

USO DI UN MODELLO DI ANALISI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI PATOLOGIE DELL'ARTO SUPERIORE CONNESSE AI MOVIMENTI RIPETITIVI

F. Liotti*, P. Pedata*, A. Perrotta*

* Dipartimento di Medicina Sperimentale, Sezione di Medicina del Lavoro Igiene e Tossicologia Industriale

1. INTRODUZIONE

I movimenti ripetitivi, che caratterizzano alcuni lavori manuali, rappresentano un rischio per la salute dei lavoratori di prioritaria importanza. Questo rischio può comportare, fra l'altro, disturbi muscolo-scheletrici a carico degli arti superiori.

Negli ultimi 10 anni, la frequenza di tali patologie, definite come "lavoro - correlate" (WMSDs, dall'inglese *Work-related Muscolo-Skeletal Disorders*) è decisamente aumentata, soprattutto nell'ambito di particolari attività produttive quali l'assemblaggio, la macellazione carni e sanità ed il settore tessile, dove può raggiungere caratteri "epidemici". Lo dimostra il numero di malattie professionali da WMSDs denunciate all'unità periferiche dell'INAIL che, dal 1996 al 2000, sono passate da 135 a 1500, con un numero di casi accolti da 10 a 990. Ciò è dovuto ai nuovi aspetti dell'organizzazione del lavoro, che hanno favorito un aumento dei ritmi produttivi, e ad un più diffuso ed agevole meccanismo di valutazione del rischio e di riconoscimento del danno.

I disturbi muscolo-scheletrici degli arti superiori correlati al lavoro (WMSDs) sono stati definiti in uno dei testi più conosciuti sull'argomento come " *un eterogeneo gruppo di disordini molti dei quali solo vagamente noti*".

Un recente report dell' European Agency for Safety and Health at Work li ha classificati come " *un vasto complesso di malattie e di disordini infiammatori e degenerativi che esitano in dolore e limitazione funzionale*". Nel nostro Paese la definizione più recente (2000), è data dal gruppo EPM, che da tempo si occupa della problematica, è quella di " *alterazioni delle unità muscolotendinee, dei nervi, del sistema vascolare*". Tali alterazioni possono essere *precipitate o aggravate* da movimenti e/o sforzi ripetuti dell'arto superiore.

Le ripercussioni negative di queste alterazioni riguardano sia i lavoratori, che nei casi più gravi vanno incontro ad una riduzione della propria capacità lavorativa e a disagi anche nella vita extra-lavorativa, sia i datori di lavoro, costretti a sostenere costi assicurativi e di indennizzo e costi relativi a perdita di produttività e di personale esperto.

Per la individuazione e valutazione di attività a rischio sono stati messi a punto alcuni metodi di analisi ergonomica essenzialmente basati su studi biomeccanici, epidemiologici e fisiologici. In letteratura sono attualmente disponibili numerose procedure di modellizzazione del gesto ripetitivo, ognuna delle quali tenta di quantificare, sia pure con diverse concezioni metodologiche, il contributo dei singoli fattori al rischio: accanto alle cosiddette "liste di controllo" (CHECK-LIST), organizzate in forma di questionari a struttura più o meno complessa, utili ad inquadrare rapidamente le postazioni di lavoro (o le fasi lavorative) più a rischio, ritroviamo protocolli di analisi più complessi che tentano di definire un indice di sintesi derivato dall'integrazione delle informazioni di natura organizzativa, con i dati di natura biomeccanica finalizzati ad una ricostruzione più fedele possibile del gesto tecnico preso in esame.

Molte check-list sono di sicuro aiuto nel guidare l'analisi dell'ambiente lavorativo o di una

postazione di lavoro, ma non possono essere utilizzate quando si vuole quantificare l'esposizione.

L'ACGIH (American Conference of the governmental Industrial Hygienists) ha pubblicato limiti di esposizione di forza e ripetitività per i compiti manuali, che prendono in considerazione l'attività di mano, polso e avambraccio e che sono basati su studi epidemiologici, psicofisici e biomeccanici.

2. MATERIALI E METODI

Nel 2001 l'*American Conference of the Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) ha introdotto un valore limite di soglia (*Threshold Limit Value: TLV*) relativo all'esposizione professionale delle mani a fattori biomeccanici riferibili a movimenti ripetitivi.

Il TLV è focalizzato sul distretto mano, polso e avambraccio ed è applicabile ad attività lavorative che comportano l'esecuzione di un compito costituito da una serie di azioni o movimenti ripetitivi e simili (*mono-task job*) effettuati per almeno 4 ore al giorno. E' finalizzato alla riduzione della patologia muscolo-scheletrica della mano, configurando condizioni alle quali si ritiene che pressoché tutti i lavoratori possano essere esposti senza riportare alcun danno alla salute.

Il TLV deriva dalla combinazione di due parametri:

Il livello di attività manuale (HAL: hand activity level)

Il picco di forza manuale (PF: Peak Force)

Il livello di attività manuale (**HLA**) è stimato in base alla frequenza dell'esercizio manuale e dei tempi del ciclo lavorativo, considerando sia la distribuzione del lavoro che i tempi di recupero.

Può essere misurato valutando la frequenza della mano e la durata del "*Duty Cycle*", analizzando in quest'ultimo caso la distribuzione del lavoro ed i periodi di recupero/riposo (Tab. 1).

Tabella 1

Scala di calcolo di HAL in rapporto alla frequenza dello sforzo e al "*Duty Cycle*" (% del ciclo di lavoro in cui la forza è superiore al 5% del massimo)

Frequenza (sforzo/sec)	Periodo (sec/sforzo)	Duty Cycle (%)				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
0,125	8,0	1	1	-	-	-
0,25	4,0	2	2	3	-	-
0,5	2,0	3	4	5	5	6
1,0	1,0	4	5	5	6	7
2,0	0,5	-	5	6	7	8

Tabella 2

Caratteristiche descrittive dell'attività manuale osservata e corrispondente al punteggio di HAL

Descrizione dell'attività manuale osservata	Punteggio
HAL Movimento manuale lento per la maggior parte del tempo; nessuno sforzo regolare	0
Movimenti consistenti, cospicui, con pause lunghe; o movimenti molto lenti	2
Movimenti/sforzi lenti e continui; pause brevi e frequenti	4
Movimenti/sforzi continui; pause non frequenti	6
Movimenti/sforzi rapidi continui; pause non regolari	8
Movimenti/sforzi rapidi continui / difficoltà di presa o sforzi continui	10

L'HLA può anche essere definito da un osservatore esperto che utilizza una scala analogica di riferimento, attraverso la quale vengono assegnati valori di ripetitività che variano da 0 a 10 in base a frequenza, velocità di movimenti e presenza o meno di pause. (Tab. 2).

Il picco di forza manuale (**PF**) viene "normalizzato" su una scala da 0 a 10, e corrisponde ad una percentuale variabile dallo 0% al 100% della forza applicabile da una popolazione di riferimento. La normalizzazione si realizza dividendo la forza richiesta per eseguire il lavoro dato per la capacità di esercitare una forza da parte della popolazione generale impiegata nell'eseguire il medesimo lavoro.

Il picco di forza manuale può essere ricavato:

- dall'osservazione di un operatore opportunamente addestrato;
- dal giudizio del lavoratore coinvolto nella operazione manuale considerata attraverso l'impiego di una scala di percezione soggettiva come la scala di Borg;
- dall'uso di dinamometri;
- da tecniche elettromiografiche di superficie;
- dall'impiego di apparecchiature biomeccaniche.

Dalla combinazione su assi cartesiani di HAL e PF deriva, quindi, il TLV (Fig.1), superato il quale si configurano condizioni lavorative in cui la prevalenza di disturbi muscolo-scheletrici della mano aumenta in maniera significativa. Poiché non è possibile stabilire un TLV che protegga tutti i lavoratori (è ipotizzabile infatti la presenza di gruppi di lavoratori meno resistenti allo svolgimento di operazioni che richiedono movimenti ripetitivi e/o impiego di forza), è stato introdotto anche un limite di azione (*action limit*: AL), che assume il significato di un ulteriore livello di guardia. Nei casi in cui l'esposizione professionale si collochi nell'area compresa tra il TLV e l'AL si deve intervenire preventivamente con strumenti di controllo.

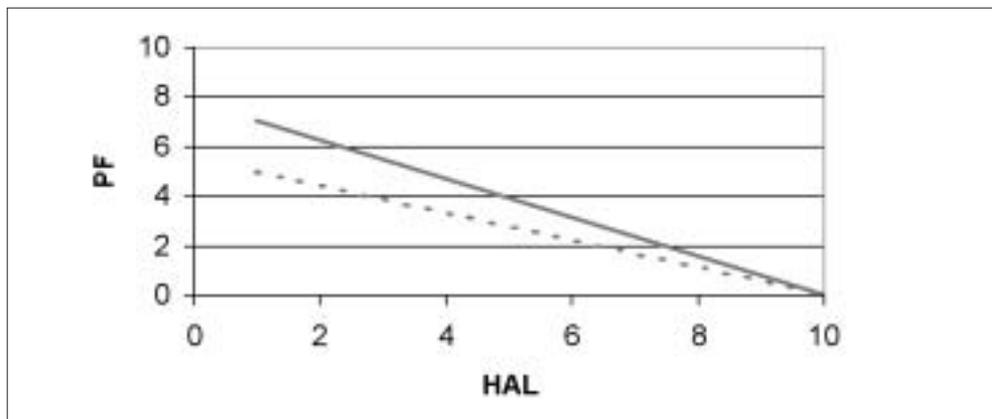


Figura 1: TLV per la riduzione dei disordini muscolo scheletrici basato sul livello di attività manuale (HAL) e sulla forza manuale di picco (PF).

—— Linea grigia continua: valore limite di soglia (TLV)
----- Linea grigia tratteggiata: valore limite di azione (AL)

In molti casi una stessa mansione può richiedere l'effettuazione da parte del lavoratore di due o più compiti diversi, o il lavoratore può ruotare su più postazioni all'interno dello stesso turno di lavoro.

In questi casi il tecnico che effettua la valutazione può procedere in due modi:

- valuta separatamente i singoli compiti svolti (attribuendo cioè a ciascun compito un valore per HAL ed uno per PF) e calcola il valore finale per HAL e PF come media pesata nel tempo delle singole valutazioni;
- integra mentalmente i diversi compiti svolti in modo da produrre un unico giudizio finale per HAL e PF.

Per quanto riguarda le posture da assumere, durante l'esecuzione di attività manuali ripetitive, è importante evitare l'assunzione di posture estreme/incongrue o il mantenimento delle stesse per periodi di tempo prolungati. Infatti, per ciascuna articolazione esiste un'area ottimale nell'ambito della quale è possibile compiere uno sforzo con la minima fatica e il minimo sovraccarico dei tessuti. Allontanandosi da questo ambito, ovvero assumendo posture estreme e/o incongrue, si osserva:

- sovraccarico dei legamenti articolari,
- compressione delle strutture vascolari/nervose,
- variazione della geometria dei muscoli,

riduzione delle capacità funzionali, ed il compito lavorativo risulta più affaticante.

Non è attualmente disponibile un metodo di riferimento per la loro valutazione né sono stati fissati dei valori limite di soglia.

3. VALUTAZIONE DELLE POSTAZIONI

Utilizzando il metodo di valutazione proposto dall'ACGIH, in una azienda di produzione accessori cavi sono stati analizzati due tipi di mansioni:

- L'inscatolamento manuale;
- L'inscatolamento automatico;

Ciascuna operazione è stata filmata mediante videocamera digitale ed in seguito valutata da tre operatori opportunamente addestrati che, per ciascuna postazione, hanno espresso separatamente un giudizio, sottoforma di punteggio da 0 a 10, sia per l'HAL che per il PF. Per ogni postazione è stata anche realizzata un'analisi qualitativa delle posture, individuando le posture incongrue e/o estreme degli arti superiori (mano, polso, avambraccio, gomito e spalla);

- Il valore finale per HAL e PF è stato calcolato come media pesata nel tempo delle singole valutazioni;
- La media dei punteggi espressi per l'HAL e per il PF è stato riportata su un sistema di assi cartesiani rispettivamente in ascissa e ordinata;
- Dalla intersezione di HAL e PF si è ricavata l'entità dell'esposizione professionale della mano a movimenti ripetitivi e/o a sforzi, che può configurarsi al di sopra del TLV, tra il TLV e l'AL, al di sotto dell'AL.

3.1 Reparto Inscatolamento Manuale

La mansione può essere scomposta nei seguenti compiti fondamentali:

1. apertura scatola;
2. riempimento manuale della scatola con utensili presenti in contenitori sistemati alle spalle della postazione;
3. chiusura della scatola, successivamente posta su di uno scaffale;

Le operazioni vengono ripetute in sequenza: complessivamente, in un turno di lavoro, vengono riempite da ciascun addetto circa 300 scatole; il numero medio di oggetti da inserire nelle scatole è variabile, in tale modo cambia anche il peso della scatola completata, che varia dai 2 ai 3 kg. I risultati della valutazione biomeccanica indicano valori di:

- Picco di Forza (PF) = 1
- Livello di attività manuale (HAL) = 3

In conclusione il valore risultante dalla combinazione di PF e HAL è inferiore al TLV.

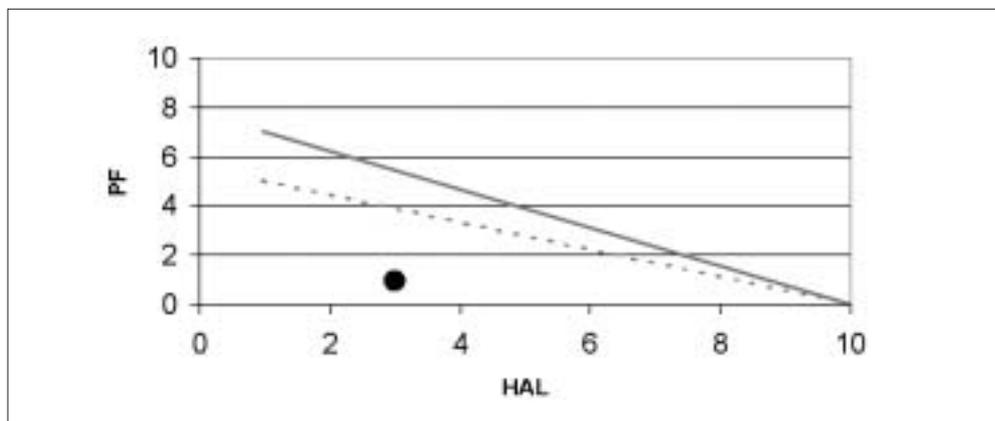


Figura 2: — Linea grigia continua: valore limite di soglia (TLV)
----- Linea grigia tratteggiata: valore limite di azione (AL)

Per quanto riguarda la postura, sono stati osservati:

- movimenti di flessione/estensione dei polsi,
- leggera pronazione dell'avambraccio destro,
- leggera flessione del gomito destro,

3.2 Reparto Inscatolamento Automatizzato

La mansione può essere scomposta nei seguenti compiti fondamentali:

- Apertura delle scatole con posizionamento sul carrello trasportatore;
- Riempimento manuale delle scatole con diversi utensili presenti in contenitori posti alle spalle e innanzi all'operatore;
- Chiusura delle scatole;

Le operazioni vengono ripetute in sequenza: complessivamente, in un turno di lavoro, vengono riempite da ciascun addetto circa 700-800 scatole; il numero medio di oggetti da inserire in ognuna delle scatole è di circa 15 -20 (gli oggetti hanno dimensioni e peso variabili), in tale modo cambia anche il peso della scatola completata.

I risultati della valutazione biomeccanica indicano valori di:

- Picco di Forza (PF) = 3
- Livello di attività manuale (HAL) = 5

In conclusione, il valore risultante dalla combinazione di PF ed HAL è inferiore al TLV, ma superiore ad AL (Cfr. grafico sottostante).

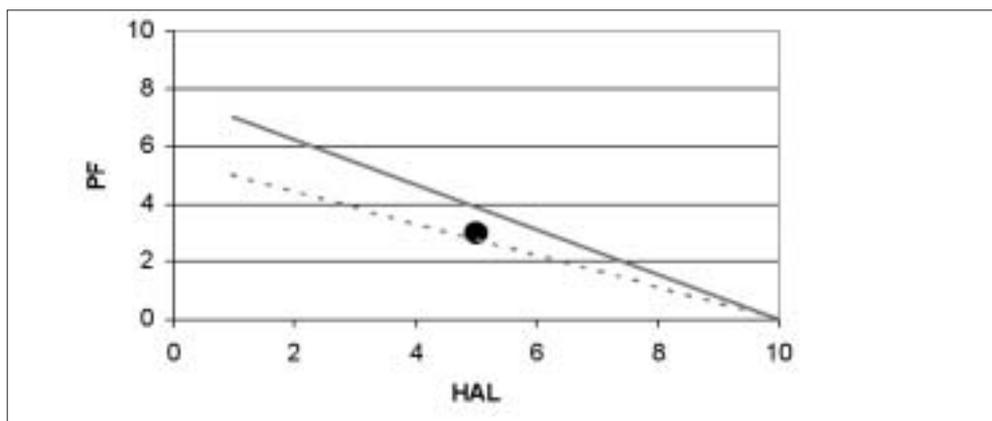


Figura 3: — Linea grigia continua: valore limite di soglia (TLV)
----- Linea grigia tratteggiata: valore limite di azione (AL)

Per quanto riguarda la postura, sono stati osservati:

- movimenti di flessione/estensione e di deviazione radiale/ulnare dei polsi,
- pronazione dell'avambraccio destro,
- flessione/estensione del gomito destro,
- inclinazione colonna vertebrale con torsione e flessioni del dorso.

4. RISULTATI

Complessivamente sono state valutate 2 postazioni di lavoro appartenenti ai Reparti:

- inscatolamento manuale;
- inscatolamento automatico;

Entrambe le postazioni risultano avere un livello di rischio al di sotto del TLV. Tuttavia è da precisare che per la mansione che prevede l'utilizzo del carrello trasportatore il livello di rischio, calcolato secondo il modello di analisi proposto dall' American Conference of the Governamental Industrial Hygienist (ACGIH), pur essendo al di sotto del TLV, supera il limite di azione (LA). Ciò è sicuramente dovuto al fatto che tale mansione prevede un ritmo governato dalla macchina, di conseguenza il lavoratore non può gestirsi le pause. A questo si aggiunge anche il fatto che gli oggetti da inserire nelle scatole sono posti in contenitori posizionati alle spalle o innanzi all'operatore, obbligandolo a movimenti di flessione/estensione e deviazione radiale/ulnare dei polsi, a movimenti di pronazione dell' avambraccio destro, di flessione/estensione del gomito destro e, infine, di inclinazione della colonna vertebrale con torsione e flessione del dorso.

A conclusione riteniamo che nel reparto **inscatolamento automatizzato** la riduzione del livello di rischio può essere realizzata diminuendo il picco di forza (ad esempio meccanizzando la fase di riempimento delle scatole o disponendo gli utensili su scaffali più facilmente raggiungibili dall'operatore), oppure riducendo il livello di attività manuale (aumentando il numero di addetti alla linea, a parità di standard produttivo).

5. CONCLUSIONI

Il nostro obiettivo è stato quello di sperimentare nuove metodologie di valutazione del rischio al fine di suggerire una metodica facile da applicare, ripetibile e che fornisca una valutazione meno soggettiva possibile. L'esigenza di una adeguata valutazione nasce dall'ultima Raccomandazione della Commissione della Comunità Europea (**la n°670 del 19/09/2003**), che si applicherà nel dicembre 2006 e che aggiorna la 326/1990, aggiungendovi come patologie causate da movimenti ripetitivi: la borsite oleocranica, la borsite della spalla e la sindrome del tunnel carpale.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON V. P.: Cumulative Trauma Disorders: a Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limb Taylor and Francis, 1988.

AUTORI VARI: Linee Guida in Materia di Rischi da Vibrazioni e da Movimenti e Sforzi Ripetuti degli Arti Superiori Regione Piemonte, Assessorato alla Sanità.

BONGERS P.M., DE WINTER C.R., KOMPIER M.A., HILDEBRANDT V.H.: Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. Scand J Work Environ Health 1993; 19(5): 297-312.

C. BRACCI, M. BOTTAZZI: Aspetti assicurativi nelle patologie da movimenti ripetitivi degli arti superiori in ambiente INAIL Med. Lav. 1996 vol. 87, 6: 773-777.

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK: Report on work related neck and upper limb musculoskeletal disorders Luxembourg, Office for Official Publications of the EC, 1999.

GUARINIELLO R.: Rischi e patologie professionali da sforzo ripetuto nella legislazione italiana Med. Lav. 1996, 87, 6, 482-487.

HOOTMAN I.L., BONGERS P.M.: Psychosocial stressors at work and musculoskeletal problems. Scand J Work Environ Health 1994; 20(2): 139-145.

KILBOM A., ARMSTRONG T.J.: Musculoskeletal Disorders. Work-related Risk Factors. Int J Occup Environ Health 1996; 2(3):239-246.

KOURINKA I., FORCIER L. LATR: les Lésions attribuables au travail Répétitif. IRSST, Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du travail du Québec. Paris, Ed. Maloine 1995.

KOURINKA I., FORCIER L. LATR: les Lésions attribuables au travail Répétitif. IRSST, Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du travail du Québec. Paris, Ed. Maloine 1995 ; 510 p.

NIOSH: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. Cincinnati.1997.

NIOSH: Musculoskeletal disorders (MSDS) and workplace factors BIBLIOG. CINCINNATI (OH): NIOSH 1995.

VIOLANTE F.S., BONFIGLIOLI R., LODI V., MISSERI M., RAFFI G.B.: La patologia biomeccanica dell'arto superiore: una nuova epidemia? La Medicina del Lavoro 1997, 88, 6, 454-461.