Cervicale* *Lombare*	*3* *31*	*3,7%* *38,8%*
	*Arto superiore**	*Mano* *Polso* *Gomito* *Spalla*	*12* *1* *8* *8*	*15,0%* *1,3%* *10,0%* *10,0%*
	*Arto Inferiore**		*1*	*1,3%*
Neurologia	–		**7**	**8,7%**
Psichiatria	–		**6**	**7,5%**
Endocrinologia	–		**3**	**3,7%**
Cardiologia	–		**2**	**2,5%**
Oftalmologia	–		**2**	**2,5%**
Pneumologia	–		**2**	**2,5%**
ORL	–		**1**	**1,3%**
Totale generale			***80***	***100%***

* La somma dei dati è maggiore di 80 dato che ciascun lavoratore poteva avere una o più problematiche ortopediche per cui è stato richiesto un accertamento di secondo livello.

voratori che hanno ricorso avverso il giudizio del medico competente sono stati 9 (11,25% del totale; per nessuno si è a conoscenza dell'esito del ricorso); in tutti i casi il parere di secondo livello formulato era stato favorevole all'inserimento dei lavoratori in almeno una delle mansioni proposte: in 4 casi (5% del totale) con idoneità piena e nei restanti 5 casi (6,25% del totale) con specifiche limitazioni/prescrizioni.



Analizzando gli esiti dei pareri sul giudizio di idoneità alla mansione specifica per gli 80 lavoratori esaminati è emerso che (Tabella III):

– il numero dei pareri sul giudizio di idoneità positivi (sia per idoneità piena, sia per idoneità con limitazioni/prescrizioni) per l'inserimento nelle varie postazioni lavorative è stato di 73 su 80 valutazioni specialistiche (91,25%);
– 21 lavoratori (26,25%) hanno ottenuto solo pareri favorevoli con giudizio di piena idoneità a tutte le mansioni proposte;
– per 52 lavoratori (65%) sono stati espressi pareri sul giudizio di idoneità con limitazioni/prescrizioni: 23 lavoratori (28,75%) hanno ottenuto unicamente pareri con limitazioni o prescrizioni; 29 lavoratori (36,25%) hanno ottenuto una miscellanea di combinazioni dei vari tipi di parere (idoneità piena, con limitazioni/prescrizioni, non idoneità) in una singola visita. Questi ultimi 4 lavoratori (5%) sono stati giudicati con tutte e tre le tipologie di parere e 25 (31,25%) con due tipologie di parere: idoneità piena + non idoneità (13 casi), idoneità piena + idoneità con limitazioni/prescrizioni (11 casi) e idoneità con limitazioni/prescrizioni + non idoneità (14 casi);
– 7 pareri sono stati formulati con giudizi di non idoneità alla/e mansioni proposte (8,75%).

Tabella III. ***Tipologia del parere specialistico di secondo livello in merito al giudizio di idoneità alla mansione specifica per 80 lavoratori esaminati***

Inserimento	Tipologia di parere		Numero Lavoratori	Percentuale sul totale (N=80)
Positivo	Idoneità piena		**21**	**71,3%**
	Limitazioni o prescrizioni		**52**	**65,0%**
		Un solo parere	*23*	*28,7%*
		*Due pareri**	*25*	*31,3%*
		Tre pareri	*4*	*5,0%*
Negativo	Non idoneità		**7**	**8,7%**
Totale generale			***80***	***100%***

* Per alcuni lavoratori sono stati richiesti diversi pareri per differenti mansioni. Nel caso in cui i pareri chiesti siano stati per due mansioni, la combinazione dei pareri espressi è stata in 11 casi quella di un parere di idoneità piena accompagnato da un parere di idoneità con limitazioni/prescrizioni, in 13 casi quella di un parere di idoneità piena insieme ad un parere di non idoneità e in 1 caso quella di un parere di idoneità con limitazioni/prescrizioni accompagnato da un parere di non idoneità.

Con riferimento al numero totale (199) delle mansioni per le quali cui è stato richiesto il parere di idoneità, sono emersi i dati esposti in Tabella IV.

– il numero di giudizi con parere favorevole (sia per idoneità piena, sia per idoneità con limitazioni/prescrizioni) per l'inserimento nelle varie postazioni lavorative è stato di 152 (76,38%);
– il numero di giudizi con idoneità piena è stato di 77 (38,69%);
– il numero di giudizi con limitazioni/prescrizioni è stato di 75 (37,69%); 38 giudizi (19,10%) sono state formulati con limitazioni o prescrizioni temporali, 10 (5,02%) con limitazioni/prescrizioni operative, e 27 (13,57%) con limitazioni/prescrizioni temporali ed operative;
– il numero di giudizi di inidoneità è stato di 47 (23,62%).

Il risultato dell'inserimento dei pazienti nella nuova posizione è stato favorevole in 68 casi su 80 (85%) e negativo nei restanti 12 (15%) (Tabella V). Analizzando l'applicazione da parte dei medici competenti aziendali dei pareri specialistici formulati, è emerso il fatto che in 61 casi (76,25%) è stato applicato il parere consulenziale favorevole e in 7 casi (8,75%) il parere consulenziale negativo all'inserimento nelle mansioni proposte (Tabella V).

Conclusioni e discussione

Per quanto concerne le condizioni patologiche oggetto di indagine e responsabili delle difficoltà nell'inserimento lavorativo che hanno portato alla richiesta di valutazione specialistica di secondo livello, come già documentato in

Tabella IV. ***Tipologia del parere specialistico di secondo livello sul giudizio di idoneità alla mansione specifica in relazione alle 199 postazioni proposte e alla tipologia delle limitazioni/prescrizioni***

Inserimento	Tipologia di parere		Numero Postazioni	Percentuale sul totale (N=199)
Positivo	Idoneità piena		**77**	**38,7%**
	Limitazioni o prescrizioni		**75**	**37,7%**
		Temporali	*38*	*19,1%*
		Operative	*10*	*5,0%*
		Temporali e operative	*27*	*13,6%*
Negativo	Non idoneità		**47**	**23,6%**
Totale generale			***199***	***100%***

Tabella V. ***Esito dell'inserimento dei lavoratori nelle mansioni proposte in base al parere specialistico di secondo livello***

Tipologia del parere		Numero Lavoratori (%)	Applicazione del parere (%)	Non applicazione del parere (%)
Positivo	Per tutte le mansioni proposte	**51 (63,8%)**	**42 (52,5%)**	**9 (11,3%)**
	Per alcune delle mansioni proposte	**22 (27.5%)**	**19 (23,8%)**	**3 (3,7%)**
Negativo	Per tutte le mansioni proposte	**7 (8,7%)**	**7 (8,7%)**	–
Totale generale		***80 (100%)***	***68 (85,0%)***	***12 (15,0%)***

letteratura e noto nella pratica clinica, la prevalenza maggiore è per le patologie e i disturbi a carico dell'apparato osteoartromuscolare (57 casi pari al 71.25%), seguita a distanza dalla prevalenza di patologie e disturbi di natura neuropsichiatrica (13 casi pari al 16.25%). Poco rappresentate risultano le condizioni patologiche a carico di altri organi e apparati.

Dall'analisi dei giudizi di idoneità alla mansione specifica precedenti alla valutazione consulenziale, emerge che per la maggior parte dei lavoratori (70%) non erano state formulate limitazioni/prescrizioni prima della consulenza mentre, per i rimanenti (30%), era già stata espresso un precedente giudizio con limitazioni che potevano essere suddivise in tre gruppi per tipologia: nell'11,25% dei lavoratori le limitazioni erano di carattere operativo (ovvero riguardante la tipologia di compiti lavorativi svolti), nel 10% erano di tipo temporale (ovvero riguardante una riduzione/rimodulazione dei tempi di lavoro, senza limitazioni relative ai compiti lavorativi), nel 8,75% le limitazioni erano sia di carattere operativo, sia di carattere temporale; nei casi con precedenti limitazioni/prescrizioni il numero di pareri di idoneità favorevoliè stato superiore (81,83%) rispetto a quello dei lavoratori senza precedenti limitazioni (76,29%).

Dopo la valutazione specialistica di secondo livello, la percentuale di pareri con limitazioni/prescrizioni o con giudizio di inidoneità è salita al 73.75% (52 casi con limitazioni e/o prescrizioni e 7 casi di inidoneità). Tale dato sembra confermare come, dopo una più accurata e fine analisi, l'indicazione di porre precisi limiti nella definizione della congruità fra stato di salute e mansione lavorativa appaia necessaria e concretamente attuabile.

Per quanto concerne la valutazione dell'efficacia del supporto consulenziale di secondo livello, l'analisi dei risultati conferma la validità e utilità per il Medico Competente aziendale della consulenza specialistica di secondo livello di medicina del lavoro per l'inquadramento di giudizi di idoneità "difficili" (20). L'esito della consulenza specialistica è stato correttamente e agevolmente applicato nella maggior parte dei casi esaminati: in 68 casi su 80 (85%) il lavoratore è stato inserito nella mansione proposta e/o sono state applicate le eventuali limitazioni/prescrizioni operative o temporali formulate nel parere di secondo livello.

Tale dato, considerato insieme al precedente, mostra come nonostante una maggiore percentuale di pareri con limitazioni e/o prescrizioni, l'applicazione operativa dei giudizi sia stata molto alta e possibile grazie ad una migliore organizzazione del lavoro e a una maggiore "personalizzazione" delle attività lavorative svolte.

Ci si sarebbe potuti attendere una applicazione del parere formulato nella totalità dei casi in esame. Le ragioni per le quali in 12 casi (15% del totale), a una successiva verifica dell'applicazione del parere, è stato osservato l'inserimento dei lavoratori in altre e differenti postazioni di lavoro rispetto a quelle proposte, sono diverse: la possibilità, emersa in un secondo tempo, di sottrarre alla mansione oggetto di valutazione il lavoratore avviandone l'inserimento in reparti non operativi a più basso grado di rischio; soluzioni di compromesso, anche contro le effettive necessità organizzative e aziendali, al fine di non alimentare rapporti conflittuali già esistente con il lavoratore; l'impossibilità che le limitazioni/prescrizioni formulate, anche quando dal punto di vista strettamente tecnico del tutto applicabili, potessero essere operativamente applicate nella mansione specifica senza penalizzare oltremodo il ciclo produttivo e il gruppo di lavoratori dedicati.

Nove lavoratori (11,25% del totale) hanno ricorso avverso il giudizio del medico competente dopo la valutazione di secondo livello. Il ricorso è stato inoltrato in 6 casi rispetto a un parere di idoneità piena e in 3 casi rispetto ad un parere di idoneità con limitazioni/prescrizioni. Dall'analisi della documentazione disponibile è emerso che in 5 casi l'ASL competente per territorio ha confermato il giudizio del medico competente (in linea con il parere di secondo livello formulato dal medico del lavoro consulente) mentre in 4 casi ha integrato il giudizio con ulteriori prescrizioni.

Nell'analisi dell'iter procedurale compiuto per svolgere le consulenze di secondo livello sono emersi alcuni aspetti critici. Per poter esprimere i pareri di idoneità oggetto di questo studio si sono rese necessarie importanti risorse che hanno riguardato la sfera organizzativa, la disponibilità di tempo e le specifiche competenze professionali. Per quanto concerne il tempo impiegato in ogni valutazione, oltre a quello necessario per un'attenta valutazione clinica dei singoli lavoratori e per l'osservazione diretta e l'analisi delle postazioni e delle attività di lavoro svolte, si è aggiunto il tempo necessario per lo studio della documentazione sanitaria prodotta dai lavoratori e di quella relativa alle postazioni di lavoro fornita dalla direzione aziendale. Le descrizioni delle mansioni sono state sempre molto dettagliate e complesse in ragione del fatto che le diverse fasi di assemblaggio/montaggio del ciclo produttivo prevedono l'esecuzione di una serie di minute e particolari operazioni. Impegnativa si è anche rivelata l'analisi della suddivisione dei tempi dedicati all'attività lavorativa (quelli di lavoro effettivo, quelli di insaturazione e quelli dedicati alle pause), allo scopo di riuscire a stimare l'effettivo carico di lavoro. Una parte significativa del tempo dedicato alla elaborazione del parere è stata riservata alla stesura della relazione finale, nella quale viene espresso per ogni lavoratore e per ogni postazione proposta uno specifico parere. Il parere è stato inoltre sempre formulato in maniera tale che non emergesse alcun riferimento alle condizioni di salute del lavoratore sottoposto a valutazione e alle patologie delle quali era portatore, ma che fossero illustrate e definite nel dettaglio le possibilità e modalità di inserimento del lavoratore nelle postazioni proposte. I contenuti del parere sono stati espressi in modo tale da essere comprensibili e applicabili da parte di tutte le figure professionali deputate alla tutela della salute e sicurezza dei lavoratori: medico competente aziendale, responsabile del servizio di prevenzione e protezione, datore di lavoro e preposti.

La quasi totalità dei lavoratori esaminati al momento della visita di secondo livello era già stata sottoposta ad accertamenti integrativi, a testimonianza dell'impegno posto dai medici competenti aziendali nell'inquadramento

clinico di ogni caso. Il medico consulente non ha ritenuto necessario l'ausilio di ulteriori accertamenti sanitari integrativi per formulare il parere di secondo livello.

Un aspetto importante e peculiare che riteniamo necessario sottolineare è rappresentato dalla procedura e dalla modalità di svolgimento dell'attività consulenziale. A differenza di quanto spesso accade in occasione di consulenze per giudizi di secondo livello, quando l'espressione dei pareri sull'idoneità lavorativa alla mansione specifica avviene "a tavolino" basando lo studio essenzialmente sulle descrizioni delle mansioni lavorative fornite dall'azienda e sulle informazioni fornite dal lavoratore durante l'indagine anamnestica, nel nostro percorso valutativo le mansioni specifiche proposte dalla direzione aziendale state esaminate in modo diretto, attraverso l'osservazione, da parte del medico specialista consulente, dei lavoratori interessati durante lo svolgimento delle specifiche mansioni. È così possibile apprezzare i singoli gesti compiuti dagli operatori, le posture assunte, il peso degli oggetti movimentati (valutato spesso direttamente sul posto di lavoro con apposito dinamometro) e le possibili difficoltà dei lavoratori in rapporto alle patologie presentate.

Alla luce della nostra esperienza, appare possibile e auspicabile delineare un protocollo operativo per procedere in modo sistematico ed efficace alla valutazione della congruità fra condizioni di salute del lavoratore ed attività svolta nei casi nei quali venga richiesto un parere consulenziale a una struttura ospedaliera specializzata. Il protocollo operativo proposto per consulenza di secondo livello dovrebbe sempre comprendere i seguenti momenti:

1. visita medica con acquisizione e studio della documentazione necessaria all'analisi della congruità fra condizione di salute del lavoratore e mansione lavorativa specifica e per la formulazione di un parere sul giudizio di idoneità.
2. Indagine conoscitiva e valutativa dell'ambiente di lavoro, con osservazione diretta, studio e analisi dei singoli compiti lavorativi previsti dalle specifiche mansioni nelle postazioni lavorative in esame.
3. Visite mediche specialistiche e/o accertamenti clinici e strumentali di approfondimento, nei casi nei quali fosse ritenuto necessario dal medico consulente per un migliore inquadramento del quadro patologico dal quale è affetto il lavoratore.
4. Eventuali valutazioni specialistiche ergonomiche per i compiti e le attività di lavoro per i quali emergesse la necessità di una precisa quantificazione del rischio.
5. Relazione consulenziale finale comprendente: descrizione dettagliata delle postazioni di lavoro occupate dal lavoratore e dei singoli compiti lavorativi previsti dalla mansione specifica; inquadramento dello stato di salute in relazione alla capacità di lavoro residua del lavoratore; formulazione del parere in merito giudizio di idoneità alla mansione specifica espresso dal medico consulente secondo contenuti che possano essere chiari e applicabili da parte di tutte le figure aziendali della prevenzione coinvolte.

Tale protocollo operativo, che rispetterebbe un corretto iter procedurale finalizzato al raggiungimento del risultato più completo ed esauriente sotto tutti gli aspetti (medico, scientifico e tecnico), nella pratica risulta purtroppo attuabile con maggiore facilità nelle aziende di grandi dimensioni che possono mettere a disposizione risorse economiche, tecnologiche, umane e di tempo rilevanti per la tutela della salute dei lavoratori. Oggi, nelle realtà lavorative di piccole dimensioni possono venire a mancare sia le disponibilità di risorse economiche e tecniche richieste dall'iter procedurale proposto, sia la possibilità per il medico competente aziendale di approfondire attraverso consulenze specialistiche di secondo livello giudizi di idoneità "complessi" e difficili.

Ciononostante, riteniamo importante sottolineare, in tutti i casi ove le condizioni lo rendano indicato, l'importanza di procedere ad un'analisi di secondo livello percorrendo l'iter valutativo delineato e seguito per lo studio della nostra casistica, in particolare per la parte relativa all'osservazione diretta dei compiti lavorativi previsti nella specifica mansione e per la parte relativa allo studio e analisi diretti dell'ambiente di lavoro e del contesto lavorativo.

In Lombardia l'attività consulenziale di II livello nel campo della Medicina del Lavoro viene da anni garantita e svolta dalle Unità Operative Ospedaliere di Medicina del Lavoro (UOOML) distribuite su tutto il territorio della Regione e organizzate all'interno di strutture ospedaliere e universitarie.

Bibliografia

1) Foà V, Ambrosi L. Il giudizio di idoneità in medicina del lavoro. In: Foà V: Medicina del Lavoro. Seconda edizione. Torino, UTET, 2005: 101-105.
2) Ambrosi L, Musti M. Criteri di idoneità al lavoro. Atti del 41° Congresso Nazionale di Medicina del Lavoro, Santa Margherita Ligure, 4-7 ottobre 1978. Bologna, Monduzzi Editore: 107-110.
3) Crepet M. Premessa sui criteri e metodi di controllo periodico dei lavoratori esposti a rischi. Atti del 41° Congresso Nazionale di Medicina del Lavoro, Santa Margherita Ligure, 4-7 ottobre 1978. Bologna, Monduzzi Editore.
4) Gobbato F. Proposte per una normativa sulle visite mediche periodiche in operai esposti ad agenti fisici. Atti del 41° Congresso Nazionale di Medicina del Lavoro, Santa Margherita Ligure, 4-7 ottobre 1978. Bologna, Monduzzi Editore, 135-144.
5) Rodriguez D, Croce E, Montisei M. L'idoneità al lavoro: riflessioni medico-legali. Difesa Sociale 1991; 3: 155-182.
6) Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene industriale: Linee Guida per la sorveglianza sanitaria. Pavia: I libri della Fondazione Maugeri, Pi-Me editrice 2004 (Linee guida per a formazione continua e l'accreditamento del medico del lavoro, volume 11).
7) Alessio L, Farina G. Il giudizio di idoneità lavorativa specifica: atto conclusivo della sorveglianza sanitaria. Med Lav 2001; 92, 4: 227-238.
8) Costa G. Lavoro a turni e salute. Med Lav 1999; 90: 739-751.
9) Costa G, Grieco A. Atti del seminario Invecchiamento e lavoro, Verona, 7 aprile 2000. Med Lav 2000; 91: 274-423.
10. D.Lgs. 25 novembre 1996, n. 645 - Recepimento della direttiva 92/85 CEE concernente il miglioramento della sicurezza e della salute sul lavoro delle lavoratrici gestanti, puerpere o in periodo di allattamento.
11) D.Lgs. 26 novembre 1999, n. 532 - Disposizioni in materia di lavoro notturno a norma dell'articolo 17 comma 2, della legge 5/2/99, n. 25.
12) D.Lgs. 18 agosto 2000, n. 262 - Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 345, in materia di

protezione dei giovani sul lavoro, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128.
13) Legge 8 marzo 2000 n. 53 - Disposizioni per il sostegno della maternità e della paternità, per il diritto alla cura e alla formazione e per il coordinamento dei tempi delle città.
14) D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81- Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. (Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008 - Suppl. Ordinario n. 108).
15) Catenacci G. Diagnosi e consulenza nelle Unità Operative Ospedaliere di Medicina del Lavoro. G Ital Med Lav Ergon 1998; 20(3): 185-7.
16) Cirla AM, Feltrin G. Un modello di "Occupational, Environmental and Community Medicine". Storia ed evoluzione delle Unità Operative Ospedaliere di Medicina del Lavoro (UOOML) in Lombardia. G Ital Med Lav Ergon 1998; 20(3): 172-81.
17) Occhipinti E, Fanuzzi A. La rete delle unità operative ospedaliere di medicina del lavoro in Lombardia: un esempio di network G Ital Med Lav Ergon 1998; 20(3): 166-71.
18) Occhipinti E, Colombini D. Metodo OCRA: aggiornamento dei valori di riferimento e dei modelli di previsione della frequenza di patologie muscoloscheletriche correlate al lavoro degli arti superiori (UL-WMSDs) nella popolazioni lavorative esposte a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. Med Lav 2004 95(4): 305-19.
19) Colombini D, Occhipinti E. Risultato 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(3): 233-46.
20) Belotti L, Molinero G, Maccarana G, Mosconi G. Il ruolo del medico del lavoro nel reinserimento lavorativo del disabile. G Ital Med Lav Ergon 2012; 34(3): 786-7.

Corrispondenza: *Giuseppe Taino - giuseppe.taino@fsm.it*

G Ital Med Lav Erg 2015; 37:3, 163-169
ISSN 1592-7830

© PI-ME, Pavia 2015
MEDICINA DEL LAVORO

Mario Raviolo[1,2], Elena Astesano[2], Angelo Repossi[3], Maria Grazia Acciardi[1], Gian Luca Rosso[2]

Il Rilevatore di Monossido di Carbonio: uno strumento di sorveglianza ambientale e di protezione individuale nel soccorso pre-ospedaliero. L'esperienza del Servizio di Emergenza Sanitaria Territoriale (118) della Provincia di Cuneo

[1] Struttura Complessa Maxiemergenza 118, ASL CN1, Cuneo
[2] Struttura Complessa Emergenza Sanitaria Territoriale 118, ASL CN1, Cuneo
[3] Dipartimento di Prevenzione, Servizio Igiene e Sanità Pubblica, ASL CN1, Cuneo

RIASSUNTO. ***Introduzione:*** **Numerose persone ogni anno vengono coinvolte in casi di avvelenamento da monossido di carbonio (CO), sia di tipo colposo che doloso (tentativi di suicidio e/o omicidio). Nell'ambito preospedaliero la diagnosi precoce di tale intossicazione è di fondamentale importanza non solo per il precoce e corretto trattamento (con alti flussi di ossigeno) del paziente, ma anche per la corretta ospedalizzazione del paziente. Scopo del presente studio è analizzare i principali fattori legati all'avvelenamento da CO nella nostra area e descrivere l'esperienza relativa all'impiego del rilevatore di CO (r_CO).**
Materiali e Metodi: **Dal 1 Gennaio 2012 al 1 Maggio 2013, tutti i casi di intossicazione da CO gestiti dal Servizio di Emergenza Sanitaria Territoriale (SET) 118 sono stati analizzati. Contemporaneamente è stato introdotto l'uso del r_CO.** ***Risultati:*** **Settanta casi clinici sono stati registrati, il 68.5% degli avvelenamenti è avvenuto nei mesi di Dicembre, Gennaio e Febbraio. Le caldaie sono risultate essere la principale fonte in grado di generare elevati livelli di CO ambientale all'interno delle abitazioni (media di CO pari a 66.78 ppm contro 32.92 ppm generati dagli altri apparecchi di riscaldamento, p =0.004). Il r_CO è stato usato nel 77.4% dei casi. La corretta diagnosi preospedaliera è stata raggiunta nel 96% (48/50) dei casi in cui è stato utilizzato il r_CO, contro il 70% (14/20) di corretta diagnosi per situazioni di mancato impiego del r_CO (p 0.005).** ***Conclusioni:*** **L'r_CO oltre ad essere un dispositivo di protezione individuale per gli operatori del SET contribuisce significativamente ad aumentare i casi di diagnosi preospedaliera di intossicazione acuta da CO, suggerendo pertanto il suo impiego in tutti i servizi di emergenza territoriale in ambito nazionale.**

Parole chiave: monossido di carbonio, avvelenamento da CO, rilevatore CO, cure preospedaliere, inquinamento indoor, sicurezza nei luoghi di lavoro.

ABSTRACT. CO DETECTOR: A TOOL FOR THE EARLY DIAGNOSIS OF CARBON MONOXIDE INTOXICATION AND A PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT. THE EXPERIENCE OF THE EMERGENCY MEDICAL SERVICE (118) IN THE PROVINCE OF CUNEO. **Background:** ***Many people are poisoned by carbon monoxide (CO) each year, either intentionally (e.g. suicide attempts) or by accident. In the prehospital care the early diagnosis is primary for a correct treatment with high flow of oxygen and for the appropriate hospitalization of the patient. The aim of this study is to detect the main factors associated with CO poisoning in our area and to evaluate the role of CO detector in the prehospital setting.*** **Methods:** ***From 1 January 2012 to 1 May 2013, all cases of carbon monoxide poisoning, recorded by the Emergency Medical Service (118) in the Province of Cuneo, were analyzed.***

Introduzione

Ogni anno in Italia e nei principali paesi industrializzati si verificano nuovi casi di intossicazione acuta da monossido di carbonio (CO). Nella maggior parte dei casi tali eventi sono accidentali, avvengono usualmente in ambiente domestico e frequentemente coinvolgono più persone (1, 2).

Il CO, inalato, attraversa facilmente la membrana alveolo capillare e si lega all'emoglobina con un'affinità 200 volte maggiore a quella dell'ossigeno, formando la carbossiemoglobina (HbCO) (3, 4).

Tale legame determina danni ipossici ed ischemici ad organi e tessuti (provocati dall'alterazione funzionale del sistema citocromo ossidasi (5), dalla riduzione del trasporto di ossigeno (6) e spostamento a sinistra della curva di dissociazione dell'ossiemoglobina (7)).

Il quadro sintomatologico iniziale dell'intossicazione acuta da CO è spesso aspecifico e può essere confuso con quello di altre patologie, l'entità dei sintomi può variare in relazione a numerose variabili quali: livello e durata dell'esposizione al CO, età del paziente, presenza di comorbidità etc. (8). Il trattamento in emergenza in fase extraospedaliera dell'intossicazione acuta da CO è finalizzato non solo ad arginare i rischi immediati dovuti all'ipossia, ma anche a prevenire i danni neuropsicologici tardivi che possono essere prolungati, disabilitanti e persino permanenti (cambiamenti cognitivi ed affettivi, alterazioni mnesiche, vertigini, atassia, etc.) (9, 10, 11).

Le intossicazioni da CO rappresentano una duplice sfida per il Sistema di Emergenza Territoriale (SET): da un lato il tentativo di giungere ad una diagnosi pre-ospedaliera e di conseguenza attuare un adeguato trattamento precoce dei pazienti intossicati, dall'altro la necessità di proteggere l'equipe di soccorso da intossicazioni secondarie.

Nel tentativo di perseguire tali obiettivi a partire dal gennaio 2012 la Struttura Complessa Maxiemergenza118/Emergenza Sanitaria Territoriale 118 della Provincia di Cuneo ha dotato i mezzi di soccorso avanzato di rilevatori personali di CO (r_CO). L'inserimento di tali strumenti nella dotazione del SET di Cuneo si avvicina a recenti esperienze internazionali in ambito di soccorso sanitario extraospedaliero (12, 13).

Results: ***Seventy clinical cases were collected, 68.5% of poisonings occurred in the months of December, January and February. Boilers were found to be the main source of indoor CO poisoning (average CO concentration of 66.78 versus 32.92 ppm generated by other heating systems, p = 0.004). CO detector was used in 77.4% of cases. The prehospital diagnosis was properly made in 96% (48/50) of cases in which CO detector was used, versus 70% (14/20) of correct clinical assessment without its use (p = 0.005).*** **Conclusions:** ***The CO detector is not only a personal protective equipment for Emergency Medical Service operators, but it contributes significantly to increase prehospital diagnosis of CO poisoning, thus suggesting its use in all emergency services in the national territory.***

Key words: *carbon monoxide, CO poisoning, CO detector, prehospital care, indoor air pollution, workplace safety.*

A tale proposito occorre ricordare che l'Occupational Safety and Health Agency indica un valore limite di esposizione in ambito lavorativo di CO pari a 50 parti per milione (ppm) per un periodo di esposizione media di 8 ore lavorative, mentre il National Institutes of Occupational Safety and Health indica come concentrazione media ponderata per una giornata lavorativa di 10 ore il valore di CO di 35 ppm (14).

Scopo del presente studio è analizzare le principali caratteristiche legate alle intossicazioni acute da CO in un territorio esteso ed eterogeneo come quello della Provincia di Cuneo (che si estende per circa 7.000 Km_ con notevole variabilità morfologica del territorio con comuni alpini, zone collinari delle Langhe e Roero ed aree più pianeggianti a ridosso della Pianura Padana) e riportare l'esperienza del nostro Servizio di Emergenza Territoriale 118 nell'impiego dei r_CO.

Tale esperienza pone le basi per verificare l'utilità dell'impiego dei r_CO, adottati a tutelala degli operatori del SET, nell'individuazione precoce dei pazienti con avvelenamento da monossido di carbonio.

Materiali e metodi

Disegno dello studio

È stato condotto uno studio prospettico osservazionale della durata di 16 mesi (dal 1 gennaio 2012 al 1 maggio 2013) che ha preso in considerazione tutti i pazienti intossicati da CO e soccorsi dai mezzi di soccorso avanzato 118 nel territorio della Provincia di Cuneo.

Nella casistica sono stati inclusi pazienti di ogni età, con diagnosi di intossicazione acuta da CO confermata al ricovero in ospedale per i livelli patologici di HbCO (considerati come livelli di HbCO ≥ 5% nei soggetti non fumatori e di HbCO ≥ 10% nei fumatori).

I luoghi di intervento sono stati distinti in zone montane (centri abitati con altitudine > 600 metri sul livello del mare), urbane (centro città, centro paese) ed extraurbane (aperta campagna, frazioni e zone collinari lontane dai centri abitati principali).

I codici di gravità a cui si fa riferimento, in analogia con i criteri definiti dal decreto del Ministero della Sanità del 15 maggio 1992, sono articolati in quattro categorie ed identificati con colore:

- codice rosso: molto critico, pericolo di vita, priorità massima, accesso immediato alle cure;
- codice giallo: mediamente critico, presenza di rischio evolutivo, possibile pericolo di vita;
- codice verde: poco critico, assenza di rischi evolutivi, prestazioni differibili;
- codice bianco: non critico, pazienti non urgenti.

Descrizione dell'Istruzione Operativa in caso di allarme dell'r_CO

I mezzi di soccorso avanzato (17 ambulanze in totale di cui 14 ambulanze medicalizzate con medico e infermiere e 3 con infermiere a bordo) della Struttura Complessa Maxiemergenza118/Emergenza Sanitaria Territoriale 118 della Provincia di Cuneo sono stati dotati di rilevatori personali di CO (r_CO). È stata elaborata una specifica Istruzione Operativa (IO) denominata "*MAXI008 Utilizzo del rilevatore personale di CO*", contenente le indicazioni legate all'utilizzo dello strumento da parte del medico o dell'infermiere responsabile dell'equipe sanitaria e norme comportamentali da adottarsi in caso di allarme del dispositivo. Questa IO prevede che il dispositivo sia indossato dall'operatore in una posizione tale da consentire il campionamento e la misurazione della concentrazione del gas ambientale (es. tasca superiore esterna della divisa) e venga messo in funzione in tutti gli interventi in ambiente chiuso e nelle situazioni a rischio di contaminazione ambientale (presenza di fumo, incendio, coinvolgimento di più persone nello stesso luogo).

Nel caso in cui sia presente un'elevata concentrazione di CO, lo strumento emette un allarme luminoso e sonoro in modo continuo (per valori soglia di CO ambientale ≥ 35 ppm).

La procedura prevede che il sanitario responsabile dell'intervento (medico o infermiere) adotti specifiche norme di comportamento sia per la gestione dell'ambiente contaminato sia per quella del/i paziente/i (Figura 1). Queste comprendono:

1. l'allontanamento immediato dal locale di tutti i componente dell'equipe, con l'accortezza di lasciare aperta la via di ingresso;
2. nel caso sussistano le condizioni di sicurezza per l'intervento (es. assenza di fiamme, fumo, odore di gas, pericolo di crolli etc.), il sanitario responsabile valuta la possibilità di arieggiare il locale aprendo le finestre e le porte nel minor tempo possibile;
3. se non sussistono le condizioni di sicurezza, deve essere avvisata immediatamente la Centrale Operativa 118 per richiedere l'intervento del Vigili del Fuoco e l'equipe di soccorso si astiene dall'intervento sino al loro arrivo.

Per quanto riguarda la gestione dei paziente, la IO prevede che qualora il paziente sia cosciente e deambulante, lo stesso venga allontanato immediatamente insieme ai componenti dell'equipe sanitaria. Se il paziente è incosciente o non deambulante e sussistono le condizioni di sicurezza della scena (assenza di pericoli e locale già aerato),

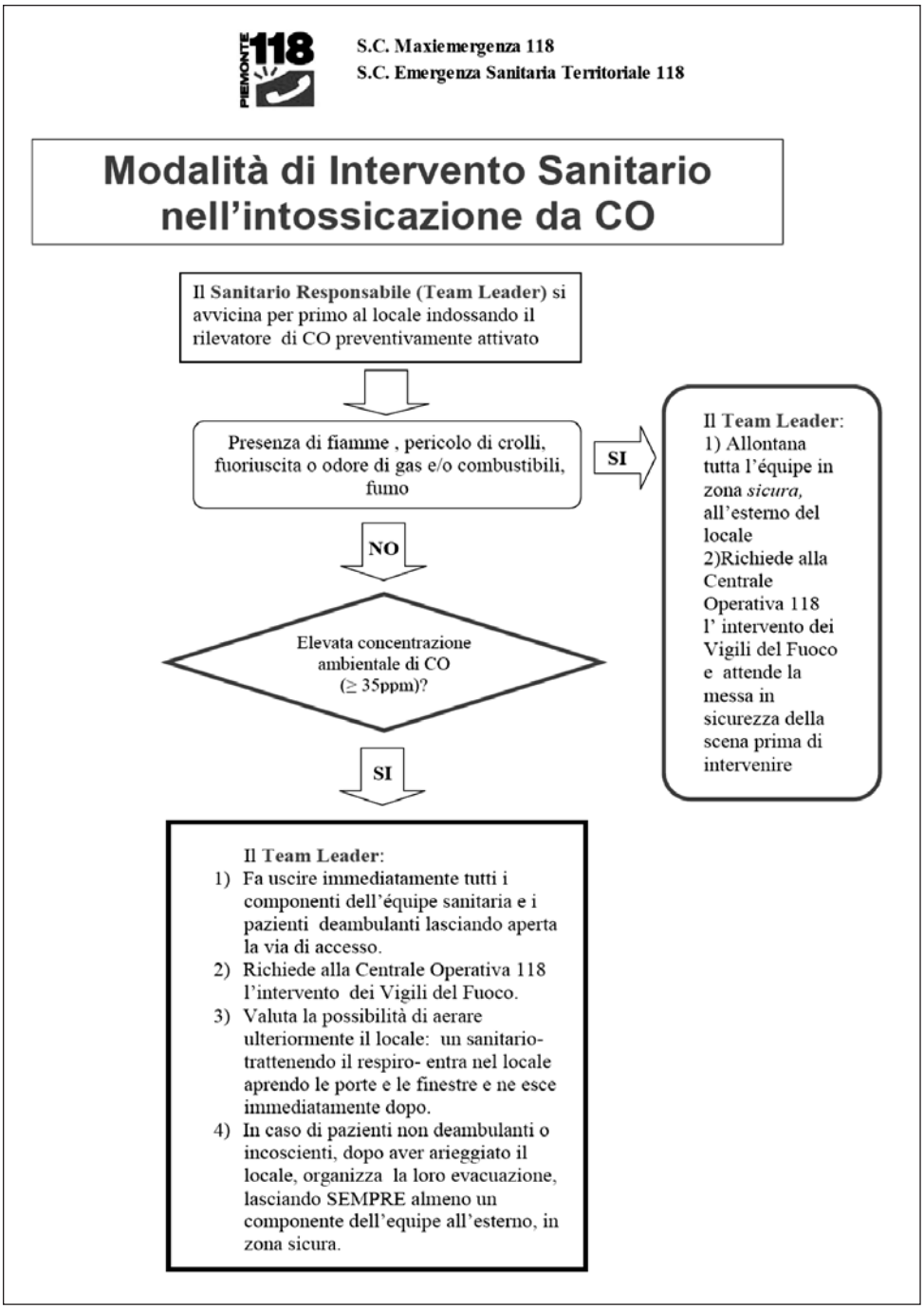


Figura 1. ***Algoritmo procedurale adottato dal nostro Servizio in caso di intossicazione da CO***

il sanitario responsabile si organizza con gli altri membri dell'equipaggio per entrare nel locale e portarlo in luogo sicuro. Un componente dell'equipe deve sempre rimanere all'esterno della scena, in zona sicura e priva di contaminazione ambientale da CO.

In tutti i casi in cui l'r_CO segnala livelli di CO ≥ 35 ppm oppure in cui l'operatore sanitario sospetta (sulla base di dati clinico-anamnestici) l'intossicazione da CO, viene compilata una specifica scheda di raccolta dati ed inviata via fax alla Centrale Operativa 118. In tale scheda sono riportati i dati del paziente, i codici e gli orari dell'intervento, le fonti di esposizione (incendi, caldaie, stufe etc.), le classi di gravità dell'intossicazione, l'impiego o meno dell'r_CO (con le relative concentrazioni rilevate) ed infine il trattamento extraospedaliero. La Centrale Operativa 118 contatta in un secondo momento l'ospedale in cui è/sono stato/i accolto/i il/i paziente/i per registrare il primo valore di carbossiemoglobina (%HbCO) e l'eventuale successiva indicazione al trattamento iperbarico.

Campionamento del CO ambientale

Il modello di r_CO adottato sui mezzi di soccorso avanzato 118 della Provincia di Cuneo è il ToxiRAE 3 della Ditta Recom Industriale S.r.l (Genova-Italia). Si tratta di un rilevatore monogas di tipo "on-off", in grado di visualizzare in continuo la concentrazione di CO ambientale. Lo strumento è dotato di un sensore a 3 elettrodi che garantisce un tempo di campionamento molto veloce (<12 secondi); l'interfaccia utente è costituita da un display retroilluminato con il valore di CO in ppm e da due pulsanti per l'accensione/spegnimento e per le operazioni di taratura. Sono impostate due soglie di allarme per i quali il rilevatore emette un segnale acustico e visivo continuo: la prima ad un valore di CO ambientale pari a 35 ppm, la seconda ad un valore di CO 200 ppm.

Lo strumento viene periodicamente tarato (ogni sei mesi) mediante una specifica stazione di taratura (AutoRAE Lite) dal personale tecnico della Centrale Operativa 118 di Cuneo.

Analisi statistiche

La prevalenza del fenomeno di intossicazione acuta da CO è stata espressa come numero (in percentuale). Per l'analisi delle variabili parametriche è stato utilizzato il Test T di Student (Satterthwaite in caso di varianze eterogenee). L'associazione tra le variabili binarie è stata verificata mediante il test χ^2 di Pearson. Al fine di poter valutare le motivazioni dell'impiego o meno del r_CO, è stata effettuata una regressione logistica utilizzando come variabili indipendenti:

la tipologia dei sintomi, il sospetto diagnostico posto al triage telefonico, il sospetto diagnostico posto al rilascio del paziente in pronto soccorso ed alcune variabili socio-demografiche (nazionalità, sesso, età, luogo dell'evento e stagionalità). Un valore di $P < 0.05$ è stato considerato significativo. Le analisi sono state effettuate utilizzando OpenStat software Program by Bill Miller, versione 3.23.08.

Risultati

Nei sedici mesi successivi all'introduzione dello strumento sono stati soccorsi 70 pazienti con intossicazione acuta da CO in ambito pre-ospedaliero (tabella I). Si sono riscontrati solo casi di intossicazione acuta dovuta all'esposizione accidentale a questo gas.

Il 68,5% delle intossicazioni si sono verificate nei mesi invernali (19 casi su 31 giorni in dicembre 2013, 8 e 3 casi rispettivamente in gennaio 2012 e 2013 ed infine 16 e 2 in febbraio 2012 e 2013) in concomitanza con le temperature più rigide (Figura 2). La maggiore prevalenza nei mesi invernali si conferma anche correggendo i casi per numero di giorni/mese (48 casi in 149 giorni del periodo sopra riportato, contro 22 casi nei mesi non invernali per un totale di 336 giorni, con un rischio di intossicazioni da CO aumentato di circa 5 volte nel periodo invernale rispetto ai restanti mesi dell'anno, $p < 0.0001$).

La popolazione colpita è risultata eterogenea, sia per quanto riguarda le fasce di età (da 5 mesi a 89 anni), sia per la nazionalità (51% italiana, 14,5% cinese, 4% rumena, 11,5% indiana, 16% vari paesi dell'Africa, 3% non specificata).

Non sono state rilevate differenze significative tra i due sessi (53% maschile, 47% femminile). Il 7% degli interventi effettuati hanno coinvolto un singolo soggetto, nella restante percentuale dei casi (93%) il soccorso è stato prestato a gruppi di più persone presenti nello stesso ambiente contaminato.

Tabella I. ***Caratteristiche di base di tutti gli interventi relativi ad intossicazioni da CO registrati presso il SET della Provincia di Cuneo***

Variabile	Totale n(%)	Intossicazione sospettata durante il triage telefonico n(%)	Diagnosi pre-ospedaliera di intossicazione da CO n(%)	Corretto utilizzo di r_CO n(%)
Numero di pazienti	70	37 (52.9)	62 (88.6)	50 (71.4)
Numero di interventi	26	10 (38.5)	20 (76.9)	14 (53.8)
Età (anni, media ± SD)	34.2±19.8	31.2±15.5	33±19.7	33.5±20.6
Sesso (M)	37 (52.9)	21 (56.8)	33 (53.2)	24 (48)
Cittadinanza:				
1. italiana	36 (51.4)	21 (56.8)	31 (50)	24 (48)
2. cinese	10 (14.3)	–	8 (12.9)	3 (6)
3. paesi dell'est	3 (4.3)	–	3 (4.8)	3 (6)
4. africana	11 (15.7)	7 (18.9)	10 (16.1	10 (20)
5. indiana	8 (11.4)	8 (21.6)	8 (12.9)	8 (16)
6. altro	2 (2.9)	1 (2.7)	2 (3.2)	2 (4)
Area dell'evento:				
1. urbana	53 (75.7)	23 (62.2)	46 (74.2)	38 (76)
2. extraurbana	6 (8.6)	4 (10.8)	6 (9.7)	2 (4)
3. montana (>700 mt slm)	11 (15.7)	10 (27)	10 (16.1)	10 (20)
Codici di gravità (alla partenza del mezzo di soccorso):				
1. verde	6 (8.6)	5 (13.5)	5 (8.1)	4 (8)
2. giallo	49 (70)	32 (86.5)	46 (74.2)	37 (74)
3. rosso	15 (21.4)	–	11 (17.4)	9 (18)
Codici di gravità (al rilascio del paziente in pronto soccorso):				
1. verde	40 (57.1)	23 (62.2)	37 (59.7)	34 (68)
2. giallo	28 (40)	14 (37.8)	24 (38.7)	16 (32)
3. rosso	2 (2.9)	–	1 (1.6)	–
Fonte di esposizione:				
1. stufa	28 (40)	19 (51.4)	26 (41.9)	22 (44)
2. scaldabagno	18 (25.7)	10 (27)	15 (24.2)	13 (26)
3. braciere	5 (7.1)	4 (10.8)	5 (8.1)	–
4. caldaia	9 (12.9)	4(10.8)	7 (11.3)	9 (18)
7. incendio	6 (8.6)	–	6 (9.7)	3 (6)
8. fonte non segnalata	4 (5.7)	–	3 (4.8)	3 (6)
CO ambientale (ppm, media±SD)	42±33.2	38.3±31.2	42.6±33.8	42±33.2
HbCO al primo controllo (%±SD)	20.5±7.5	16.7±5.5	19±6.7	19.5±6.7
Somministrazione O_2 alti flussi	55 (78.6)	27 (73)	50 (80.6)	43 (86)

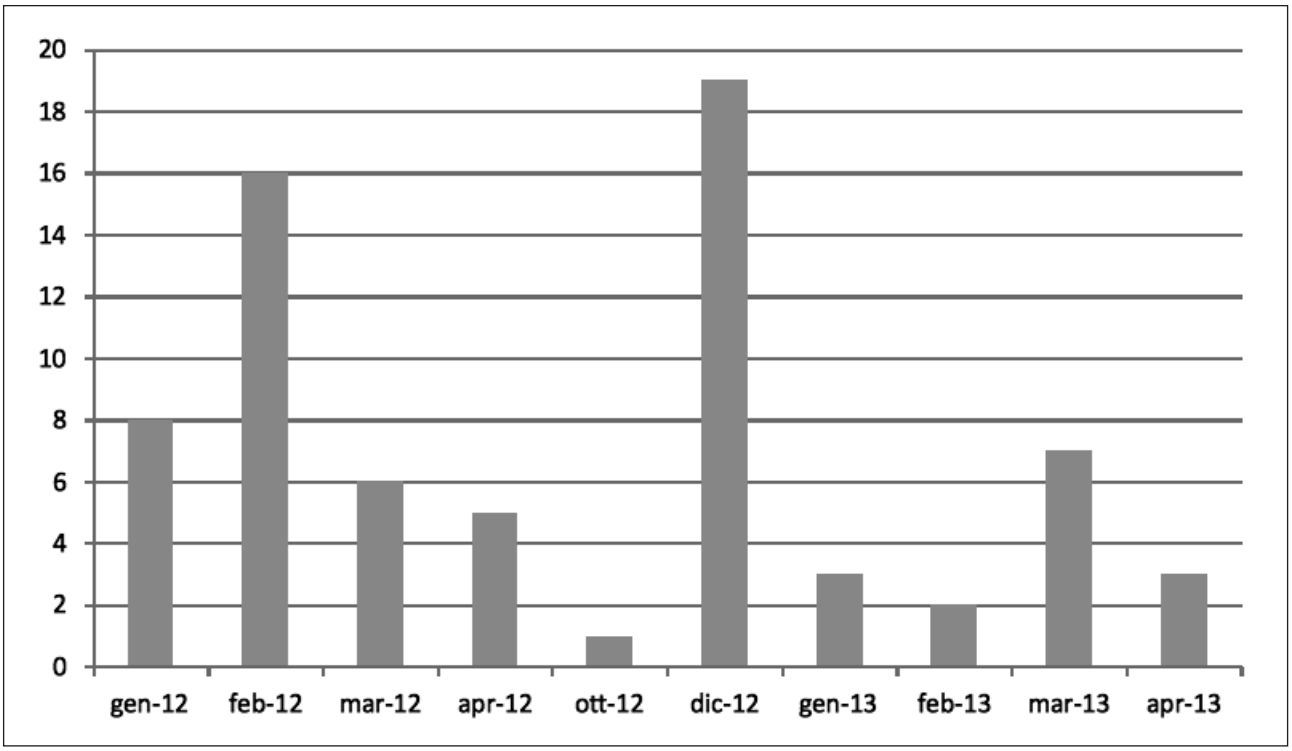


Figura 2. ***Distribuzione dei casi di intossicazione da CO nei vari mesi, sono stati esclusi dal grafico i mesi in cui non sono stati registrati casi di intossicazione acuta da CO***

Gli interventi sono stati effettuati per 53/70 casi (76%) in area urbana, per 11/70 casi (15,5%) in area montana e per i restanti 6 casi (8,5%) in area extraurbana. Il 76% delle intossicazioni si è verificato in ambiente domestico dove la causa più frequente (78.5%) è risultata essere il malfunzionamento degli apparecchi da riscaldamento come stufe, camini, scaldabagni, caldaie (Figura 3). Nel 7% dei casi l'intossicazione è stata causata dall'improprio utilizzo di bracieri come fonte di riscaldamento in ambienti disagiati.

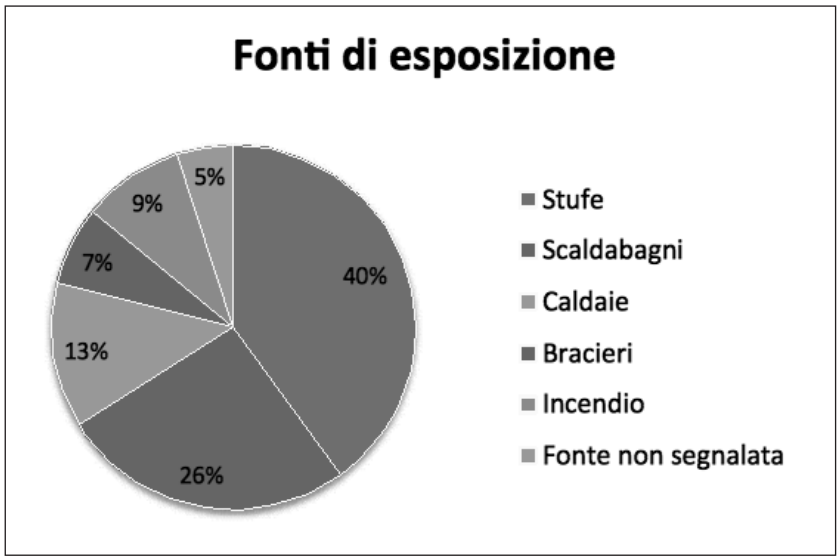


Figura 3. ***Fonti di esposizione a CO rilevate***

Nella nostra casistica le caldaie per il riscaldamento e/o produzione di acqua calda sono risultate essere la fonte maggiormente in grado di generare elevati livelli di CO ambientale all'interno delle abitazioni (concentrazione ambientale media di CO pari a 66.78 ppm contro 32.92 ppm generati dagli altri apparecchi di riscaldamento, dato analizzato sui casi in cui è stato impiegato il r_CO, p = 0.004).

In 37/70 casi (53%) l'intossicazione è stata sospettata durante il triage telefonico effettuato dagli operatori della Centrale Operativa 118. In tali casi il codice di gravità attribuito dal triage telefonico è risultato essere: 5/37 (13.5%) codici verdi e 32/37 (86.5%) codici gialli. Nessun codice rosso è stato assegnato dalla valutazione telefonica del triage in caso di sospetta intossicazione da monossido. Nei casi in cui il sospetto di intossicazione da CO non è stato posto durante la valutazione telefonica, la patologia è stata erroneamente classificata come: traumatica 3/70 (4.3%), cardiologica 1/70 (1.4%), respiratoria 5/70 (7.1%), neurologica 1/70 (1.4%), gastroenterologica 1/70 (1.4%), altra patologia 13/70 (18.6%), patologia non definita 9/70 (12.9%). In 62/70 casi (89%) la diagnosi di intossicazione da CO è stata effettuata sul territorio, nei restanti 8/70 pazienti (11%) il riconoscimento della patologia è stato effettuato solo dopo il ricovero ospedaliero.

Negli interventi in cui è stato utilizzato il r_CO (50 su 70 casi, 77.4% del totale), la diagnosi pre-ospedaliera è stata correttamente posta nel 96% (48/50) dei casi, mentre nei

restanti interventi la percentuale di corretta diagnosi di intossicazione da CO è stata pari al 70% (14/20) (p = 0.005).

In 7/20 casi in cui non è stato utilizzato il r_CO, il sospetto di intossicazione è stato posto al triage telefonico e i pazienti sono stati fatti allontanare dall'ambiente contaminato; nei restanti 13/20 casi non sono noti i motivi del mancato utilizzo. La regressione logistica condotta utilizzando come variabile dipendente l'impiego del r_CO ha evidenziato come la tipologia dei sintomi ed il sospetto diagnostico posto al triage telefonico non siano correlati con l'impiego o meno del rilevatore nella nostra casistica, al pari delle principali variabili socio-demografiche analizzate. Al contrario il sospetto diagnostico posto dell'operatore sanitario presente sul posto è risultato fortemente correlato all'impiego dello strumento (odd ratio aggiustato per sospetto diagnostico posto al triage telefonico: 9.5, intervallo di confidenza 1.50-60.11, p = 0.017).

Il sintomo più comune riferito dagli intossicati e raccolto nella scheda di rilevazione dati è stato la cefalea, presente in 20/70 casi (29% dei soggetti), seguito da nausea 8/70 (11%), vomito 9/70 (13%), vertigini 5/70 (7%), confusione mentale 5/70 (7%), sopore e coma 6/70 (8%). In 8/70 pazienti (11%) la sintomatologia iniziale rilevata è stato un episodio sincopale. Si sono verificati due decessi a domicilio con paziente già in arresto cardiorespiratorio all'arrivo dei mezzi di soccorso (3% dei casi). Il 78% degli intossicati è stato sottoposto ad O2 terapia ad alti flussi (O2 ≥10 L/min) in fase pre-ospedaliera, e 22/70 pazienti (31,5%) sono stati sottoposti successivamente a trattamento in camera iperbarica (valore medio di HbCO 17, 3).

Il mancato impiego del r_CO si è associato ad una minore percentuale di soggetti correttamente trattati con O2 terapia in fase pre-ospedaliera (60% nei casi in cui non è stato utilizzato il r_CO contro 96% in cui è avvenuto l'impiego del rilevatore, p = 0.003).

Discussione

Nel nostro studio tutti i casi di intossicazione acuta da CO sono stati causati dall'esposizione accidentale ed inconsapevole a questo gas. Gli interventi sono stati effettuati prevalentemente nei centri urbani, con maggiore densità di popolazione, ed hanno interessato spesso gruppi di più persone. Il luogo più comune in cui sono avvenute le intossicazioni è stato l'ambiente domestico dove, soprattutto nei mesi freddi, si soggiorna per più ore al giorno. Non sorprende dunque che la stagione in cui si è riscontrato il maggior numero di casi sia quella invernale, dato in accordo con studi analoghi condotti in altri paesi europei (15, 16).

Circa la metà dei pazienti soccorsi era di nazionalità straniera e per molti di questi l'intossicazione è avvenuta per l'utilizzo di fonti di riscaldamento particolarmente a rischio di contaminazione ambientale, come le stufe ed i bracieri. Questo, in accordo con i dati di letteratura internazionali, conferma la necessità di implementare gli sforzi di prevenzione attraverso l'informazione soprattutto delle fasce più deboli e disagiate della popolazione (17, 18).

Tra tutti gli apparecchi per il riscaldamento domestico, il malfunzionamento delle caldaie si è dimostrato quello più pericoloso per gli elevati livelli di CO ambientale prodotti, tale dato differisce da quello riportato da McCann et al., in cui il fornello costituiva la principale fonte di intossicazione (il 29.9% da fornelli mentre il 9.8% da caldaia) (19). Anche in questo caso è importante sensibilizzate l'utenza sull'importanza di una buona manutenzione dei sistemi di riscaldamento.

Lo studio ha evidenziato come l'utilizzo di r_CO può incrementare la possibilità di diagnosi di intossicazione acuta in fase pre-ospedaliera (nei due casi non rilevati dal r_CO è verosimile che la rilevazione della concentrazione di CO ambientale sia stata fatta in un ambiente non contaminato oppure quando era già avvenuta una aerazione dei locali in cui si trovavano le vittime). Tali considerazioni vengono rafforzate dal fatto che i dati ottenuti dal triage telefonico e dalla valutazione clinica del paziente spesso non sono sufficienti a permettere il riconoscimento di questa patologia e pertanto si determinano situazioni di ritardo nelle cure (con verosimili sequele a carico dei pazienti). Infatti in tutti i casi in cui lo strumento è stato usato ed ha confermato la contaminazione ambientale di CO, il personale sanitario ha identificato correttamente la diagnosi di intossicazione ed ha iniziato in fase precoce il trattamento del paziente con ossigenoterapia ad alti flussi sino all'arrivo in ospedale. Occorre tuttavia sottolineare come in 37 pazienti il sospetto diagnostico è stato posto già all'atto della telefonata, è pertanto comprensibile che il rilevatore sia stato utilizzato anche sulla base di tale indicazione (oltre alle indicazioni espresse nella IO MAXI008). Tuttavia tale dato non costituisce un limite nel presente studio, in quanto l'analisi multivariata ha evidenziato come l'r_CO sia stato utilizzato, indipendentemente dal sospetto diagnostico posto al triage telefonico, a supporto del sospetto clinico posto dall'operatore presente sul luogo dell'evento. Purtroppo risulta molto difficile valutare gli effetti positivi del r_CO sulla sicurezza degli operatori del SET, ciò nonostante tale strumento, il cui costo di acquisto e manutenzione non risulta essere elevato, rappresenta a tutti gli effetti un dispositivo di protezione individuale (pertanto considerabile come necessario ai fini della sicurezza del personale 118, ai sensi del D.Lgs 81/2008 e s.m.i.).

Conclusioni

L'avvelenamento da CO rimane a tutt'oggi un importante problema di gestione sanitaria nel nostro paese che richiede un'importante sensibilizzazione non solo nella popolazione generale ma anche nel personale che si occupa di emergenza sanitaria territoriale. Il precoce riconoscimento può infatti prevenire gravi conseguenze non solo nel paziente ma anche in coloro che condividono lo scenario in cui è avvenuta la contaminazione da CO. L'impiego di uno strumento di semplice e rapido utilizzo quale il r_CO, a fronte di un costo minimo, si è rivelato (nel nostro studio) decisivo nel rafforzare la diagnosi clinica e il corretto approccio terapeutico del paziente intossicato da CO.

Bibliografia

1) Carré N, Chataigner D, Robert M et al. Intoxications par le monoxyde de carbone dans les appartements et les maisons équipés de Chaudière individuelle: des caractéristiques différentes pour une fréquence similaire en Ile-de-France, 2007-2010. Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire 2012; 48: 556-559.
2) Gambarana I, Fagiani A, Petrolini V. Metodologia di triage in corso di maxiemergenza da intossicazione da monossido di carbonio. Emergency Care Journal 2009; 4: 34-39.
3) Hampson NB, Weaver LK. Carbon monoxide poisoning: a new incidence for an old disease. Undersea Hyperbaric Medicine 2007; 34: 163-168.
4) Guzman JA. Carbone monoxide poisoning. Critical Care Clinic 2012; 537-548.
5) Bauer I, Pannen BH. Brench-to-badside review: Carbon monoxide-from mitochondrial poisoning to therapeutic use. Critical Care 2009; 13: 220.
6) Hess W. Affinity of oxygen for hemoglobin- its significance under physiological and pathological conditions. Anaesthesist 1987; 36: 455-469.
7) Omaye ST. Metabolic modulation of carbon monoxide toxicity. Toxicology 2002; 180: 139-150.
8) Weaver LK. Clinical practice. Carbon monoxide poisoning. New England Journal of Medicine 2009; 360: 1217-1225.
9) Petrolini V, Bigi S, Locatelli C, et al. Il monossido di carbonio: "killer silenzioso" e "grande imitatore". Emergency Care Journal 2008; 11: 20-25.
10) Thom SR, Taber RL, Mendiguren II et al. Delayed neuropsychologic sequelae after carbon monoxide poisoning: prevention by treatment with hyperbaric oxygen. Annals of Emergency Medicine 1995; 25: 474-480.
11) Weaver LK, Valentine KJ, Hopkins RO. Carbon monoxide poisoning: risk factors for cognitive sequelae and the role of hyperbaric oxygen. American Journal Respiratory Critical Care Medicine 2007; 176: 491-497x.
12) Risavi BL, Wadas Jr RJ, Thomas C et al. A novel method for continuous environmental surveillance for carbon monoxide exposure to protect emergency medical service providers and patients. The Journal of Emergency Medicine 2013; 44: 637-640.
13) Roth D, Krammel M, Schreiber W et al. Unrecognized carbon monoxide poisoning leads to a multiple casualty incident. The Journal of Emergency Medicine 2013; 45: 559-561.
14) Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for carbon monoxide. Regulations, advisories and guidelines. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, September 2009.
15) Sá MC, Rodrigues RP, Moura D. Carbon monoxide intoxications in Portugal. Acta Med Port. 2011; 24: 727-734.
16) Gomolka E, Gawlikowski T. Estimation of carbon monoxide poisonings frequency, based on carboxyhemoglobin determinations performed in Toxicology Laboratory in Krakow in years 2002-2010. Przegl Lek. 2011; 68: 413-416.
17) Karalliedde L, Keshishian C. Carbon monoxide poisoning. In: Baker D, Fielder R, Karalliedde L, Murray V, Parkinson N, editors. Essentials of Toxicology for Health Protection: A Handbook for Field Professionals. New York, NY, USA: Cambridge University Press 2008; 164-173.
18) Graber JM, Smith AE. Results from a state-based surveillance system for carbon monoxide poisoning. Public Health Rep 2007; 122: 145-154.
19) McCann LJ, Close R, Staines L et al. Indoor carbon monoxide: a case study in England for detection and interventions to reduce population exposure. J Environ Public Health 2013; 2013: 735952. doi:10.1155/2013/735952.

Corrispondenza: *Mario Raviolo, Direttore S.C. Maxiemergenza 118/Emergenza Sanitaria Territoriale 118 ASLCN1 Cuneo, Via Volontari del Soccorso, 2 - 12037 Saluzzo (Cuneo) Italy, E-mail: mario.raviolo@aslcn1.it*

G Ital Med Lav Erg 2015; 37:3, 170-175
ISSN 1592-7830

© PI-ME, Pavia 2015

Lucia Petrucci[1], Ettore Carlisi[1], Susanna Ricotti[1], Simona Zanellato[2], Catherine Klersy[3], Andrea M. D'Armini[4], Salvatore Nicolardi[5], Marco Morsolini[4], Mario Viganò[4], Elena Dalla Toffola[1-5]

Functional assessment and quality of life before and after pulmonary endoarterectomy

[1] Physical Medicine and Rehabilitation Unit, IRCCS Policlinico San Matteo Foundation, Pavia, University of Pavia, Italy
[2] Unit of Neurorehabilitation, IRCCS Salvatore Maugeri Foundation, Milan, Italy
[3] Service of Biometrics and Clinical Epidemiology, IRCCS Policlinico San Matteo Foundation, Pavia, Italy
[4] Unit of Cardiac Surgery, IRCCS Policlinico San Matteo Foundation, Pavia, University of Pavia, Italy
[5] Department of Surgical Sciences, University of Pavia, Italy

ABSTRACT. **Purpose:** ***The study investigates Quality of Life (QOL) and correlation with functional status of patients affected by Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension who undergo Pulmonary Endoarterectomy.*** **Methods:** ***We investigated with an observational design (before surgery, three and twelve months afterwards) the hemodynamic data (NYHA class, mean pulmonary arterial pressure, cardiac output and pulmonary vascular resistance), the functional status (using the 6-Minute Walk Test) and the QOL, using three questionnaires: Medical Outcome Study Short Form-36 (SF-36), Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ), Saint George Respiratory Questionnaire (SGRQ). We report the results of forty-nine patients.*** **Results:** ***After surgery there was an improvement on functional and hemodynamic parameters and on QOL. The physical domain (PCS) of SF-36 was weakly but significantly associated with all functional parameters. There was no association between functional parameters and mental domain (MCS) of SF-36 or SGRQ. The improvement in 6-Minute Walk Distance was associated with an increase in MLHFQ.*** **Conclusions:** ***Both QOL and submaximal exercise tolerance improve after surgery. However only the physical domains of SF-36 appear to be significantly associated to the functional data.***

Key words: *Quality of Life, pulmonary hypertension, rehabilitation, pulmonary endoarterectomy, Six Minute Walk Test.*

RIASSUNTO. ***Introduzione:*** **Questo studio si propone di indagare la qualità di vita (QOL) e lo stato funzionale, con le relative correlazioni, di pazienti affetti da ipertensione polmonare cronica tromboembolica sottoposti ad intervento di endoarteriectomia polmonare.** ***Materiali & metodi:*** **Mediante uno studio osservazionale sono stati raccolti i parametri relativi all'emodinamica (classe NYHA, pressione arteriosa polmonare media, gittata cardiaca, resistenze vascolari polmonari), allo stato funzionale (con l'esecuzione del test del cammino di 6 minuti o 6MWT) e alla qualità di vita di 49 pazienti. La qualità di vita è stata valutata attraverso tre questionari: il Medical Outcome Study Short Form-36 (SF-36), il Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ), il Saint George Respiratory Questionnaire (SGRQ). Tali dati sono stati rilevati prima del momento chirurgico e a distanza di tre e dodici mesi dopo l'intervento.** ***Risultati:*** **In seguito ad endoarteriectomia polmonare è stato riscontrato un miglioramento dei parametri emodinamici, funzionali e di QOL. Il dominio fisico dell'SF-36 (PCS) risulta significativamente associato, se pur in maniera debole, a tutti i parametri funzionali. Non risulta alcuna associazione tra i parametri funzionali e l'SGRQ né con il dominio mentale dell'SF-36 (MCS). Il miglioramento nella distanza percorsa al 6MWT è associato ad un incremento del punteggio totale ottenuto all'MLHFQ.** ***Conclusioni:*** **Dopo l'intervento chirurgico si è riscontrato un miglioramento sia della QOL che della tolleranza all'esercizio submassimale. Tuttavia solo il dominio fisico dell'SF-36 risulta essere associato in maniera statisticamente significativa ai dati relativi alla funzionalità.**

Parole chiave: Qualità di Vita, ipertensione polmonare, riabilitazione, endoarteriectomia polmonare, test del cammino di 6 minuti.

Introduction

Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension (CTEPH) is one of the most common form of pulmonary hypertension; its precise prevalence is not yet known: in the US, 0.1-0.5% of patients surviving acute pulmonary embolism are estimated to develop CTEPH (1, 2); on the other hand, it has been noted that 63% of patients with CTEPH have no previous clinical history of acute pulmonary embolism (3). CTEPH is characterized by chronic obstruction of pulmonary arteries by pulmonary emboli and by vascular remodelling in small blood vessels, similar to that observed in other forms of pulmonary hypertension. Both proximal obstruction of the pulmonary arteries and small-vessel arteriopathy lead to an increase in pulmonary vascular resistance with a mean pulmonary pressure (mPAP)>25mmHg, right ventricular overload, possible reduction of cardiac output and a reduction in oxygen saturation (2, 3). The most common symptoms in patients with CTEPH are progressive exertional dyspnea, reduced exercise tolerance (they tire easily and experience muscle weakness) and signs of right-heart failure which compromise functional status (3). Factors such as dyspnea, reduced physical functioning, social isolation, anxiety and depression determine a reduced Quality of Life (QOL). Pulmonary endoarterectomy (PEA), which was originally considered as a bridge to lung or heart-lung transplantation, is nowadays the treatment of choice for patients with CTEPH (1, 4, 5). Peri-operative mortality ranges from between 4,4% and 11% (3, 4). Current survival rates after PEA are 90.9% (6) after three years and 75% after six years (1, 5). Patients who do not undergo surgery have a median survival of 2-3 years after diagnosis (3). Moreover, in CTEPH, surgery (PEA) improves hemodynamic parameters and tolerance to exercise (3, 7). Reduced exercise tolerance is normally monitored by maximal exertion testing (cardiopulmonary test) and by submaximal testing like the 6-Minute Walk Test, which reproduces daily activities. For several years now, QOL has been considered crucial in assessing the effectiveness of various courses of treatment as well as a significant outcome in healthcare (8, 9). Since PEA reduces pulmonary artery pressure and improves symptoms (5, 8), QOL and functional status should show a marked improvement even in the early stages after

surgery. There are few studies on QOL in CTEPH (6-8) and to best of our knowledge there are no studies systematically assessing QOL before and after PEA and correlating it with functional outcome.

The aim of this observational longitudinal study was to investigate, over a 12 months follow-up, the quality of life in CTEPH patients undergoing PEA, and its correlation with functional parameters.

Materials and methods

Patients selection

From July 2003 to July 2006, our cooperation with the Cardiac Surgery Unit led to the consecutive observation of 65 adults who were diagnosed with CTEPH and indicated for PEA surgery. We assessed their functional capacity and quality of life in three different time periods: before surgery (in the week prior to surgery), three and twelve months afterwards. Inclusion criteria for this study were evaluation before surgery and PEA surgery. Sixteen patients were excluded because they did not have the evaluation before surgery. Forty-nine patients met inclusion criteria. Four patients (8%), two males and two females, died after the operation before the three-month follow-up assessment. Causes of death were: 1 cardiogenic shock, 1 case of multiorgan failure, 1 case of bleeding (hemoptysis), 1 case of bilateral pneumonia. These patients were older, with higher mPAP and lower cardiac output than the surviving population, but with similar BMI, 6-Minute Walk Distance and QOL before PEA. The study protocol was approved by the local Ethics Committee and was a part of a wide research project on QOL. Patients agreed to participate to the study.

Measures

Clinical assessment of functional capacity included: age, gender, BMI, NYHA functional classification, mean pulmonary arterial pressure (mPAP), cardiac output (CO), pulmonary vascular resistance (PVR) and the 6-Minute Walk Test (6MWT), performed using ATS guidelines (10). These parameters were recorded in the Cardiac Surgery clinical data-base. Heart rate and hemoglobin oxygen percent saturation were measured (albeit not recorded) continuously during the 6MWT using a battery-powered finger pulse oximeter (a 200gr 180x80x25mm ALPApulse2) attached to the patient's waist with a sensor worn on the forefinger of the left hand. The test was stopped whenever marked dyspnea or chest pain occurred, or, in the absence of symptoms, in the event of marked desaturation by pulse oximeter (a cut-off value of oxygen percent saturation <86 was considered for safety reasons) (11). To establish the patient's subjective perception of dyspnea, the Modified Borg Scale (12) were administered immediately before and after the 6MWT. Any pre-existing walking difficulty or need to discontinue the 6MWT for any reason were noted. Patients on oxygen therapy performed the 6MWT carrying the same oxygen canister with the same oxygen flow used by the patient when going about normal daily activities (10). We also quantified the distance walked as a percentage of predicted based on previous reports (13, 14), which studied the performance of healthy subjects during the 6MWT.

QOL assessment included three self-administered questionnaires (one generic and two specific): MOS 36-Item Short Form-36 (SF-36) (15, 16), Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ) (17), Saint George Respiratory Questionnaire (SGRQ) (18). The Italian version of these questionnaires had already been validated. The questionnaires were administered before the 6MWT.

Statistical analysis

Data were described as mean and standard deviation (SD) or median and interquartile range (IQR) if continuous and as counts and percent if categorical. A Student t test was used to compare QOL and distance at the 6MWT against the norm. GEE equations (with either gaussian or logit link) were used to assess changes over time of the measured functional and QOL parameters. Robust standard errors were computed. The association between changes at one year in the functional performance and changes in QOL was evaluated by means of the Pearson correlation, the Fisher exact test or the Mann Whitney U test for continuous or categorical variables or their combination. Stata 10 (StataCorp, College Station, TX, USA) was used for computation. All tests were 2-sided. A p-value<0.05 was considered statistically significant.

Results

The 49 patients included in the study had a mean age of 56 (±15 years), 27 were males (55%), 22 females (45%).

As shown in Table I, there was an improvement of all functional parameters over time, which was highest between the pre PEA and the third month follow-up, and remained stable up to 12 months. Particularly, at 3 months mPAP had dropped by 24mmHg (95% CI 21-27), CO had increased by 1.61 l/min (95% CI 1.25-1.97) (and by further 1.43 l/min thereafter), and PVR was reduced by 711 Dyn/s/cm^{-5} (95% CI 607-815). Before PEA, one patient did not perform the 6MWT as he was too weak to walk; two patients refused to perform the test three months after surgery and one at twelve-months follow-up. If patients need oxygen therapy, they performed 6MWT with this support (11 at pre PEA, 4 after three months, 2 after 12 months). The number of patients who had to interrupt the test decreased during the postoperative period: 23 patients at pre PEA (1 due to chest pain, 6 to dyspnea and 16 to desaturation), 10 patients at three and twelve months (1 due to dyspnea, 1 to fatigue, 8 to desaturation). As we introduced in a previous preliminary report (19), following surgery, a significant increase was recorded in the distance covered in the 6MWT (Table I). Before surgery, the difference in the distance actually walked and the expected

distance was 316 metres (44%) (95%CI 284-348); this difference dropped to 181 metres (69%) (95% CI 149-212) at the third month follow-up assessment (p<0.001) and remained unchanged at 12 months. Before surgery 24 (53%) patients perceived, at rest, dyspnea; under exertion the number of patients with dyspnea increased (43 patients-96%) and as did the intensity of the experienced dyspnea. Three months after PEA, 7 (16%) patients reported resting dyspnea, which increased to 29 (65%) after exercise. At 12 months, a slight increase in the number of patients complaining of dyspnea before and after the test was recorded (20% and 79%). Dyspnea measured using Modified Borg Scale was significantly lower before the 6MWT both at three (-0.5; 95% CI 0.1-0.9) and 12 months. Perception of dyspnea after the test was reduced at the three-month follow-up assessment (-2; 95% CI 1.3-2.6) and was maintained at twelve months (Table I).

One generic and two specific self-administered questionnaires were used to assess QOL. Before surgery 80% of patients filled in all the questionnaires and at three and twelve months 90% did so. The scores from the generic and specific questionnaires indicated a poor quality of life before surgery, which markedly improved during subsequent controls both in physical and mental domains (Table II).

SF-36

Before surgery the mean value of the Physical Component (PCS) was very low; considering the single domains, scores were particularly low for Physical Functioning (PF), Physical Role (RP) and General Health (GH), while Bodily Pain (BP) was closer to the normal mean value. At three- and twelve-months assessments scores increased, approaching near normal values for the healthy Italian population. The mental component score (MCS)

Table I. ***Variation overtime in functional and hemodynamic data***

PARAMETERS		P value	Time change p value Post-hoc comparison
6MWD (m)		<0.001	
pre-PEA	260 ± 128.7		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	404 ±106.1		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	389 ± 106.9		=0.227(12 months vs 3 months)
% pred (Δm, 95%)		<0.001	
Pre-PEA	44% [316 (95%CI284-348)]		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	69% [181 (95%CI149-212)]		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	69% [181 (95%CI149-212)]		=0.831 (12 months vs 3 months)
mPAP (mmHg)		<0.001	
pre-PEA	46.1 ±10.4		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	22.1 ± 9.6		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	22.3 ± 8.9		=0.856 (12 months vs 3 months)
CO (lt/min)		<0.001	
pre-PEA	3.54 ± 1.19		<0.001 (3months vs pre PEA)
3 months	5.22 ± 1.13		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	5.03 ± 1.11		=0.151(12 months vs 3 months)
PVR (Dyn/s/cm $^{-5}$)		<0.001	
pre-PEA	1008 ± 409		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	282 ± 164		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	301 ± 204		=0.443 (12 months vs 3months)
BORG dyspnea pre-6mwt		<0.001	
pre-PEA	0.86 ± 1.19		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	0.31 ± 0.82		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	0.23 ± 0.51		=0.373(12 months vs 3 months)
BORG dyspnea post-6mwt		<0.001	
pre-PEA	3.50 ± 1.90		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	1.53 ± 1.77		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	1.56 ± 1.46		=0.935 (12 months vs 3 months)
NYHA III-IV		<0.001	
pre-PEA	43 (89.5%)		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	2 (4.4%)		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	1 (2.1%)		=0.316 (12 months vs 3 months)
BMI (Kg/m^2)		<0.001	
Pre-PEA	24.71 ± 5.02		=0.537 (3 months vs pre PEA)
3 months	24.59 ± 4.58		<0.001 (12 months vs pre-PEA)
12 months	26.44 ± 5.56		<0.001 (12 months vs 3months)

6MWD = six minute walk distance; % pred = percentage of predicted walk distance; mPAP = mean pulmonary arterial pressure; CO = cardiac output; PVR = pulmonary vascular resistance; NYHA = New York Heart Association Class; BMI = body mass index.

Table II. ***Variation over time in QOL***

		P value	Time change p value Post hoc comparison
PCS (SF-36)		<0.001	
pre-PEA	32 ± 8		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	46 ± 8		<0.001 (12 months vs pre PEA)
12 months	48 ± 8		=0.091 (12 months vs 3 months)
MCS (SF-36)		<0.001	
pre-PEA	43 ±11		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	52 ±10		<0.001 (12 months vs pre PEA)
12 months	54 ±8		=0.261 (12 months vs 3 months)
MLHFQ score		<0.001	
pre-PEA	52 ± 21		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	21 ± 19		<0.001 (12 months vs pre PEA)
12 months	17 ± 17		=0.087 (12 months vs 3 months)
SGRQ Total		<0.001	
pre-PEA	53 ± 15		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	22 ± 16		<0.001 (12 months vs pre PEA)
12 months	19 ± 13		=0.072 (12 months vs 3 months)
SGRQ Symptom		<0.001	
pre-PEA	45 ± 16		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	30 ± 12		<0.001 (12 months vs pre PEA)
12 months	29 ± 13		=0.549 (12 months vs 3 months)
SGRQ Activity		<0.001	
pre-PEA	68 ± 16		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	30 ± 25		<0.001 (12 months vs pre PEA)
12 months	26 ± 23		=0.126 (12 months vs 3 months)
SGRQ Impact		<0.001	
pre-PEA	48 ± 19		<0.001 (3 months vs pre PEA)
3 months	16 ± 17		<0.001 (12 months vs pre PEA)
12 months	12 ± 12		=0.107 (12 months vs 3 months)

SF-36 = MOS 36-Item Short Form-36; PCS = Physical Component Summary; MCS = Mental Component Summary; MLHFQ = Minnesota living with heart failure Questionnaire; SGRQ = Saint George Respiratory Questionnaire.

and the corresponding single domain scores were all compromised before PEA. They increased at the three- and twelve-months assessments, reaching near normal values for the healthy Italian population. Particularly PCS significantly improved by 13.7 (95% CI 11.16-16.39) at three months and remained stable up to 12 months after surgery. The MCS score also showed a similar significant improvement at three (8.9; 95% CI 5.5-12.41) and twelve months (Table II).

Minnesota (MLHFQ)

Variation in MLHFQ scores over time (Table II) highlights an improved quality of life with a 31 points reduction in score at three months (95% CI 24-38), which was maintained at 12 months.

St George's

Scores were significantly reduced at three months, overall and for the single domains, denoting an improved quality of life. In particular, there was a 30 points reduction in the overall score at three months (95% IC 26-30). There was no substantial variation at 12 months.

The reduction in mean pulmonary arterial pressure values and vascular resistance significantly correlated with an improvement in the PCS component in the SF-36 (R from 30% to 52%) (Table III), as did the ability to exercise (metres walked in the 6MWT and its percentage value). On the contrary, no correlation was found between the mental component of the SF-36 and clinical and functional data. Scores on the Minnesota questionnaire correlated with the distance covered, but not with hemodynamic data. None of the components of the Saint George's questionnaire correlated with clinical and functional data. The extent of dyspnea (Borg Scale) perceived before the 6MWT correlated with the MCS component of the SF-36 as well as with scores recorded by the Minnesota questionnaire and all components in the St George's questionnaire. After performing the test, values on the Borg Scale only correlated with the components in the St George's questionnaire.

Discussion

The main results of this observational longitudinal study are an improvement of functional status and of QOL three and twelve months after PEA. Improvement in functional status is confirmed by a lower number of patients who required oxygen therapy during their daily activities

Table III. *Association of changes in functional performance and changes in QOL*

	SF-36 PCS	SF-36 MCS	MLHF	SGRQ total	SGRQ symptom	SGRQ activity	SGRQ impact
	R(95%IC)	R(95%IC)	R(95%IC)	R(95%IC)	R(95%IC)	R(95%IC)	R(95%IC)
Δ 6MWD meters	39% (6 to 64) p=0.012	15% (-19to 46) p=0.363	-54% (-74to-27) p=0.001	-30% (-57 to 24) p=0.072	-13% (-33 to 31) p=0.936	-17% (-47 to 15) p=0.198	-34% (-60 to -25) p=0.085
% Pred	36% (21 to 27) p=0.018	21% (-14to 52) p=0.187	-52% (-73to-24) p<0.001	-29% (-57 to 37) p=0.075	11% (-32 to 34) p=0.947	-13% (-44 to 21) p=0.408	-38% (-63 to -59) p=0.047
PAPm	-52% (-73to-23) p=0.001	14% (-19to 45) p=0.420	25% (-6 to 53) p=0.119	24% (-80 to 52) p=0.174	9% (-22 to 40) p=0.552	33% (12 to 58) p=0.024	11% (-21 to 41) p=0.546
CO	31% (-31to 58) p=0.126	-32% (-59to 17) p=0.091	-9% (-40to 24) p=0.660	-20% (-49 to 12) p=0.366	85% (-24 to 40) p=0.565	-20% (-49 to 13) p=0.253	-19% (-49 to 14) p=0.351
PVR	-40% (-65to-71) p=0.032	22% (-13to 52) p=0.281	21% (-12to 50) p=0.290	22% (-11 to 50) p=0.310	19% (-30 to 34) p=0.926	22% (-10 to 51) p=0.223	17% (-16 to 46) p=0.387
Borg pre	-21% (-51to 13) p=0.079	-59% (-77to-31) p=0.0000	42% (11 to 65) p=0.0013	52% (24 to 72) p=0.0000	27% (-5 to 55) p=0.052	36% (5 to 61) p=0.0004	47% (17 to 69) p=0.0000
Borg post	-23% (-53to 10) p=0.159	-33% (-60 to 0) p=0.092	32% (-0 to 58) p=0.086	51% (23 to 72) p=0.0006	41% (10 to 64) p=0.076	33% (1 to 59) p=0.015	43% (12 to 66) p=0.006

Δ 6MWD meters = ;% pred = percentage of predicted of walk distance; SF-36 = MOS 36-Item Short Form-36; PCS = Physical Component Summary; MCS = Mental Component Summary; MLHFQ = Minnesota living with heart failure Questionnaire; SGRQ = Saint George Respiratory Questionnaire; mPAP = mean pulmonary arterial pressure; CO = cardiac output; PVR = pulmonary vascular resistance.

(10% after 3 months, 5% after 12 months), percentage that is lower than which reported by Matsuda (75% after 1 year) (6) and Archibald (11% after 3 years) (8). In the recent literature, the 6MWT is proposed as a test to evaluate and monitor the outcome of a treatment even in thromboembolic pulmonary hypertension (6, 19-22). The increase in the distance walked by our patients after surgery is in agreement with the literature (6, 21, 22) and points to an improved exercise tolerance and good functional recovery; in our cohort we observed that the increase in distance walked is associated both with a reduced percentage of patients with dyspnea after test and with a lower level of perceived dyspnea.

Symptoms of pulmonary hypertension and the functional impairment that characterizes the disease worsen both the physical and emotional aspects of QOL (12). Most studies on QOL have been carried out on PAH patients as part of pharmacological trials (23-25). In patients with CTEPH after PEA, Archibald reports, in a retrospective study, an improvement of health status and quality of life (8) and Yoshimi observed an improved QOL in all components of the SF-36, which correlates with the reduced percentage of PVR, especially for PVR reduced by more than 50% (7). Before surgery, in our population, the physical component (PCS) as assessed by the SF-36, scored much lower than the normal expected values, overall and in all its domains (Physical Functioning, Role Function, General Health, Bodily Pain). As a fact, QOL is influenced by the patient's overall perception of his health status and by poor physical conditions involving a limited functional capacity. Moreover, health status has a negative impact on relationships with family and friends. This is shown by the fall in "vitality" as demonstrated by MCS, and all its domains in the SF-36 (Social Functioning, Mental Health, Vitality, Role Function-emotion related).

When considering correlation with functional parameters, we observed that the patients' perception of health is correlated, as regards PCS, with an improved hemodynamic picture and with an increase in the number of metres walked. An improvement in physical functioning has a positive influence on the patient's subjective perception of QOL. However, the changes in QOL are only partially explained by the changes in the functional parameters, as shown by the correlation coefficients, which, although statistically significant, never reach values higher than 60%. The emotional component also improves after PEA; however, the improvement does not correlate (according to our data) with hemodynamic and functional data (except for the level of dyspnea before performing the test). This may be explained by the difficulty in defining quality of life, by the emotional, psychological and behavioural implications that this involves and that may therefore not be included among objective categories. The improvement both in the total score and in the single domains of Saint George's Respiratory Questionnaire is significant after PEA, but the scores do not correlate with hemodynamic parameters.

However, the SGRQ correlates with values on the pre and post-6MWT Borg Scale, confirming that this questionnaire is specific for the impact of respiratory disease on QOL. Taichman also found abnormally high values on the SGRQ, both for the overall score and for the single domains, that do not correlate with hemodynamic parameters (24). We are in agreement with these authors in claiming that patients' overall functional status is of greater importance than actual hemodynamic values in determining QOL. Previous studies have used the MLHF Questionnaire in PAH (23, 25). Chua claims that the MLHF Questionnaire correlates with the 6MWT and with NYHA functional class, but not with hemodynamic parameters (25). In a multivariate analysis, Cenedese demonstrated that the overall score of the MLHFQ is the only factor able to predict outcome in PAH patients (23). Also in our study the MLHFQ pointed to a poorer quality of life before surgery. After PEA, the levels fall steadily (improved QOL) and are stable after 12 months. The Minnesota score correlates with the distance walked in the 6MWT and with the pre-6MWT on Borg Scale, while correlations with hemodynamic data are not significant. This result is in line with data in the literature.

Conclusion

The limit of this study includes not being able to use a disease specific questionnaire for Pulmonary Hypertension. A specific questionnaire has recently been implemented to assess QOL in PAH but we started to collect data for the present study in July 2003 (i.e. before publication of the aforesaid) (9). Moreover, to our knowledge, the Italian version has not yet been published. In conclusion PEA, above its ability to increase the hemodynamic performance, is able to induce an improvement of both the functional capacity and the QOL.

References

1) Fedullo PF, Auger WR, Kerr KM, Rubin LJ. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. N Engl J Med 2001; 345: 1465-72.
2) Thistlethwaite P A, Mo M, Madani MM, Deutsch R, Blanchard D, Kapelanski D, et al. Operative classification of thromboembolic disease determines outcome after pulmonary endarterectomy J Thorac Cardiovasc Surg. 2002; 124: 1203-11.
3) Hoeper MN, Mayer E, Simonneau G, Rubin L. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Circulation 2006; 113: 2011-2020.
4) Thistlethwaite P A, Kemp A, Du L, Madani MM, Jamieson SW.Outcomes of pulmonary endarterectomy for treatment of extreme thromboembolic pulmonary hypertension J Thorac Cardiovasc Surg. 2006; 1312: 307-13.
5) D'Armini A M, Zanotti G, Viganò M. Pulmonary endarterectomy: the treatment of choice for chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Ital Heart J 2005; 6: 861-8.
6) Matsuda H, Ogino H, Minatoya K, Sasaki H, Nakanishi N, Kyotani S, et al. Long-term recovery of exercise ability after pulmonary endarterectomy in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Ann Torach Surg 2006; 82: 1338-43.
7) Yoshimi S, Tanabe N, Masuda M, Sakao S, Uruma T, Shimizu H, et al. Survival and quality of life for patients with peripheral type chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Circ J 2008; 72: 958-65.
8) Archibald C J, Auger W R, Fedullo P F, Channick R N, Kerr K M, Jamieson S W, et al. Long-term outcome after pulmonary thromboendoarterectomy. Am J Respir Crit Care Med 1999; 160: 523-8.
9) Mckenna SP, Doughty N, Meads DM, Doward LC, Pepke-Zaba J.The Cambridge pulmonary hypertension outcome review (CAMPHOR): a measure of health related-QOL and QOL for patients with pulmonary hypertension. Quality of life Research. 2006; 15: 103-15.
10) American Thoracic Society. ATS Statement: Guidelines for the Six Minute Walk Test. Am J Respir Crit Care Med 2002; 166(1): 256-70.
11) Paciocco G, Martinez FJ, Bossone E, Pielsticker E, Gillespie B, Rubenfire M. Oxygen desaturation on the six-minute walk test and mortality in untreated primary pulmonary hypertension. Eur Respir J 2001; 17: 647-52.
12) Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc 1982; 14(5): 377-81.
13) Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Six minute walking distance in healthy elderly subjects. Eur Respir J 1999; 14: 270-4.
14) Enright P, Sherryl DL. Reference equations for the 6mWT in healthy adults. Am J Respir Crit Care Med 1998; 158: 1384-7.
15) Apolone G, Mosconi P. The Italian SF-36 Health Survey: translation, validation and norming. J Clin Epidemiol 1998; 51: 1025-36.
16) Ware JE, Kosindki M. SF-36 physical & mental health summary scales: a manual for users of version 1, Second Edition. Qualimetric, Inc. Lincoln, Rhode Island, 2001.
17) Rector TS, Cohn JN. Pimobendan Multicenter Research Group. Assessment of patient outcome with the Minnesota Living with Heart Failure questionnaire: reliability and validity during a randomised, double-blind, placebo-controlled trial of pimobendan. Am Heart J 1992; 124: 1017-25.
18) Carone M, Bertolotti G, Anchisi F, Spagnolatti L, Zotti AM, Jones PW et al. Il St George's Respiratory Questionnaire: la versione italiana. Rassegna di Patologia dell'Apparato Respiratorio 1999; 14: 31-7.
19) Petrucci L, Carlisi E, Ricotti S, Klersy C, D'Armini AM, Viganò M. et al. Pulmonary Endarterectomy in Chronic Thrombo-Embolic Pulmonary Hypertension: Short-Term Functional Assessment In A Longitudinal Study. Eur Medicophys 2007; 43(2): 147-53.
20) Oudiz RJ, Barst RJ, Hansen JE, Sun XG, Garofano R, Wu X. et al. Cardiopulmonary exercise testing and six-minute walk correlations in pulmonary arterial hypertension. Am J Cardiol 2006; 997: 123-6.
21) Reesink HJ, Van der Plas MN, Verhey NE, Van Steenwijk RP, Kloek JJ, Bresser P. Six-minute walk distance as parameter of functional outcome after pulmonary endarterectomy for chronic pulmonary hypertension. Thorac Cardiovasc Surg. 2007; 133: 510-6.
22) Suntharalingam J,Goldsmith K, Toshner M, Doughty N, Sheares KK, Hughes R. Role of NT-proBNP and 6mWD in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Respir Med 2007 doi: 10.1016/j.rmed.2007.06.027.
23) Cenedese E, Speich R, Dorschner L, Ulrich S, Maggiorini M, Jenni R. et al. Measurement of QOL in Pulmonary hypertension and its significance. Eur Respir J 2006; 28: 808-15.
24) Taichman DB, Shin J, Hud L, Archer-Chicko C, Kaplan S, Sager JS, Gallop R, Christie J, Hansen-Flaschen J, Palevsky H. Health-related quality of life in patients with pulmonary arterial hypertension. Respiratory Research 2005; 6: 92.
25) Chua R, Keogh M, Byth K, O' Loughlin A. Comparison and validation of three measures of quality of life in patients with pulmonary hypertension. Internal Medicine Journal 2006; 36: 705-710.

Correspondence: *Ettore Carlisi MD, Physical Medicine and Rehabilitation Unit, IRCCS Policlinico San Matteo Foundation, V.le C. Golgi 19, 27100 Pavia, Italy - Tel. 0039 0382-502828, Fax 0039 382-502075 - E-mail: e.carlisi@smatteo.pv.it*

G Ital Med Lav Erg 2015; 37:3, 176-183
ISSN 1592-7830

© PI-ME, Pavia 2015

Luca Giovampietro, Alessandro Mingarelli, Maria Casagrande

Rendimento economico e benessere negli operatori telefonici di un call center

Dipartimento di Psicologia - Università di Roma "Sapienza", Roma

RIASSUNTO. ***Introduzione*****. Alcune ricerche evidenziano che nei lavoratori il benessere è associato a una migliore prestazione lavorativa, ma non è chiaro quanto il rendimento economico influenzi il benessere psicologico. L'obiettivo di questo studio è analizzare la relazione tra rendimento economico e benessere degli operatori telefonici all'interno di un call center.** ***Metodo*****. A 49 operatori telefonici impegnati nella vendita di carte di credito, sono state valutate le seguenti dimensioni: Benessere, Alessitimia, Coping, Sintomi Psicopatologici e Rendimento Economico Autodichiarato.** ***Risultati*****. I risultati hanno evidenziato che i lavoratori con un minore Rendimento Economico presentano minori livelli di autoaccettazione e di relazioni interpersonali positive e una maggiore Sintomatologia Psicopatologica.** ***Conclusioni*****. Nonostante i risultati siano preliminari, dato il numero limitato di partecipanti, indicano che un rendimento economico basso è associato a un minore benessere psicologico degli operatori che si riflette in una scarsa autoaccettazione, in minori relazioni interpersonali positive, nella presenza di distress e manifestazioni sintomatologiche.**

Parole chiave: benessere, call center, rendimento economico, sintomatologia psicopatologica.

ABSTRACT. ***Economic performance and well being in call center operators.*** **Introduction.** ***Many studies highlight that workers showing high well-being prove high job performance, but it is unknown whether economic performance affects psychological well-being. This study is aimed to analyze the relationships between economic performance and well-being in call center operators.*** **Method.** ***Forty-nine telephone operators, engaged in the sale of credit cards, were required to fill in questionnaires assessing the following dimensions: Well-being, Alexithymia, Coping, Psychopathological symptoms, and Self-declared Economic performance.*** **Results.** ***Results show that workers with low Economic performance have moderate levels of Self-Acceptance and Positive Interpersonal Relationships and high levels of Psychopathological Symptoms.*** **Conclusions.** ***Though these results are preliminary, given the limited number of participants, they indicate that a low economic performance is associated with a reduced psychological well-being of operators, which is reflected in poor self-acceptance, in lower positive interpersonal relationships, in the presence of distress and psychological symptoms.***

Key words: *well-being, call center, economic yield, psychopathological symptoms.*

Introduzione

Negli ultimi decenni la psicologia e l'economia sono state partecipi di un comune interesse centrato sulla ricerca delle determinanti del benessere (1; 2; 3; 4; 5; 6). Due sono state le prospettive dominanti: edonica (3) ed eudaimonica (7). La *prospettiva edonica* ha cercato di definire ciò che rende piacevoli o spiacevoli le esperienze di vita sia sul piano fisico/economico (8), sia su quello mentale (9). I principali risultati hanno indicato che tra questi due aspetti non vi è una correlazione lineare; infatti, Kahneman (3) ha confermato il paradosso di Easterlin (2), evidenziando che a un incremento del benessere economico, la felicità aumenta solo fino a un punto critico, oltre il quale diminuisce, seguendo una curva a "U" rovesciata. Secondo la *prospettiva eudaimonica*, al contrario, il benessere dipenderebbe dalla congruenza tra condotte di vita e valori individuali, solo tale coerenza assicurerebbe una piena integrazione mente-corpo (10). Dunque, la felicità sarebbe caratterizzata da comportamenti e sensazioni di autenticità e benessere, che ottimizzerebbero le prestazioni (11). In linea con tale posizione, molti studi hanno valutato la relazione tra benessere e prestazione lavorativa (12). Generalmente si osserva una correlazione positiva tra benessere e qualità della prestazione lavorativa (13; 14) e tra felicità e produttività (16). Un punto critico è rappresentato dal fatto che tali relazioni sono modulate da numerose variabili. Una di queste è l'età. Gli studi che hanno valutato le relazioni tra età e prestazione lavorativa hanno riportato risultati contrastanti, evidenziando una relazione positiva (17), negativa (18), o nessuna relazione (19-22). Tali incongruenze possono in parte dipendere dalla correlazione positiva tra età e reddito (23). Inoltre, sia la prestazione lavorativa (17) sia il reddito (24) sono correlati positivamente con il titolo di studio. Altri autori hanno valutato il rapporto tra prestazione lavorativa e tratti psicologici. In particolare, si è considerato il benessere psicologico, secondo il modello di Carol Ryff (25), che individua sei dimensioni fondamentali: autoaccettazione, relazioni interpersonali positive, autonomia, controllo ambientale, crescita personale e scopo nella vita (25). Queste dimensioni correlano positivamente con l'ottimismo (26), che a sua volta correla con le prestazioni lavorative (26). Altri studi hanno considerato le strategie (coping) utilizzate dai lavoratori per fronteggiare le situa-

For these reasons we believe that the experience of living together in a boat and participating in daily tasks, represented a favorable and effective setting to learn about team-building and practice it. In fact, all participants agreed that living together in the boat allowed for self-expression, promoted mutual acquaintances, and positively affected enthusiasm, motivation and a sense of belonging. Equally, they emphasized the need for identification marks, to neutralize the sense of loneliness and show that being together one can share the same values, identify better role definitions, tasks identification, and activities planning, the three most critical areas for improving the performance of a system.

Whereas the direct influence of the project on the number of donations might be difficult to be assessed, the increase in organ and tissue donations in the 2011, after several years of negative growth and the worst performance during 2009 and 2010 years, seems to show this effect. We can hypothesize that the communication of the project, the rumors around it, and the report of the experienced issues that participants gave to their colleagues, possibly influenced the personal commitment and the overall output of the network, pushing up the annual number of donations or stabilizing its fluctuation.

Although a small part of the personnel involved in the coordination of organ and tissue donation take part in the project, participants conveyed the contents of the project and the acquired working style through the daily relations inside their institution, and with other workers in the organization, with positive influence on it. This fact indicates that a renewal of professional commitment in terms of mission, passion, goals, may significantly influence the quality of the job or service being provided.

Despite of the encouraging outcomes on performance, the evaluation of psychological and physical wellbeing of participants demonstrated the presence of stress, anxiety and depression symptoms, and personal exhaustion in terms of burnout.

Compared with the results on burnout found by Tabolli and colleagues in an Italian population of healthcare workers (30), in the present study we showed lower baseline mean values for all the MBI-HSS subscales, and a reduction of the mean scores after the project. On this respect, we could hypothesize that the high job satisfaction acknowledged by the large majority of participants, boosts the capability to cope with the role and to maintain a reliable and effective behavior, despite of the psychophysical demanding tasks due to facing with organ or tissue donation requests or retrievals.

Far from thinking that such project could positively affect in a short term the psychological exhaustion or distress, our data confirms the findings of other authors (31) that organ and tissue procurement activity has meaningful impacts on personal feelings and on health status. Since burnout represents an adaptation response to significant and long-standing stressful working conditions, the results from our study highlight the requirement to help donation coordinators, and all the operators in the network of the donation process, to maintain good mental health and low levels of distress to prevent negative influences on the quality of relationships and on the effort in conducting daily activities.

In conclusion, it appears that the personnel involved in the network of organ and tissue donation in the Veneto Region express high level of job satisfaction, but stress and burnout as well, although few cases. These findings, suggest the need for such organization to appropriately remove stressors and enhance work environments, either from physical or psychological point of view, in order to prevent burnout. The adoption of identification marks to better define role, tasks, and activities, as recommended by participants, will promote a further stronger sense of confidence and accomplishment. Continuing education and advanced learning strategies could be successful ways of achieving this.

Aknowledgements

The authors gratefully acknowledge the contribution of all the staff and volunteers in hospitals across the Veneto Region involved in organ and tissue procurement, and the free and conscious "gift" that comes from donors and their next-of-kin, because what we do is simply a conduit from the donor and their family to the surgeon and their recipients.

A special thank you to Gary L. A. Jones and Margherita Ficotto for the thorough revision of the manuscript.

References

1) Blumenthal PA. "It's not a job; it's a lifestyle": the experience of being a donation coordinator. Prog Transplant 2007; 17(1): 8-22.
2) Gimbel RW, Strosberg MA, Lehrman SE. Cultural analysis of an organ procurement organization. Prog Transplant 2001 Dec; 11(4): 249-254.
3) National Italian Transplant Centre (Centro Nazionale Trapianti - CNT). Official statistics on tissue transplantation activity. http: //www.trapianti.ministerosalute.it/cnt/ Last access: January 2013.
4) The Veneto Region Transplant System (Sistema Regionale Trapianti - SRT). Official statistics on organ procurement and transplantation. http: //www.srtveneto.it/ Last access: January 2013.
5) European Registry for Organs, Tissues and Cells (EUROCET) Newsletter 2012. http: //www.eurocet.org/. Last access: January 2013.
6) Dekaris I, Hjortdal J, Jones G.L.A., Gareiss-Lok A. European Eye Bank Association (EEBA) Directory 21st Edition, January 2013.
7) Matesanz R, Marazuela R, Domínguez-Gil B, Coll E, Mahillo B, de la Rosa G. The 40 donors per million population plan: an action plan for improvement of organ donation and transplantation in Spain. Transplant Proc 2009; 41(8): 3453-3456.
8) Matesanz R, Domínguez-Gil B, Coll E, de la Rosa G, Marazuela R. Spanish experience as a leading country: what kind of measures were taken? Transpl Int 2011; 24(4): 333-343.
9) Rudge CJ, Buggins E. How to increase organ donation: does opting out have a role? Transplantation 2012; 93(2): 141-144.
10) The Veneto Eye Bank Foundation (Fondazione Banca degli Occhi del Veneto - FBOV), Statistical Report 2012. http://www.fbov.org/. Last access: January 2013.
11) The Treviso Tissue Bank Foundation (Banca Tessuti di Treviso) http://www.fbtv-treviso.org/. Last access: January 2013.
12) Baldinazzo S. Coping with relatives during end-of-life decisions. Eur J Anaesthesiol Suppl 2008; 42: 164-166.
13) Dodd-McCue D, Tartaglia A, Myer K, Kuthy S, Faulkner K. Unintended consequences: the impact of protocol change on critical care nurses' perceptions of stress. Prog Transplant 2004; 14(1): 61-67.
14) Schaufeli WB, Leiter MP, Maslach C. Burnout: 35 years of research and practice. Career Develop Int 2009; 14(3): 204-220.
15) Pugliese MR, Degli Esposti D, Venturoli N, Mazzetti Gaito P, Dormi A, Ghirardini A, Nanni Costa A, Ridolfi L. Hospital attitude survey on organ donation in the Emilia Romagna region, Italy. Transpl Int 2001; 14(6): 411-419.

16) Regehr C, Kjerulf M, Popova SR, Baker AJ. Trauma and tribulation: the experiences and attitudes of operating room nurses working with organ donors. J Clin Nurs 2004; 13(4): 430-437.
17) Trabucco G, Verlato G, Fontana L, et al. La disponibilità degli operatori sanitari a donare gli organi: influenza delle conoscenze e delle opinioni. (Willingness of health care professionals to donate organs: influence of knowledge and opinions). Psicologia della salute 2004; 2: 1-10.
18) van Wyk BE, Pillay-Van Wyk V. Preventive staff-support interventions for health workers. Cochrane Database Syst Rev 2010; 17(3): CD003541.
19) Ruotsalainen J, Serra C, Marine A, Verbeek J. Systematic review of interventions for reducing occupational stress in health care workers. Scand J Work Environ Health 2008; 34(3): 169-78.
20) Marine A, Ruotsalainen J, Serra C, Verbeek J. Preventing occupational stress in healthcare workers. Cochrane Database Syst Rev 2006 Oct 18; (4): CD002892.
21) Lerner S, Magrane D, Friedman E. Teaching teamwork in medical education. Mt Sinai J Med 2009; 76(4): 318-329.
22) The Tender to Nave Italia Foundation http: //www.naveitalia.org/. Last access: January 2013.
23) Goldberg D, Williams P. A user's guide to the General Health Questionnaire, 1st edn. NFER-Nelson, Windsor, UK, 1998.
24) Maslach C, Jackson SE. Burnout Inventory-Human Services Survey (MBI-HSS). In: Maslach C, Jackson SE, Leiter MP, eds. MBI Manual, 3rd edn. CPP, Mountain View, CA, 1981, 1996.
25) Pedrabissi L, Santinello M. Quando la socializzazione lavorativa fallisce: lo sviluppo del burnout nei primi sei mesi di lavoro. Risorsa Uomo 1993; 2: 59-82.
26) Maslach C, Jackson S. Maslach Burnout Inventory. Manuale, 1st edition. Organizzazioni Speciali, Firenze 1993.
27) Brusaferro S, Agnoletto AP, Gubian F, Balestrieri M. Use of the Maslach Burnout Inventory to support Health Care Workers management in hospital. J Prev Med Hyg 2000; 41: 18-23.
28) Avallone F, Paplomatas A. Salute Organizzativa. Psicologia del Benessere nei contesti lavorativi. Milano. Raffaello Cortina Editore, 2005.
29) Trabucco G, Procaccio F, Marcanti M. Non-technical skills in organ procurement: a preliminary approach to communicative and emotional problems in the Intensive Care Unit. Organs, Tissues and Cells 2008; 3: 197-204.
30) Tabolli S, Ianni A, Renzi C, Di Pietro C, Puddu P. Soddisfazione lavorativa, burnout e stress del personale infermieristico: indagine in due ospedali di Roma. G Ital Med Lav Erg 2006; 28: 1, Suppl Psicol 1, 49-52.
31) Harmanci AK, Çakiroglu A, Kemaloglu B, Kahveci E, Bozoklar A. Burnout syndrome in organ transplantation coordinators in Turkey. Organs Tissues & Cells 2013; 16: 59-63.

Correspondence: *Diego Ponzin, MD, Fondazione Banca degli Occhi del Veneto - ONLUS, Via Paccagnella, 11 - 30174 Venezia, Italy, Tel.: +39 041 9656400, fax: +39 041 9656401, E-mail: diego.ponzin@fbov.it*

G Ital Med Lav Erg 2015; 37:3, 191-196
ISSN 1592-7830
© PI-ME, Pavia 2015

Stefania Spada[1], Lidia Ghibaudo[1], Fabrizio Sessa[1], Luca Varetto[5], Maria Pia Cavatorta[4], Alessandro Baracco[5], Maurizio Coggiola[5], Canzio Romano[5]

Lo Human Model, uno strumento per la valutazione ergonomica preventiva dell'aspetto posturale

[1] Fiat Group Automobiles, Manufacturing Engineering - Ergonomics, Torino
[2] Fiat Group Automobiles, Manufacturing Engineering Southern Italy, Pomigliano d'Arco (NA)
[3] Iveco SpA, Global Manufacturing - Manufacturing Engineering - Work Analysis, Torino
[4] Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale, Politecnico di Torino
[5] A.O.U. Città della Salute e della Scienza di Torino - Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche dell'Università di Torino

RIASSUNTO. Il Decreto legislativo 81/08 richiede al datore di lavoro di progettare sistemi, metodi e strumenti di lavoro rispettando i principi ergonomici. Pertanto, risulta opportuno ed efficace utilizzare già in fase di progettazione strumenti di simulazione, in modo da verificare se l'insieme progettuale abbia le caratteristiche ergonomiche definite dalle normative vigenti. Lo strumento presentato in questo lavoro, una volta introdotto il genere e il percentile antropometrico dell'operatore, ne simula le posture assumibili durante l'esecuzione della mansione lavorativa. Lo strumento può esser utilizzato anche in fase di riprogettazione.

Parole chiave: simulazione, progettazione, ergonomia, posture, prevenzione, WMSDs.

ABSTRACT. D.Lgs. 81/08 requires the employer to design work systems, methods and tools in accordance to the ergonomic principles. In order to check the compliance of the design with current regulation, it is appropriate and effective to make use of simulation tools since the design phase. The paper describes a tool based on multi body approach. Once the gender and the anthropometric percentile of the worker have been specified, the tool simulates the postures that the worker is likely to assume during the execution of the work task. The tool can be used in the design as well as in the re-design phase, taking into account the different percentile of workers for a proper accommodation of the same.

Key words: *simulation, design phase, ergonomics, postures, WMSDs.*

Introduzione

La tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori è uno degli elementi centrali della progettazione dei sistemi di produzione. A questo proposito il D.Lgs. 81/2008, prescrivendo all'art. 15 le "Misure generali di tutela", afferma (alla lettera *d)* del primo comma) che il datore di lavoro deve assicurare "il rispetto dei principi ergonomici nell'organizzazione del lavoro, nella concezione dei posti di lavoro, nella scelta delle attrezzature e nella definizione dei metodi di lavoro e produzione, in particolare al fine di ridurre gli effetti sulla salute del lavoro monotono e di quello ripetitivo". In altri termini, il legislatore italiano richiede al datore di lavoro e, di riflesso, a chi su suo incarico progetta i sistemi di lavoro, di adottare metodologie e strumenti idonei a garantire che il lavoratore, nel momento in cui si troverà a svolgere concretamente la propria attività nel posto di lavoro, possa operare costantemente in condizioni ergonomicamente corrette.

Si tratta di un obiettivo estremamente impegnativo in quanto, seguendo ad esempio i principi enunciati dalla norma UNI EN ISO 6385, è necessario che il progettista sappia realizzare un binomio lavoratore-lavoro tale per cui vengano costantemente rispettate le capacità e le necessità di tutti gli addetti al posto di lavoro progettato. A questo fine risulta molto più conveniente – non solo dal punto di vista procedurale, ma anche da quello economico – utilizzare già in fase di progettazione strumenti robusti, in grado di consentire sia la progettazione di condizioni operative ergonomicamente corrette, sia di verificare costantemente, man mano che il progetto si evolve e cresce in complessità, che l'insieme progettuale mantenga le caratteristiche ergonomiche, sperimentando in virtuale l'efficacia di diverse soluzioni costruttive. È, d'altra parte, auspicabile che un simile strumento sia sufficientemente evoluto da poter essere utilizzato anche quando il progettista sia chiamato ad operare su postazioni di lavoro già esistenti, di cui si vogliono correggere le disergonomie: in tal modo è possibile realizzare percorsi di miglioramento delle condizioni di lavoro contemporaneamente rispettose del principio della massima efficacia e del bilancio costi-benefici.

In questo studio viene presentato uno strumento, denominato Human Model, che ha dimostrato di possedere caratteristiche idonee a rispondere alle esigenze sia dell'ergonomia progettuale, sia dell'ergonomia correttiva e che sembra rispondere alle domande recentemente poste dalla comunità scientifica rispetto alla efficacia preventiva dell'uso di strumenti virtuali in ambito progettuale (Savin 2012).

Materiali e metodi

Lo Human Model è uno strumento di simulazione per l'ergonomia fisica che supporta l'analisi ergonomica in fase di progettazione o riprogettazione delle postazioni di lavoro sia su linea di montaggio, sia individuali. Lo strumento si basa su un foglio elettronico realizzato in ambiente Microsoft Excel con il supporto del linguaggio di programmazione Visual Basic e risulta, pertanto, integrabile con altri programmi realizzati nello stesso ambiente. Questa scelta consente un'ampia diffusione dello strumento anche in realtà produttive di piccole dimensioni e, quindi, non in grado di acquistare strumenti progettuali complessi e costosi o che richiedono il supporto di strumenti ICT dedicati.

Il foglio di lavoro consente di movimentare un manichino virtuale 3D e dispone di funzionalità per la stima dei parametri posturali di un operatore in una postazione di lavoro.

Lo strumento si basa sulla modellazione *Multi Body* che ha l'obiettivo di studiare sistemi costituiti da più corpi collegati tra loro. La struttura del manichino, infatti, è una catena cinematica aperta costituita da segmenti rigidi (segmenti corporei), uniti da giunti caratterizzati da più gradi di libertà (articolazioni).

Il nodo principale, detto radice, è il nodo del bacino, tutti gli altri nodi sono nodi figli. Questo vuol dire che la rotazione imposta ad un nodo a monte si ripercuote su tutti i nodi a valle e, quindi, anche sui segmenti che li uniscono. Pertanto, le configurazioni assunte dagli arti superiori non influiscono sugli arti inferiori e viceversa.

Ogni nodo è caratterizzato da uno o più gradi di libertà: il bacino e la spalla sono rappresentati da giunti sferici e presentano 3 gradi di libertà, il gomito presenta 1 grado di libertà; ginocchio e caviglia non hanno gradi di libertà controllabili dall'utente.

I range articolari attualmente implementati nello Human Model provengono dalla letteratura: l'ampiezza massima è relativa al singolo giunto articolare (tabella I), pertanto non tiene conto dell'interazione tra i range articolari dei vari giunti.

Tabella I. ***Range articolari implementati nello strumento***

	MIN	MAX
Piegamento sagittale tronco	−30	70
Rotazione tronco	−35	60
Piegamento laterale tronco	−40	40
Gomito	0	175
Angolo braccio spalla	−35	190
Rotazione braccio	−30	138

Lo strumento è stato sviluppato facendo riferimento ai principi delle norme EN 1005-4 e ISO 11226, che non riportano valori limiti per la movimentazione del gomito, ma chiedono che siano evitate le posizioni estreme del giunto articolare. Pertanto, non viene data una codifica semaforica dell'angolo assunto da tale giunto.

Per la postura, lo strumento prevede la possibilità di selezionare alcune configurazioni degli arti inferiori: seduto, accovacciato, eretto.

All'utente viene richiesto di inserire in ingresso al foglio di lavoro il genere ed il percentile antropometrico dell'operatore di riferimento, nonché le quote di lavoro. Il foglio di calcolo restituisce in uscita gli angoli assunti dai giunti del manichino 3D (figura 1) e la rappresentazione grafica della postura su tre viste (frontale, laterale e dall'alto).

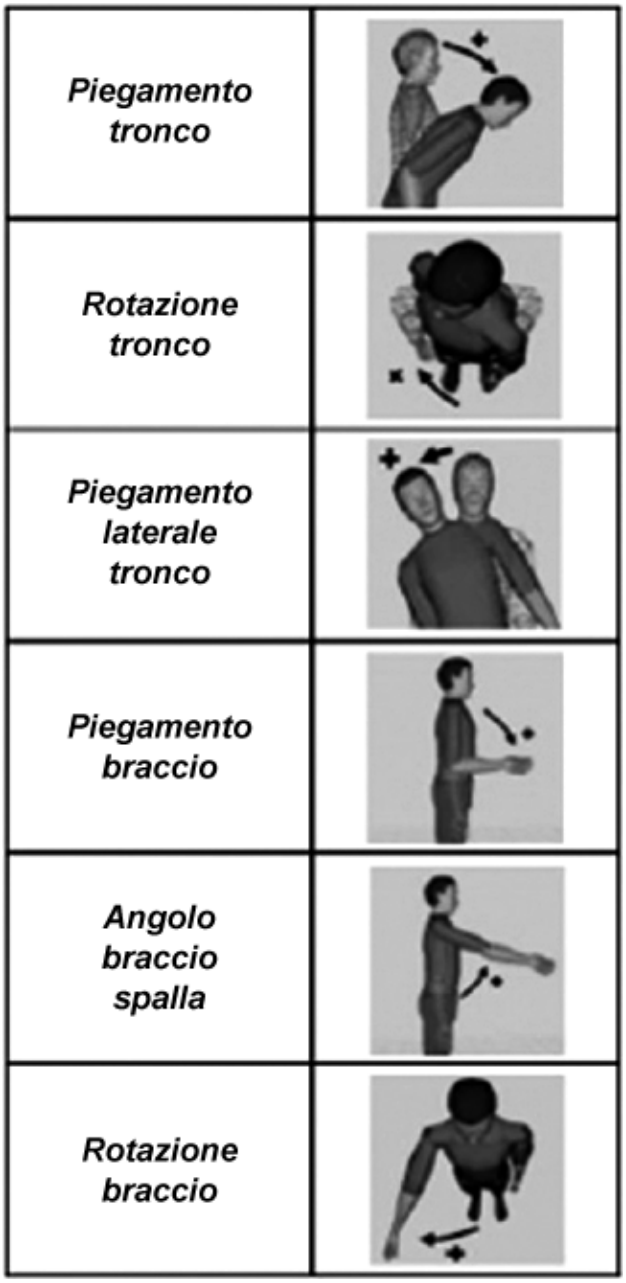


Figura 1. ***Angoli considerati dallo strumento***

L'utente può scegliere tra due approcci distinti di utilizzo:

1. Cinematica diretta: agendo direttamente con il cursore sui singoli giunti articolari, si dispone il manichino nella postura necessaria a raggiungere il punto di lavoro. Pertanto, lo strumento funziona sostanzialmente da goniometro, calcolando gli angoli assunti da ogni giunto per l'assunzione della postura desiderata.
2. Cinematica inversa: vengono inseriti nel foglio di lavoro i vincoli presenti nella postazione di lavoro (ostacoli, spazio di movimento ristretto, configurazioni degli arti inferiori….): il software in automatico posiziona il manichino nella postura necessaria a raggiungere il punto di lavoro. Pertanto, lo strumento calcola la postura più verosimile assunta dal manichino per raggiungere un determinato punto di lavoro e restituisce, come per la cinematica diretta, i valori degli angoli assunti da ogni giunto.

Per rendere lo strumento di facile e veloce utilizzo per il progettista, il manichino è stato realizzato soltanto con un braccio da movimentare: il braccio destro, inteso come "braccio di carico", dominante.

Inoltre, alcuni gradi di libertà potenzialmente importanti, come quelli della mano, non sono stati rappresentati: la mano è infatti rappresentata da un punto, realizzato in corrispondenza della linea di presa situata a circa metà del palmo.

Il manichino virtuale può dunque effettuare gran parte dei movimenti che l'operatore svolge durante le operazioni lavorative. L'obiettivo principale è di verificare già in fase di progettazione che il compito lavorativo non richieda di assumere posture incongrue.

Il valore degli angoli soglia dei segmenti corporei e la relativa valutazione semaforica sono coerenti con i valori riportati nella norma ISO 11226.

Volendo essere uno strumento di screening, l'indicazione sugli angoli assunti dai segmenti corporei non è legata al tempo di mantenimento della postura; ciò vuol dire che lo strumento segnala la presenza di posture incongrue anche se assunte istantaneamente.

Lo strumento risulta, quindi, utile nella progettazione di nuove postazioni, nonché nell'identificare i percentili per i quali un'operazione già pianificata non determina l'assunzione di posture incongrue. Questo tipo di analisi, suggerita da molti autori (2, 3, 4), può esser di supporto anche nella suddivisione dei compiti lavorativi.

Lo strumento consente all'utilizzatore di scegliere altri percentili indicati in letteratura per la progettazione per estremi (1°, 5°, 95° e 99° percentile), oltre al 75° percentile, indicato da alcuni Autori come misura più realistica del lavoratore medio (1).

Nella fase osservazionale, necessaria per verificare le indicazioni dello Human Model e l'effettiva criticità degli angoli assunti dai giunti articolari, la valutazione ergonomica della postazione di lavoro è stata eseguita con un metodo di screening a corpo intero.

Considerando l'importanza dell'aspetto posturale nell'analisi è stato scelto come strumento di *risk assessment* uno strumento che valuta il corpo in maniera globale, la Checklist di Torino (CdT), messa a punto dal Settore di Ergonomia del Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche dell'Università di Torino. La Checklist di Torino è un metodo utile per un'analisi preliminare del rischio: il suo risultato semaforico suggerisce se proseguire la valutazione con metodi di livello I o II. Per una descrizione più dettagliata del metodo si rimanda a Baracco 2005 (5). Qui viene brevemente ricordato che la checklist è suddivisa in quattro sezioni (rachide cervicale, rachide dorso lombare, arti superiori ed arti inferiori) e fornisce un'indicazione generale sul rischio del corpo intero.

Caso studio e analisi dei risultati

Lo Human Model e la CdT sono stati utilizzati nella fase di riprogettazione di una postazione di lavoro in un'industria automobilistica che doveva essere adattata per una nuova produzione. La fase iniziale di analisi prevedeva l'utilizzo della postazione di lavoro preesistente senza modifiche di layout. L'analisi dettagliata delle attività degli operatori, con tale layout, ha evidenziato come rischio di maggiore entità il fattore posture. In questo contesto, pertanto, l'utilizzo dello Human Model e della CdT risulta di particolare interesse nella riprogettazione della postazione.

Al termine della task analysis sono state identificate sei mansioni da svolgere nella postazione di lavoro riadattata: per brevità, viene qui illustrata la sola attività di montaggio del "poggia piede laterale" sulla vettura.

Sono state, innanzitutto, individuate le quote di lavoro: 300 mm in altezza (asse z) e 500 mm in distanza frontale (asse y) che l'operatore doveva raggiungere durante l'esecuzione della attività di montaggio del poggia piede laterale con il layout iniziale.

La postazione di lavoro originaria permetteva l'esecuzione del montaggio del poggia piede laterale sulla vettura unicamente con vettura a terra. Il poggia piede laterale veniva montato sul veicolo con avvitatura manuale. L'operazione richiedeva precisione per il collocamento delle viti: per analogia con una mansione simile, si è ipotizzata come probabile l'assunzione della postura accovacciata/inginocchiata da parte dell'operatore in quanto permette all'operatore maggiore equilibrio, stabilità e padronanza dell'attività manuale.

Le quote misurate ed il punto di lavoro relativi alla mansione sono stati introdotti come input nel foglio di lavoro dello Human Model, insieme al genere ed ai percentili di riferimento (1°, 5°, 50°,75°, 95°, 99°) dell'operatore per cui si sono fatte le simulazioni. Per gli arti inferiori è stata selezionata, in base alle considerazioni precedenti, la postura accovacciata.

È stata poi selezionata la modalità di cinematica inversa per stimare i diversi angoli articolari (in figura 2 viene esemplificata la vista laterale).

La tabella II riporta i valori degli angoli assunti dai giunti simulando l'operazione di montaggio poggia piede laterale, con la vettura posizionata a terra, per i diversi percentili di riferimento. Lo strumento permette, selezionando la funzionalità "Valutazione ergonomica" di avere la codifica semaforica per gli angoli assunti dai giunti coerente con i limiti di accettabilità riportati nella norma EN 1005-4.

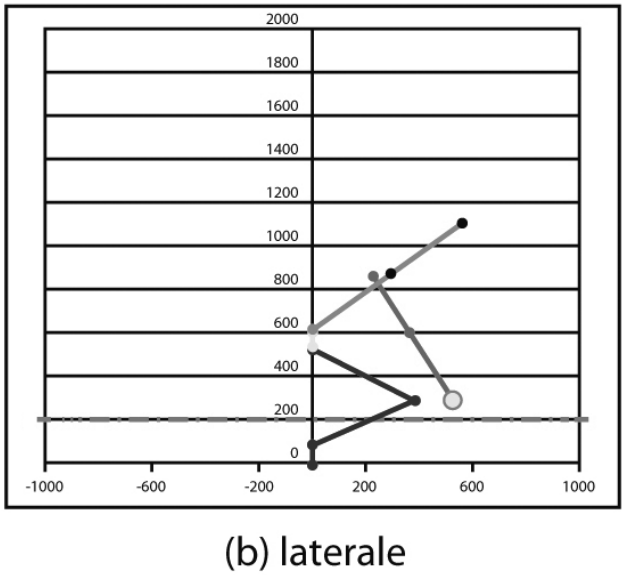


Figura 2. ***Simulazione della postura per svolgere la mansione con macchina a terra (piano sagittale), 75° percentile***

I dati sottolineano che, nella configurazione originaria con la vettura posizionata a terra, l'operazione di montaggio del poggia piede laterale risulta difficoltosa sia per un operatore appartenente ad un percentile piccolo sia per quelli appartenenti a percentili superiori. Infatti l'operazione richiede l'assunzione di posture incongrue in cui almeno un giunto articolare assume, anche solo istantaneamente, un angolo che, confrontato ai valori della normativa, ricade nella fascia di rischio rossa.

La simulazione segnala come criticità l'angolo braccio-spalla e la rotazione del tronco, che per gran parte dei percentili verrebbero ad assumere un valore doppio rispetto al limite consentito.

La rotazione del braccio, classificata nella fascia di rischio rossa per tutti i percentili, presenta un valore di confine tra la fascia di rischio rossa e gialla. Discorso analogo può essere fatto per il piegamento laterale del tronco, in particolare per i percentili piccoli.

Per la compilazione della CdT si è osservata l'operazione di montaggio poggia piede laterale svolta, nella postazione reale allestita, da un operatore corrispondente al 75° percentile maschile della popolazione europea. L'osservazione ha permesso di verificare la correttezza dell'ipotesi sulla postura degli arti inferiori.

I risultati ottenuti dalla compilazione della CdT sono riportati nella tabella III: la checklist qualifica l'attività come critica e pone indicazione ad un'analisi ergonomica approfondita del carico biomeccanico insistente sui comparti rachide cervicale, rachide dorso-lombare ed arti inferiori. La valutazione relativa al corpo intero, espressa dalla CdT, si colloca nella fascia di rischio intermedia.

Tabella III. ***Risultati della valutazione della mansione simulata dall'operatore, con macchina a terra, eseguita con la CdT***

Sezioni CdT	INDICE	CUT OFF FASCIA VERDE (5)
Rachide cervicale	72	15
Rachide dorso-lombare	84	67.5
Arti superiori	36.5	50
Arti inferiori	48	15
Indice corpo intero	240.5	150

I risultati della CdT in termini di fascia semaforica del rischio (tabella III) sono stati confrontati con i risultati delle simulazioni dello Human Model espressi anch'essi in termini di fascia semaforica del rischio. Le simulazioni dello Human Model confrontate con i risultati osservazionali sono state quelle del 75 percentile maschio, percentile in cui rientra l'operatore a cui è stato chiesto di eseguire l'operazione di montaggio nella postazione simulata.

Dalla tabella riassuntiva (tabella IV) si evince che le criticità posturali evidenziate dalla simulazione con lo Human Model sono confermate dall'analisi osservazionale, sebbene la fascia di rischio in cui ricadono alcune sezioni corporee nella checklist risulti mitigata dal fattore tempo. Per esempio, se consideriamo le posture del tronco assunte dal gomito nella simulazione con lo Human Model, gli angoli assunti ricadono nella fascia semaforica di rischio rossa coerentemente con i valori della norma EN 1005/4. L'analisi della mansione con la CdT, nella postazione simulata, ha permesso di verificare che tali posture vengono assunte per un tempo inferiore al 35% del tempo ciclo a cui corrisponde un rischio del rachide dorso lombare ricadente nella fascia semaforica di rischio gialla secondo i cut off della CdT.

Tabella II. ***Angoli assunti dai giunti nella simulazione della mansione con macchina a terra per diversi percentili***

	Poggia piede laterale - vettura a terra - accovacciato					
	1%	5%	50%	75%	95%	99%
Piegamento sagittale dei tronco	60	60	50	40	30	35
Rotazione tronco	25	25	25	25	10	10
Piegamento laterale tronco	20	20	20	20	18	15
Gomito	175	175	175	175	175	150
Angolo braccio spalla	105	100	85	85	60	40
Rotazione braccio	60	60	60	60	60	60

Tabella IV. ***Confronto dei risultati ottenuti con lo Human Model e con la CdT***

Segmenti corporei	HM 75%	CdT Indice per comparto	CdT Indice corpo intero
Piegamento tronco in avanti		Rachide dorso lombare	
Rotazione tronco			
Piegamento laterale tronco			
Gomito		Arti superiori	
Angolo braccio spalla			
Rotazione braccio			

Gli arti inferiori, per i quali non sono riportate indicazioni in normativa, vengono collocati dalla CdT nella fascia di rischio rossa, a causa del mantenimento, per la quasi totalità del tempo ciclo, della postura accovacciata. La criticità di quest'aspetto è stato rilevato durante l'intervista all'operatore addetto alla mansione.

In una fase successiva, lo Human Model è stato utilizzato per valutare le soluzioni migliorative. L'analisi condotta sia in fase di simulazione sia in fase osservazionale aveva mostrato come l'assunzione di angoli critici da parte dei segmenti corporei fosse dovuta, principalmente, al posizionamento della vettura a terra.

Partendo dalle quote di lavoro relative alla vettura a terra e coerentemente alla normativa, sono state progettate le altezze di lavoro che permettano l'esecuzione della mansione limitando l'assunzione di posture incongrue per il maggior numero di operatori. Il confronto tra i risultati della simulazione e della valutazione con CdT permette di definire l'ordine di priorità negli interventi di progettazione da attuare in base al percentile utilizzato nella simulazione.

I valori ottenuti richiedono che la vettura sia sollevata da terra con l'ausilio di un macchinario (il sollevamento da terra della vettura porta il sottoscocca ad altezza 900 mm).

Assumendo le nuove quote di lavoro, è stata analizzata con lo Human Model la postura che l'operatore verrebbe ad assumere per eseguire l'attività. Il sollevamento della vettura da terra, consente al manichino l'assunzione di una atteggiamento posturale non critico come mostrato in figura 3.

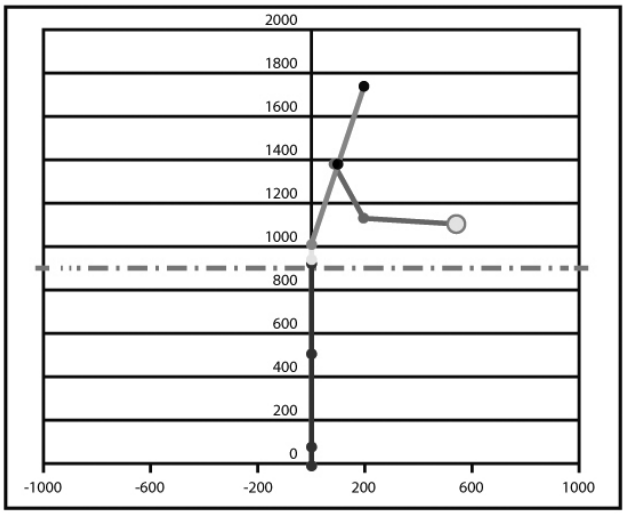


Figura 3. ***Simulazione della postura assunta per svolgere la mansione con macchina sollevata (piano sagittale)***

La tabella V riporta i valori degli angoli assunti dai giunti simulando l'operazione di montaggio poggia piede laterale, con la vettura sollevata da terra, per i diversi percentili di riferimento.

È evidente che con la nuova configurazione l'operazione di montaggio del poggia piede laterale non risulta biomeccanicamente difficoltosa per gli operatori, indipendentemente dal percentile di riferimento. L'operazione, infatti, non richiede l'assunzione da parte dei giunti articolari di angoli incongrui se non per il giunto della spalla, valore che, confrontato ai valori della normativa, ricade nella fascia di rischio border-line.

Conclusioni

In questo contributo viene proposto e discusso uno strumento di analisi ergonomica virtuale adatto sia alla progettazione di nuovi posti di lavoro, sia alla riprogettazione di postazioni esistenti.

A scopo esemplificativo viene presentata una esperienza applicativa in cui l'analisi dettagliata delle nuove attività da svolgere nella postazione di lavoro da riadattare ha

Tabella V. ***Angoli assunti dai giunti nella simulazione della mansione con macchina sollevata per diversi percentili***

	Poggia piede laterale - vettura sollevata					
	1%	5%	50%	75%	95%	99%
Piegamento tronco in avanti	25	25	15	5	5	10
Rotazione tronco	5	5	5	5	0	0
Piegamento laterale tronco	0	0	0	0	0	0
Gomito	100	100	115	115	125	145
Angolo braccio spalla	55	50	40	40	40	40
Rotazione braccio	15	15	15	15	15	15

evidenziato come rischio di maggiore entità il fattore posture. In questo contesto l'utilizzo dello Human Model come strumento di supporto alla progettazione ha permesso di simulare la postura che con maggior probabilità e più ragionevolmente l'operatore assume per svolgere l'attività in esame e di valutarla.

Lo strumento restituisce una schematizzazione della postura su tre viste e calcola gli angoli assunti dai principali segmenti corporei. Gli angoli assunti dai segmenti corporei sono poi stati analizzati con fascia semaforica in modo coerente con la normativa. Le simulazioni hanno messo in evidenza i segmenti corporei maggiormente critici dal punto di vista del sovraccarico biomeccanico. Dal momento che lo strumento non tiene in considerazione il fattore tempo, posture incongrue assunte anche solo istantaneamente vengono classificate nella fascia di rischio rossa.

A verifica delle indicazioni fornite dallo Human Model, le mansioni sono state analizzate con la CdT, strumento di analisi preliminare del rischio da sovraccarico biomeccanico, che permette di identificare le posture incongrue in relazione al fattore di esposizione rispetto al tempo ciclo.

I risultati ottenuti mostrano la correttezza di previsione dello Human Model.

Lo Human Model si è dimostrato utile come supporto per analizzare le proposte migliorative della postazione di lavoro. Nell'esempio proposto, simulando il sollevamento della vettura da terra, è stato possibile sia verificare la riduzione del rischio associato alla postura dei diversi segmenti articolari, sia ottimizzare l'altezza da terra a cui posizionare la vettura.

In conclusione, gli Autori ritengono che l'utilizzo di strumenti di analisi ergonomica virtuale come lo Human Model rappresentino un solido strumento a disposizione dei progettisti e dei preventori aziendali chiamati a progettare o riprogettare postazioni di lavoro rispondenti ai principi ergonomici.

Bibliografia

1) Pheasant SE. Bodyspace: anthropometry, ergonomics and the design of work. London, Taylor and Francis Ed. 1996.
2) Apostoli P, Sala E, Gullino A, Romano C. Analisi comparata dell'applicazione di quattro metodi per la valutazione del rischio biomeccanico per l'arto superiore. G Ital Med Lav Erg 2004; 26:3, 223-241.
3) Sala E, Torri D, Apostoli P. Esperienze di applicazione della valutazione del rischio dalle Linee Guida SIMLII sul rischio biomeccanico per l'arto superiore. G Ital Med Lav Erg 2008; 30:3, Suppl, 20-25.
4) Sala E, Torri D, Tomasi C, Apostoli P. Stima del rischio da sovraccarico biomeccanico all'arto superiore condotta, con l'impiego di più metodi di analisi, in diversi settori manifatturieri. G Ital Med Lav Erg 2010; 32:2, 162-173.
5) Baracco A, Coggiola M, Perrelli F, Gullino A, Crusiglia Cabodi D, Di Cuia S, Pollone A, Zito D, Romano C. La Checklist di Torino: evoluzione di uno strumento olistico per la valutazione preliminare del rischio da sovraccarico biomeccanico del sistema muscolo-scheletrico. G Ital Med Lav Erg 2005, 31:3 (Suppl. 2): 408-ss.
6) Savin J. Apports et limites des modèles anthropométriques numériques pour l'évaluation ergonomique de postes de travail. Note documentaire 2012, ND 2353.

Corrispondenza: *Dr. Alessandro Baracco, S.C.D.U. Medicina del Lavoro, A.O.U. Città della Salute e della Scienza di Torino, Presidio Ospedaliero C.T.O. - Via Zuretti, 29 - 10126 Torino, Italy, Tel. 011 6933 917 - Cell. 328 1076320, E-mail alessandro.baracco@unito.it*