

E.M. Capodaglio, M. Facioli, G. Bazzini

La valutazione del rischio connesso ad attività lavorative ripetitive: sperimentazione di diversi metodi proposti dalla letteratura

CSAM, Laboratorio di Ergonomia - Fondazione Salvatore Maugeri, IRCCS - Istituto Scientifico di Pavia

RIASSUNTO. Le patologie connesse con l'attività ripetitiva degli arti superiori costituiscono una quota crescente delle patologie occupazionali relative al sistema muscolo-scheletrico. Non esistono attualmente in letteratura metodi universalmente accettati e validati per la descrizione e la valutazione dei fattori di rischio lavoro-correlati. Tuttavia i criteri che fondamentalmente caratterizzano l'esposizione risultano abbastanza chiari ed uniformi. Questo studio esemplifica l'applicazione di alcuni metodi per la valutazione del rischio proposti dalla recente letteratura, abbinando misure oggettive e soggettive facilmente praticabili sul campo, e la tradizionale analisi dettagliata dell'attività.

Parole chiave: patologie muscolo-scheletriche lavoro-correlate, metodi di valutazione del rischio, analisi delle attività.

ABSTRACT. Pathologies due to the repetitive activity of the upper limbs constitutes a growing part of the work-related musculo-skeletal disorders. At the moment, there are no universally accepted and validated methods for the description and assessment of the work-related risks. Yet, the criteria fundamentally characterizing the exposure are rather clear and even. This study reports a practical example of the application of some recent risk assessment methods proposed in the literature, combining objective and subjective measures obtained on the field, with the traditional activity analysis.

Key words: WMSD, assessment methods, activity analysis.

Introduzione

Molte attività lavorative, in particolare quelle richiedenti posture incongrue ed attività ripetitiva degli arti superiori, possono essere correlate allo sviluppo di disturbi muscolo-scheletrici (WMSD = Work related Musculo-Skeletal Disorders), i quali costituiscono uno dei maggiori problemi di salute nei paesi industrializzati.

A differenza di altre patologie, la relazione cumulativa tra esposizione ed effetto per i fattori di rischio WMSD non è ancora chiarita, e mostra risultati per ora contrastanti, con funzioni che possono essere direttamente proporzionali (cioè, più aumenta l'esposizione più aumenta il rischio, come ad esempio per la flessione del tronco), o alternativamente correlate (ad esempio, il rischio è massimo sia per bassi livelli che per alti livelli di esposizione, come per l'attività degli arti superiori o inferiori, e per il carico osteo-muscolare) (13).

Le WMSD possono estrinsecarsi con forme cliniche ad interessamento prevalente articolare e peri-articolare, muscolo-tendineo, neurologico periferico, con frequente associazione o sovrapposizione di queste forme fra loro.

Particolarmente in aumento sono le forme compressive neurologiche (cosiddetti "entrapment") che in taluni ambienti lavorativi stanno assumendo una rilevanza decisamente significativa.

I meccanismi compressivi che determinano questi quadri patologici (es. tipico la sdr. del tunnel carpale) sono diversi e variamente combinati fra loro; in particolare sono legati a variazioni della pressione all'interno del tunnel e ad alterazioni secondarie alla compressione vascolare.

Per quanto riguarda le variazioni pressorie che sopravvivono nel canale del carpo durante i diversi tipi di attività degli arti superiori esse sono state indagate da diversi autori (14, 15) che hanno riscontrato come le pressioni misurate all'interno del tunnel carpale, mediante speciali micro-cateteri inseriti nel polso, presentano valori mediamente inferiori ai 30 mm Hg per attività eseguite con il polso in posizione neutra o in flessione o in estensione per non più di 30° circa. Per mansioni che richiedono una maggiore escursione del polso, i valori pressori registrati che oltrepassano i 30 mm Hg ripetutamente e per tempi prolungati sono collegati al verificarsi di danni alle strutture nervose interessate (14). In genere, a parità di gradi di

escursione articolare, tale pressione è più elevata per le posizioni in estensione del polso, rispetto a quelle in flessione ed è più elevata se è associata ad una posizione estesa delle metacarpo-falangee (MF), rispetto ad una posizione delle MF flesse a 90° o a 45° (15).

Nei soggetti con diagnosi di tunnel carpale conclamata le pressioni registrate, a parità di posizione di polso, MF e dita sono risultate quasi sempre più elevate, rispetto a soggetti di controllo (18); e ciò è dovuto al fatto che in tali pazienti l'aumento di pressione è il risultato di infiammazioni ripetute ed ormai croniche, con impossibilità delle guaine tendinee di ritornare alla loro situazione fisiologica (6).

Alla luce di tali considerazioni, è fondamentale valutare precisamente i fattori di rischio.

Le linee-guida sviluppate sinora indicano i livelli per cui tali fattori dovrebbero rientrare in una zona di rischio minimo, fornendo indicazioni dirette circa la progettazione del posto di lavoro (11, 23) o considerando un insieme di aspetti dell'attività lavorativa (4, 5, 22).

Metodi di raccolta dei dati espositivi

Vengono generalmente utilizzati tre tipi di strategie per la raccolta dei dati circa l'esposizione lavorativa a WMSD: le auto-valutazioni fornite dai lavoratori, l'osservazione e l'intervista da parte di un tecnico esperto, la misura strumentale di alcuni fattori.

I fattori di rischio considerati sono prevalentemente di natura biomeccanica e fisica, mentre solo occasionalmente i fattori organizzativi e psicosociali entrano a far parte dei sistemi di raccolta dei dati.

Le auto-valutazioni, ottenute attraverso questionari, checklist o scale psicofisiche, forniscono una indicazione del dolore, dello sforzo, dei disturbi associati con lo svolgersi dell'attività lavorativa; esse forniscono informazioni e dettagli sulle caratteristiche della mansione, focalizzando sui punti critici che difficilmente sarebbero distinguibili da un osservatore esterno. L'affidabilità e la validità varia da strumento a strumento; notevole applicabilità rivestono i metodi costruiti secondo i criteri psicofisici, utilizzati soprattutto per la valutazione dell'impegno muscolare. In questo modo può essere indicato non solo il livello di affaticamento (effetto cumulativo) avvertito a fine turno, ma anche la percezione associata all'esecuzione di un determinato gesto; a tale proposito la scala CR10 di Borg (7) viene proposta come indicatore della forza applicata (% del massimale) (25).

L'osservatore addestrato può utilizzare sul campo sia checklist che griglie, avvalendosi della videoregistrazione delle attività per l'osservazione visiva a posteriori. La documentazione e la descrizione dettagliata delle attività è il cardine fondamentale di vari sistemi di valutazione, ed in alcuni casi anche l'unico tipo di misura per l'esposizione ai fattori di rischio. L'utilizzo di microcomputers può costituire un aiuto nella descrizione degli elementi costituenti l'attività, nei termini cioè di una classificazione predefinita di attività, o nella specificazione della posizione angolare dei vari segmenti corporei. A volte solo la presenza/assenza del fattore di rischio viene registrata, mentre

altre volte è importante anche definire il livello di esposizione, dipendente dall'intensità del fattore di rischio e dall'interazione tra i diversi fattori.

Per ultimo, le misure strumentali forniscono una indicazione diretta dell'intensità del fattore di rischio.

Metodi per la misura del carico muscoloscheletrico

La valutazione del carico muscoloscheletrico concerne i distretti anatomici maggiormente coinvolti nell'attività. A parte i metodi diretti ed invasivi, la misura indiretta del carico viene ottenuta quantificando la forza, la ripetitività, la postura e la durata del compito.

Forza

L'approccio biomeccanico considera le forze risultanti applicate sui vari segmenti, in particolare su spalle, polso e dita per i compiti manipolativi, su collo e rachide per i compiti svolti in posizione seduta. A tale proposito ci si avvale di software dedicati (10, 20). Dal punto di vista fisiologico, la registrazione elettromiografica (EMG) fornisce un'indicazione dell'attività dei muscoli, come ad esempio quella del trapezio durante lo svolgimento di compiti manipolativi (1, 17). La misura diretta della forza applicata attraverso dinamometro permette di comparare istantaneamente i livelli di forza misurata con le linee guida presenti in letteratura per azioni di spinta-trazione (27) o per azioni di presa (3). I valori ottenuti attraverso la valutazione soggettiva per le fasi caratterizzate da diverso impegno di forza, moltiplicati per la durata dei relativi periodi di lavoro, forniscono un valore medio ponderato dell'impegno muscolare.

Frequenza/ripetitività

L'analisi temporale della mansione e la descrizione dettagliata dei gesti lavorativi, effettuata attraverso la scomposizione dell'attività in singoli compiti, consente di quantificare in durata e frequenza ciascuna azione. Il termine ripetitività è stato associato da diversi autori alla durata del ciclo di lavoro, ed alla similarità dei gesti lavorativi ripetuti; per esempio cicli di durata inferiore a 1 minuto vengono a questa stregua definiti monotoni. D'altra parte è preferibile distinguere tra ripetitività a livello "micro" (composizione del ciclo di lavoro, definizione delle eventuali micropause tra un compito e l'altro) e a livello "macro" (durata complessiva del compito ripetitivo e rapporto tra tempo occupato in attività e tempo speso in recupero). La ripetitività viene praticamente quantificata attraverso la frequenza delle azioni considerate all'interno di un ciclo di lavoro e nel turno di lavoro complessivo.

Postura

Gli studi epidemiologici e fisiologici presenti in letteratura forniscono una indicazione sulle posture dei vari segmenti nei termini di "raccomandata"- "non raccomandata", in base cioè al superamento della posizione neutra per una certa quota di angolazione. Naturalmente, la postura deve essere considerata insieme ad altri fattori concomitanti ed aggravanti, quali la forza applicata, la durata del compito,

la ripetitività del medesimo gesto, la possibilità di sostenere gli arti. Bisogna inoltre tenere presente che in alcune posture particolari (ad esempio con il polso in deviazione ulnare/radiale) si registra un decremento della forza massima applicabile, e di conseguenza una maggiore tensione ("strain") provocato sulle strutture periarticolari.

Quantificazione del rischio

La definizione di standard relativi alla protezione dal rischio di WMSD è tuttora in fase sperimentale e si compone di vari approcci ciascuno dei quali può sottostimare o sovrastimare l'esposizione; è difficile inoltre combinare metodi che riescano a valutare in modo adeguato l'effetto interattivo e moltiplicativo dei vari fattori. Tuttavia, gli approcci proposti sinora costituiscono un primo tentativo di rivedere le mansioni da un punto di vista non strettamente "produttivo", ma più propriamente ergonomico.

La valutazione ergonomica del rischio legato alle attività ripetitive consente di programmare interventi di sorveglianza sanitaria, di informazione-formazione rivolto ai lavoratori, e di gestione medica.

Il calcolo numerico degli indici di rischio proposti dai vari Autori, consiste generalmente in un processo semiquantitativo di assegnazione, alle variabili proprie dell'attività (forza, postura, ripetitività), di fattori numerici (moltiplicativi o demoltiplicativi) che ne definiscono il livello di impegno rispetto ad indicazioni ottenute attraverso studi epidemiologici, psicofisici e fisiologici.

Un'efficace azione preventiva deve comunque essere basata su più interventi, data la complessa e multifattoriale eziopatogenicità dei WMSD.

Alcuni indici di rischio proposti dalla letteratura

Ergonomic Stress Index

La elevata frequenza di ripetizione, l'applicazione di forze eccessive ed il mantenimento di posture costrette sono i criteri su cui si basa l'elaborazione di questo indice (*Genaidy et al, 1993*), che si pone come linea-guida per valutare gli interventi ergonomici necessari. In particolare i valori assegnati vengono classificati secondo la metodologia NIOSH in AL (Action Limit) e MPL (Maximum Permissible Limit), secondo cinque livelli. La frequenza ad esempio viene espressa come numero di movimenti effettuati da una articolazione nel corso di un turno lavorativo, e poi classificata sulla base di dati epidemiologici da "molto bassa" a "molto alta". Il calcolo dell'indice consente anche di valutare l'effetto interattivo dei tre fattori. L'indice può variare da un valore minimo di 7 ad un massimo di 215. Limite dell'indice è che in esso viene dato pari peso ai diversi fattori di rischio.

Strain Index (SI)

Lo Strain Index (*Moore and Garg, 1995*) è stato proposto, sulla base delle conoscenze fisiologiche, biomeccaniche ed epidemiologiche dei disturbi legati alla parte distale degli arti superiori (mano/polso), come metodologia

semiquantitativa di analisi delle attività lavorative. La metodologia implica la misura o stima di sei variabili lavorative (intensità dello sforzo, durata dello sforzo per ciclo, numero di azioni al minuto, postura del polso, velocità di esecuzione, durata del compito nel turno), l'assegnazione di una valutazione su scala ordinale a ciascuna variabile, secondo i dati di esposizione, ed il calcolo dell'indice secondo i valori moltiplicativi attribuiti a ciascuna variabile. Studi preliminari indicano che la metodologia è in grado di discriminare tra lavori associati al verificarsi di disturbi delle estremità superiori e lavori che non lo sono. In particolare, è stato selezionato il valore 5 come soglia dello SI nel distinguere tra lavori "sicuri" e non.

OCRA Index

Per la valutazione dei fattori di rischio lavorativo che influenzano le patologie muscolo-scheletriche degli arti superiori (WMSDs) è stata avanzata una proposta per il calcolo di un indice sintetico di esposizione a movimenti ripetitivi degli arti superiori (*Occhipinti e Colombini, 1996*). La proposta tende a ricalcare concettualmente la procedura suggerita dal NIOSH per il calcolo del Lifting Index in attività di movimentazione manuale dei carichi. L'indice sintetico di esposizione (OCRA Index) scaturisce dal rapporto tra il numero giornaliero di azioni effettivamente svolte con gli arti superiori in compiti ripetitivi ed il corrispondente numero di azioni raccomandate. Queste ultime vengono calcolate a partire da una costante (30 azioni/min) rappresentativa del fattore frequenza di azione e valida, per ipotesi, in condizioni ottimali, decrementata di volta in volta in funzione della presenza e delle caratteristiche degli altri fattori di rischio (forza, postura, fattori complementari, periodi di recupero). L'indice proposto non può per ora essere utilizzato come standard o per l'espressione di valori limite, ma solo per identificare i diversi livelli d'azione conseguenti ai risultati di volta in volta ottenuti. In particolare, quando l'indice di esposizione assume valori inferiori a 0,75, si determina un giudizio di piena accettabilità della condizione esaminata (area verde); valori dell'indice compreso tra 0,75 e 4 (area gialla) rappresentano una zona di incertezza, in cui l'esposizione, seppure non rilevante, è soggetta a sorveglianza per i possibili effetti indotti; valori dell'indice superiori a 4 (area rossa) indicano una esposizione tanto più significativa quanto maggiore è il valore dell'indice, e necessitano di iniziative tese al miglioramento delle condizioni di lavoro oltre che ad una stretta sorveglianza degli effetti indotti.

TLV per attività occupazionale svolta con gli arti superiori

I TLV (Threshold Limit Value) sono valori indicativi riferiti a parametri fisici-chimici, proposti dall'ente governativo americano per la salute, che si prefiggono di abbattere l'incidenza di danni all'organismo; in questo caso il TLV per l'attività degli arti superiori viene proposto per la riduzione dei danni muscolo-scheletrici correlati al lavoro delle mani ed all'applicazione di forza con le mani.

Il TLV proposto da ACGIH (1999) prende in considerazione l'attività di mano, polso e avambraccio, ed è basato su dati epidemiologici, psicofisici e biomeccanici. Il suo

utilizzo è circoscritto alle attività composte da uno stesso compito ripetuto per 4 ore o più durante un turno lavorativo. I livelli considerati sono quello medio di attività ("hand activity level" o HAL), ed il valore soglia (TLV), per il quale si suppone una elevata prevalenza di disturbi muscolo-scheletrici.

Il livello medio di attività (HAL) è calcolato sulla frequenza di azioni svolte dalle mani e dalla composizione del ciclo di lavoro (periodi di lavoro effettivo e periodi di recupero): esso può essere anche determinato attraverso valutazioni fornite da un osservatore esperto o dal lavoratore stesso (Figura 1), su una scala ordinale da 0 a 10.

La forza viene considerata normalizzata su una scala da 0 a 10, in corrispondenza dei livelli di forza dallo 0 al 100% della massima, esercitabili da una popolazione di riferimento. La forza massima richiesta dall'attività può essere quindi valutata da un osservatore esperto, dal lavoratore stesso attraverso una scala come quella di Borg, o misurata direttamente attraverso una cella di forza o un elettromiografo.

In presenza di fattori complementari (mantenimento di posture non-neutrali come flessione-estensione o deviazione del polso, rotazione dell'avambraccio; compressione da contatto localizzato; basse temperature; vibrazioni) occorre fare riferimento al giudizio di un esperto per ridurre l'esposizione oltre i limiti indicati dal TLV.

Esempio di sperimentazione in campo

Fase 1) Descrizione sommaria della mansione

È stata analizzata una mansione nel settore produzione, consistente nella cucitura a macchina di sacconi in tela plastica, destinati a contenere materiali pesanti (fino a 6 tonnellate). Le dimensioni di un sacco medio (in centimetri) sono 90 x 90 x 120. Il peso massimo di un sacco è di 3 kg.

L'orario di lavoro è dalle ore 8 alle ore 12 (con pausa di 10 minuti, gestita autonomamente dalle operaie), e dalle ore 13.30 alle ore 17.30 (con ancora una pausa di 10 min). Il tempo effettivo di lavoro ammonta quindi a 7h 40m (460 min).

La posizione di lavoro è seduta.

Il ritmo di lavoro risulta autonomamente gestito dalle operaie. In media vengono lavorati 12 sacchi all'ora, con un massimo di 17 all'ora.

Il posto di lavoro è costituito da: tavolo in ferro (altezza del ripiano cm 80 da terra) con macchina da cucire (ripiano appoggio tessuto rialzato di cm 15 dal tavolo), pedane laterali (altezze cm 60 e 50) per prelievo e deposito dei

sacchi, sgabello a 5 razze (altezza seduta regolabile da cm 38 a cm 60) e poggiaschiena, pedali (n.2) per manovra macchina da cucire (altezza regolabile), forbici, guanti palmari.

Fase 2) - Descrizione dettagliata della mansione

Analisi temporale, calcolo del numero delle azioni tecniche

Tempo medio di 1 ciclo, cioè della lavorazione di 1 sacco: 2' 40" (160 secondi)

Sono stati osservati 4 cicli consecutivi eseguiti da una stessa operaia (Tabella I).

Ogni ciclo comprende la preparazione del materiale (sistemazione dei due fogli sovrapposti a inizio cucitura), la cucitura lungo tragitto rettilineo di 8 lati (movimento continuo di accompagnamento del tessuto, con brevi pause intervallate per riallineamento dei due fogli), 7 movimenti di cambio nella direzione del tessuto da cucire (angoli), una chiusura (fine cucitura e taglio fili) e la sistemazione del prodotto finito sul banco laterale.

Riassunto dell'analisi temporale effettuata, tenendo conto dei livelli di forza applicata

Durata totale delle operazioni di cucitura degli angoli (valutate con CR 3 sulla scala di Borg dall'operaia): 41 secondi (29%)

Durata totale delle operazioni di cucitura dei lati (valutate con CR 2): 84 secondi (59%)

Durata delle operazioni secondarie (taglio, sistemazione dei fogli) (valutate con CR 0.5): 17 secondi (12%)

Frequenza media delle azioni tecniche

Arto sup. Dx: $67/2.66$ (n.azioni osservate nel ciclo/durata di un ciclo in minuti) = 25.18 azioni/min

Arto sup. Sx: $77/2.66$ = 28.94 azioni/min

Azioni tecniche calcolate per la lavorazione di 17 sacchi all'ora: 1139 (Dx); 1309 (Sx)

Azioni tecniche calcolate in un turno completo (460 min): 8724 (Dx); 10026 (Sx)

Durata effettiva del compito ripetitivo nel turno

tempo medio osservato di lavorazione di 1 sacco = 160 sec
sacchi lavorati mediamente in 1 ora = 17

tempo effettivo di lavoro ripetitivo in 1 ora = 2720 sec

tempo effettivo di lavoro ripetitivo in un turno (460 min) = 20835 sec = 347.2 min

Descrizione dettagliata delle azioni e delle posture

L'operaia guida con la mano destra la cucitura (mano in appoggio palmare) e con la mano sinistra tende il tessu-

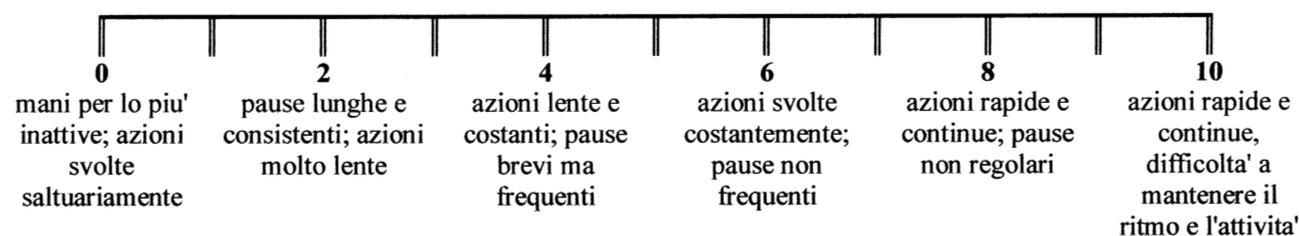


Figura 1. Scala di valutazione dell'HAL (Hand Activity Level) sulla base di parametri osservativi

Tabella I. *Analisi temporale di 4 cicli osservati*

Fase	Oggetto	durata (sec)				Movimenti	n. di azioni tecniche	
		ciclo 1	ciclo 2	ciclo 3	ciclo 4		Arto sup. Dx	Arto sup. Sx
1	prelievo e sistemazione iniziale dei due fogli di tessuto nella macchina	8	7	5	8	rotazione del busto verso sinistra, presa manuale del primo foglio e del secondo foglio di tessuto, sistemazione del risvolto con le dita	2	2
2	cucitura primo lato	6	5	6	10	la mano destra ferma, guida lo scorrimento in avanti del tessuto (posizione pronata); la mano sinistra spinge man mano il tessuto mantenendo il risvolto; a metà lato circa l'operaia deve risistemare il tessuto, pareggiandolo e sollevandolo parzialmente	1	9
3	primo angolo, risistemazione del tessuto per il cambio di direzione nella cucitura	3	5	9	5	la mano sinistra afferra il tessuto sovrastante, lo tira e lo pareggia all'altro per proseguire la cucitura sull'altro lato, mentre la mano destra mantiene la posizione del tessuto sottostante	4	5
4	cucitura secondo lato	8	8	8	9		4	4
5	secondo angolo	6	6	4	7		7	9
6	cucitura terzo lato	13	10	8	12		1	2
7	terzo angolo	5	8	5	4		3	3
8	cucitura quarto lato	11	21	9	17		1	4
9	quarto angolo	4	5	5	4		4	10
10	cucitura quinto lato	6	8	11	17		2	1
11	quinto angolo	4	9	8	9		13	11
12	cucitura sesto lato	6	11	8	10		3	1
13	sesto angolo	7	9	5	4		9	7
14	cucitura settimo lato	17	7	14	13		1	3
15	settimo angolo	9	5	7	6		5	3
16	cucitura ottavo lato	11	9	10	8	prima del termine della cucitura del lato, vengono inserite due etichette	6	1
17	chiusura	4	3	3	2		3	2
Totale		155	145	125	145		67	77
Valore medio		142.5						

to del sacco. La mano destra rimane in posizione di "guida" per circa 25 secondi ad ogni ciclo (20%).

Gli avambracci sono in flessione, con le mani avanzate rispetto al tronco e sospese all'altezza dei gomiti; questi ultimi sono adiacenti al tronco. Il capo viene mantenuto flesso a 30 gradi; il punto di fuoco della vista (distanza occhi-punto di cucitura), si trova ad una distanza di circa 40 cm.

I movimenti compiuti con le mani durante la cucitura rettilinea sono di breve escursione (8-10 cm) e ripetuti, e servono per lo più all'accompagnamento del tessuto verso l'avanti; la mano destra rimane in leggera chiusura, posizione intermedia con presa termino-laterale, il polso destro in estensione di 45 gradi e in deviazione ulnare (25 gradi), le falangi in flessione; la mano sinistra in posizione intermedia, con presa termino-laterale, pronata e con polso in

posizione flessa. Ad intervalli la presa manuale imprime una pressione maggiore sul tessuto per fissare l'orlatura ed indirizzare il tessuto (40-50 gesti per ciclo).

La distanza di presa ("reaching" = distanza orizzontale delle mani rispetto al tronco) è in media di 35-40 cm ed al massimo raggiunge i 55-60 cm.

Prima della cucitura degli angoli le dita effettuano movimenti fini e localizzati, per la sistemazione del tessuto ripiegato; in seguito le mani effettuano prese di forza (posizione termino-laterale) variando la posizione del polso e degli avambracci, per risistemare e tendere il tessuto. A tali movimenti di forza partecipano anche le spalle ed il tronco.

Gli arti superiori compiono movimenti ampi (estensione-abduzione di spalla, gomito e polso) per la sistemazione del volume del sacco che ingombrirebbe altrimenti le

operazioni di cucitura (circa 20 gesti per ciclo); l'ampiezza dei movimenti e la gravosità degli stessi varia a seconda delle dimensioni del sacco, e conseguentemente del peso del tessuto.

Il tronco effettua in tali occasioni delle rotazioni (circa 7 per ciclo) o delle flessioni (circa 7 per ciclo).

Le forbici vengono utilizzate al termine del ciclo per il taglio dei fili, e durante la lavorazione vengono tenute appoggiate sulle ginocchia.

Il pedale destro (larghezza cm 18) viene operato solo all'inizio del ciclo e prima della cucitura degli angoli, mentre il sinistro (larghezza cm 24) viene operato di continuo. La posizione del piede fermo sul pedale è regolabile in altezza e flessa a circa 30 gradi; durante il movimento il piede va in estensione a circa 20 gradi.

Valutazione soggettiva del lavoratore

Il punto indicato come maggiormente critico nella lavorazione è la trazione del tessuto nel momento di cucitura degli angoli, che viene effettuato 4 volte (per i 4 angoli) nel corso di un ciclo, ed il movimento di rotazione del sacco per il cambio del lato da cucire.

La fatica generale al termine di un turno lavorativo (affaticamento) è indicata a livello "pesante" (numero 5 sulla scala CR10 di Borg); localmente nei distretti corporei maggiormente coinvolti (spalle, braccia, mani) è indicato un lieve fastidio (formicolio) a livello "moderato" (numero 3 sulla scala). La valutazione soggettiva della postazione di lavoro è soddisfacente.

Misure oggettive

La misura effettuata con dinamometro (Chatillon) della forza di trazione sul sacco (mano destra) è di 1.5 kg.

La misura elettromiografica (Medicotest-A-10-VS) effettuata sulla parte discendente del muscolo trapezio e sulla parte laterale del muscolo deltoide utilizzando elettrodi di superficie bipolari, con un'area "leading-off" di 25 mm², una distanza tra gli elettrodi di 2 cm ed una resistenza inferiore a 20 k-ohms, è stata registrata telemetricamente (Medinik IC-600-C) ed ha fornito valori di attivazione muscolare compresi nel range di normalità (8).

Fase 3) Analisi dei fattori di rischio

Periodi di lavoro/periodi di recupero

Il rapporto ottimale tra tempi di lavoro e tempi di recupero dovrebbe essere di 5:1 ad ogni ora, e cioè 50 minuti

di lavoro e 10 minuti di pausa (ovvero il lavoro dovrebbe ammontare all'83% circa della durata di ciascuna ora).

Tempo totale turno: dalle 8 alle 17.30 = 570 min

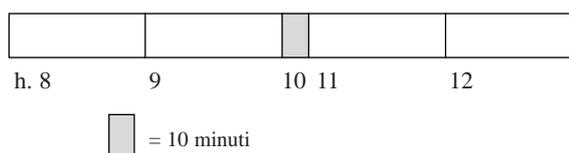
Tempo totale pause: 10 min + 10 min + 90 min = 110 min

Tempo effettivo di lavoro: 460

Rapporto tempo effettivo di lavoro/pause= 4:1

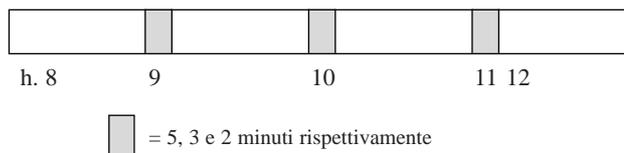
I compiti effettuati sono di natura ripetitiva.

distribuzione standard dei periodi di lavoro e di recupero (mattina)



Da questo punto di vista sarebbe preferibile effettuare pause più brevi ed inframezzate, ad esempio di 5, 3 e 2 minuti nella mattina e lo stesso nel pomeriggio.

esempio di distribuzione ottimale dei periodi di lavoro e di recupero (mattina)



Micropause

La lavorazione è d'altra parte gestita autonomamente nel ritmo dalle operaie, che devono lavorare in media 12 sacchi all'ora (35 nel caso dei sacchi a ripresa). Considerando i tempi di lavorazione osservati, rimangono a disposizione delle operaie dei brevi tempi di recupero, che possono essere considerate delle micropause, di durata di almeno 10 secondi (Tabella II).

Applicazione di forza

La forza applicata con le mani nelle fasi maggiormente critiche (esecuzione degli angoli) è stata misurata con dinamometro (1.5 kg), e valutata dalle operaie a livello 3 della scala di Borg.

Tale livello dovrebbe costituire, anche secondo l'analisi elettromiografica effettuata, circa il 30% della massima forza.

Tabella II.

Frequenza media di lavorazione (sacchi / ora)	n. sacchi teoricamente lavorati in un turno (460 min)	A) durata media teorica di lavorazione di 1 sacco (min per sacco)	B) tempi medi di lavorazione osservati (durata di 1 ciclo) (secondi)	rapporto B/A (%)	tempo teorico a disposizione per recupero ad ogni ciclo (secondi)
12	92	5 (300 secondi)	160 200	50 66	140 100
35	268	1.7 (102 secondi)	80	78	24

Assumendo che la forza applicata nelle fasi più critiche corrisponda al 30% circa della massima, vengono indicati nella tabella i tempi osservati di mantenimento della forza (corrispondente per ogni mansione alla durata massima della fase maggiormente critica) e quelli raccomandati (25), e la durata osservata delle fasi di recupero (fasi successive implicanti una applicazione di forza minore, e quindi considerati come periodi di recupero) e quella raccomandata (Tabella III).

Tabella III. Tempi (secondi) osservati di applicazione della forza e di recupero, e raccomandazioni circa la durata dei tempi di mantenimento e di recupero, relativamente ad una intensità di forza applicata pari a 3 sulla scala di Borg (circa 30% della massima)

tempo osservato di mantenimento della forza	tempo massimo raccomandato di mantenimento della forza	tempo di recupero osservato, successivo alla applicazione di forza	tempo di recupero raccomandato (secondi)
9 (tempo massimo di cucitura degli angoli)	20	10 (durata media di cucitura del lato)	10

Secondo le indicazioni fornite dalla letteratura relativamente alla forza applicata prevalentemente con le mani e con le dita durante azioni di trazione, il limite massimo è di circa 4 kg. Riguardo alla forza massima sviluppabile durante compiti di spinta/trazione (coinvolgenti anche i muscoli più potenti delle spalle e del tronco) svolti da posizione seduta, il limite è di 13 kg.

Nelle posizioni delle mani assunte durante la lavorazione, si riscontra secondo fonti bibliografiche (11, 24), una diminuzione della forza massima applicabile:

- in presa di forza termino-laterale si riscontra una diminuzione del 65% della forza di presa
- con polso in deviazione ulnare (40 gradi) la diminuzione è del 75%
- con polso in deviazione radiale (25 gradi) è dell'80%
- con polso in estensione (45 gradi) la diminuzione della forza è del 75%
- con polso in flessione (45 gradi) la diminuzione è del 60%.

Tenendo conto del tipo di presa assunto durante la mansione esaminata, la forza massima applicabile risulta quindi notevolmente diminuita e lo sforzo implicato molto superiore rispetto alla condizione con posizione angolare neutra.

Impegno muscolare ponderato

Per ogni ciclo è stato calcolato l'impegno muscolare medio ponderato (Tabella IV), cioè calcolato tenendo conto della

Tabella IV. Calcolo dell'impegno muscolare medio ponderato

durata forza CR 3	durata forza CR 2	durata forza CR 0.5	fattore CR 3 (x)	fattore CR 2 (y)	fattore CR 0.5 (z)	fattore forza media ponderata (x+y+z)
29%	59%	12%	0.87	1.18	0.06	2.11

durata delle varie fasi, assumendo che quelle più critiche sono state valutate con "3" sulla scala di Borg, quelle meno impegnative dal punto di vista della forza, sono state valutate con "2" sulla scala, e le operazioni minori con "0.5" sulla scala.

Il livello di impegno muscolare ponderato in un ciclo è circa 2 ("leggero" sulla scala di Borg). Tale valore sarebbe compatibile con la continuazione del lavoro per un normale turno lavorativo, fatte salve le adeguate pause di recupero.

Postura

La postura seduta assunta dall'operatrice risulta in generale conforme alle indicazioni fornite in letteratura:

- superficie di lavoro ad altezza di 80 cm
- sedile regolabile in altezza
- spazio per le ginocchia (in profondità) 66 cm
- angolo visivo a 40 gradi, con l'oggetto lavorato tenuto ad una distanza di 50 cm circa, e 15-25 cm sopra rispetto alla superficie di lavoro

La distanza di presa orizzontale, che secondo le misure antropometriche delle operatrici di taglia più piccola può essere al massimo di 40 cm, risulta invece talvolta maggiore; infatti durante la lavorazione occasionalmente l'operatrice deve inclinare in avanti il tronco. Si dovrebbe tenere conto di questo limite anche per il prelievo degli oggetti lateralmente (bretelle, fogli di tessuto) che richiedono rotazione e flessione del tronco: un diverso posizionamento permetterebbe di ridurre i movimenti del tronco.

Il pedale è adeguatamente posizionato (larghezza compresa tra 30 e 41 cm, profondità 30 cm, appoggio del piede a non più di 30 gradi, forza richiesta compresa tra 1.5 e 3 kg), e la manovra richiede una escursione nella norma (non oltre i 25 gradi dalla posizione neutrale).

Critici dal punto di vista posturale risultano invece risultano i movimenti compiuti dagli arti superiori, che lavorano in costante sospensione (privi di sostegno), con ampie angolazioni dei segmenti polso-mano, gomito e spalla.

Fase 4) Calcolo degli indici di rischio

OCRA Index (Tabella V)

Per il fattore forza si è utilizzato il calcolo precedentemente elaborato dell'impegno muscolare ponderato, corrispondente ad un punteggio di circa 2.

Tabella V. Calcolo dell'indice OCRA

N. azioni tecniche osservate Arto Dx	N. azioni tecniche osservate Arto Sx	Fattore forza	Fatt. post. Arto Dx	Fattore post. Arto Sx	Fattore compl.	Fattore recupero	Durata effettiva compito ripetitivo (min)	N. azioni raccomandate	OCRA Arto Dx	OCRA Arto Sx
8724	10026	0.65	0.6	0.6	0.95	1	347.2	3859	2.26	2.59

Per il fattore postura si sono considerate le articolazioni:

- gomito (entrambi): flessione > 60 gradi (punteggio 2) e gesti ripetuti per 2/3 del ciclo (punteggio 4) = tot 6
- gomito Dx: supinazione > 60 gradi (punteggio 4) = tot 10
- gomito Sx: pronazione > 60 gradi (punteggio 2) = tot 8
- polso (entrambi): gesti stereotipati per 2/3 del ciclo = 4
- polso Dx: dev. ulnare (punteggio 2), estensione > 45 gradi (punteggio 4) = tot 10
- polso Sx: dev. radiale (punteggio 2), flessione (punteggio 3) = tot 9
- dita: grip stretto (punteggio 2) e movimenti fini (punteggio 3) = tot 5
- spalla: abduzione > 45 gradi (punteggio 4) e flessione > 80 gradi (punteggio 4) = tot 8

Per i fattori complementari è stato considerato presente quello relativo alle vibrazioni (a livello delle mani, durante l'azionamento della macchina da cucire).

Il numero di azioni raccomandate al minuto risultante (partendo dalla costante di frequenza d'azione pari a 30) risulta di 11.11.

In base ai criteri esposti dagli Autori, l'indice ottenuto (Figura 2) si colloca entro la cosiddetta "area gialla" (compresa tra 0.75 e 4), per la quale l'esposizione, comunque non rilevante, può avere un certo significato e per la quale è utile attivare la sorveglianza dei possibili effetti indotti*.

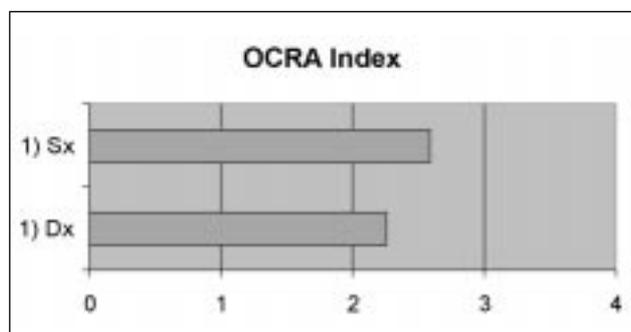


Figura 2. Punteggio OCRA

Strain Index (Tabella VI e VII)

Secondo i dati normativi forniti dagli autori, punteggi mediamente corrispondenti a 29 sono positivamente correlati con il rischio di sviluppo di disturbi muscolo-scheletrici.

Tabella VI. Calcolo dello Strain Index
Valutazioni attribuite ai diversi fattori

intensità della forza	durata di applicazione della forza	frequenza di applicazione della forza (azioni/min)	postura mano-polso	ritmo di lavoro	durata per turno
2	2	5	3.5	3	4

Tabella VII. Calcolo dello Strain Index
Fattori moltiplicativi e calcolo dell'indice

intensità della forza	durata di applicazione della forza	frequenza di applicazione della forza (azioni/min)	postura mano-polso	ritmo di lavoro	durata per turno	Strain Index
3	1	3	1.8	1	1	16.2

La mansione non risulta quindi, secondo tali criteri, a rischio per lo sviluppo di disturbi muscolo-scheletrici agli arti superiori.

Ergonomic Stress Index (ESI) (Tabella VIII)

L'indice ESI calcolato è pari al 20% del valore massimo assumibile dall'indice (215). Secondo gli studi di Silverstein (1986), per mansioni con impegno di elevata ripetizione e forza moderata-leggera, con un punteggio ESI pari a 14, è stata riscontrata una correlazione significativa con la prevalenza di disturbi alla mano-polso.

Tabella VIII. Calcolo dell'Ergonomic Stress Index (ESI)

f. ripetitiv. (A)	f. forza (B)	f. postura (C)	A x B	A x C	B x C	A x B x C	ESI
4	2	2	8	8	4	16	44

Secondo tale indicazione quindi, le mansioni analizzate risultano a rischio per lo sviluppo di tali disturbi muscolo-scheletrici.

Bisogna comunque tenere presente che l'indice ESI attribuisce nell'equazione uguali pesi ai vari fattori di rischio, e quindi comporta alcune limitazioni nell'attendibilità dell'indicazione.

Calcolo del TLV (Threshold Limit Value) - (Tabella IX)

Il punteggio calcolato (Figura 3) si colloca entro i limiti di norma, e quindi al di sotto del TLV. Tuttavia, secondo le indicazioni dell'ACGIH, e cioè tenendo conto anche dei fattori collaterali (in particolare la postura incongrua degli arti superiori e la possibile presenza di effetti legati alle vibrazioni), si ritiene che la mansione necessiti di adeguati interventi di miglioramento ergonomico.

Tabella IX. Calcolo del punteggio relativo a TLV

frequenza azioni/sec Arto Dx	frequenza azioni/sec Arto Sx	durata del ciclo con forza > 5%	HAL
0.42	0.48	60-80	5

* Relativamente alla suddivisione del punteggio OCRA in fasce di gravità, si rimanda alle recenti proposte di modifica suggerite dagli stessi Autori, per cui:

fino a 2	assenza di rischio
tra 2,1 e 3,9	rischio lieve
tra 4 e 7,9	rischio medio
> 8	rischio elevato

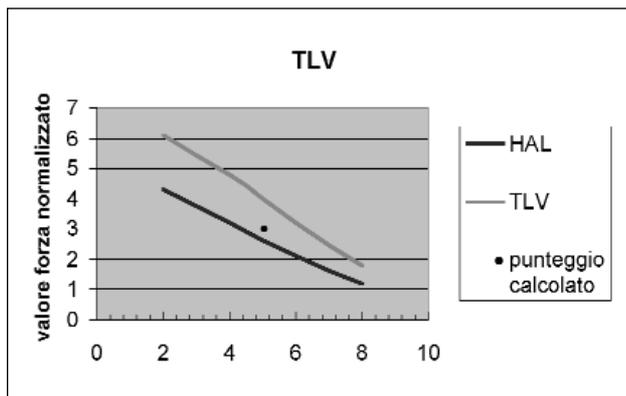


Figura 3. Punteggio relativo a TLV (Threshold Limit Value)
Punteggio calcolato per la mansione; il valore si colloca al di sotto del limite superiore (TLV)

Fase 5) Consigli di miglioramento della mansione

Analizzando la mansione possono essere focalizzati alcuni aspetti critici relativamente all'uso degli arti superiori:

a) le abduzioni delle spalle (movimento in fuori del gomito) possono essere in parte ridotte, prevedendo una diversa disposizione dei materiali da prelevare/depositare

b) la necessità di effettuare e mantenere prese di forza con le mani, con "span" (cioè l'ampiezza di apertura della presa) ridotto, causa notevoli sollecitazioni sui tendini che passano per il polso; secondo le indicazioni presenti in letteratura uno span di 3-5 cm permetterebbe la massima applicazione di forza

c) la pressione sviluppata sul palmo delle mani in seguito alle prese di forza comprime i numerosi vasi qui situati, causando disturbi nella circolazione localizzata

d) le deviazioni del polso dalla sua posizione neutrale devono essere minimizzate

Le soluzioni possibili rispetto ai punti elencati possono essere:

a) posizionare diversamente gli oggetti da prelevare, ai lati del posto di lavoro, cercando anche di evitare distanze di presa elevate (> 50 cm)

b-c) progettare una modifica dei guanti in uso dalle operatrici, inserendo uno spessore in gomma, a livello palmare, che permetta di ampliare lo span di presa (aumentando così la massima forza applicabile) e di ridistribuire sulla mano in modo più esteso le pressioni sviluppate in seguito alla presa del tessuto

d) modificare il posto di lavoro in modo che l'operatrice sia posizionata più correttamente rispetto al materiale di lavoro, e possa lavorare con polso in posizione quasi neutra.

Conclusioni

L'esempio applicativo riportato in questo studio mostra una metodologia di analisi riferita al modello osservativo, e coadiuvata da semplici misure attuabili sul cam-

po (goniometria, dinamometria, elettromiografia, valutazione psicofisica).

Le conclusioni deducibili dai vari indici di rischio, interpretabili anche alla luce delle indicazioni fornite in letteratura, possono costituire la base di interventi di tipo strutturale-organizzativo (modifiche al posto di lavoro, agli attrezzi, alla distribuzione dei tempi di lavoro) o sanitario (corsi di formazione per il personale, addestramento all'utilizzo di nuovi strumenti o ausili, sorveglianza sanitaria e monitoraggio dei parametri critici).

La ricerca delle modalità più congrue di ottimizzazione del compito è un processo che inizia dalla relazione di valutazione del rischio e continua attraverso un confronto tra tecnici, rappresentanti dell'azienda e lavoratori, perseguendo gli obiettivi di salvaguardia della salute e della sicurezza dei lavoratori attraverso programmi ergonomici a carattere partecipativo, tra l'altro cardini fondamentali del principio del Total Quality Management espresso nello standard internazionale ISO 9000 (16).

Bibliografia

- 1) Aarås A, Westgaard RH. Further studies of postural load and musculo-skeletal injuries of workers at an electro-mechanical plant. *Appl Ergon* 1987; 18 (3): 211-9.
- 2) ACGIH. Annual reports of the Committees on Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs). 1999.
- 3) American Medical Association. Guides to the evaluation of permanent impairment, 3rd Edn., Chicago, 1990.
- 4) ANSI (USA): Draft ANSI Z-365. Control of work-related cumulative trauma-disorder. 1995.
- 5) Australian National Occupational Health and Safety Commission: Draft National Code of Practice for manual handling (occupational overuse syndrome): a public discussion paper, Canberra: Australian Government Publishing Service, 1992.
- 6) Berra A. CTD risks assessment without diagnostic standards and safe return to work without risks assessment: is it? In: Activities of the upper limbs: aspects of occupational and rehabilitation medicine (Capodaglio P & Bazzini G Edit.) *Adv Occup Med Rehab*, Collane Fondazione S. Maugeri, Vol. 3, n. 1, 1997: 233-250.
- 7) Borg G. Borg's Perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics eds.*, Champaign (USA), 1998.
- 8) Capodaglio P, Jensen C, Christensen H. Quantification of muscular activity in the shoulder region during monotonous repetitive work. *La Medicina del Lavoro*. 1996; 87: 305-313.
- 9) CEN Draft - 1005 3/4 - "Safety on machinery: Human Physical Performance". 1996.
- 10) Chaffin DB, Anderson GBJ. *Occupational Biomechanics*, New York: John Wiley & Sons, 1984.
- 11) Eastman Kodak Company - *Ergonomic design for people at work*. Vol. 1 e 2. 1983.
- 12) Genaidy AM, Al-Sheidi AA, Shell RL. Ergonomic risk assessment: preliminary guidelines for analysis of repetition, force and posture. *J Human Ergol* 1993; 22: 45-55.
- 13) Hagberg M et al. *Work related musculoskeletal disorders (WMSDs)*. Taylor and Francis, London, 1995.
- 14) Hargens AR et al. Peripheral nerve-conduction block by high muscle-compartment pressure. *J Bone Joint Surg* 1979, 61A, 2: 192-200.
- 15) Keir PJ, Bach JM, Rempel DM. Effect of finger posture on carpal tunnel pressure during wrist motion. *J Hand Surg* 1998, 23A, 6: 1004-1009.
- 16) ISO, International Standard ISO 9000: Quality Management and Quality Assurance Standards: Guidelines for selections and use, 1st Edn, Geneva, 1987: International Organisation for Standardization (Reference no. ISO 9000: 1987 E).

- 17) Jonsson B. Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. *J Hum Ergol* 1982; 11: 73-88.
- 18) Luchetti R, Schoenhuber R, Nathan P. Correlation of segmental carpal tunnel pressures with changes in hand and wrist positions in patients with carpal tunnel syndrome and controls. *J Hand Surg* 1998, 23B, 5: 598-602.
- 19) Moore JS, Garg A. The Strain Index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am Ind Hyg Assoc J* 1995; 56: 443-458.
- 20) Norman RW, McGill SM. WATBAK: a computer software package to estimate low back compressive and shear forces and NIOSH Action and Maximum Permissible Limit for the assessment of acute strength demands and effects of manually lifting loads: final report to Dr. W.S. Myles, Toronto: Defence and Civil Institute of Environmental Medicine, 1984.
- 21) Occhipinti E, Colombini D. Alterazioni muscolo-scheletriche degli arti superiori da sovraccarico biomeccanico: metodi e criteri per l'inquadramento dell'esposizione lavorativa. *La Medicina del Lavoro* 1996; 87 (6): 491-525.
- 22) OSHA: Ergonomics program management guidelines for meat-packing plants. U.S. Department of Labor, OSHA 1991; 3123.
- 23) Pheasant S. Ergonomics: standards and guidelines for designers. BSI, ed., Lindford Wood, 1987.
- 24) Putz-Anderson V. Cumulative Trauma Disorders. A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. Taylor and Francis ed., London, 1988.
- 25) Rodgers SH. Recovery time needs for repetitive work. *Seminars in Occupational Medicine*, 1987; 2 (1): 19-24.
- 26) Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *Brit Journ Industrial Medicine*, 1986; 43: 779-784.
- 27) Snook SH, Ciriello VM. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*, 1991; 34 (9): 1197-214.

Le indagini occupazionali sono svolte con il coordinamento del Servizio di Medicina del Lavoro - Centro Medico di Veruno, Fondazione Salvatore Maugeri, Responsabile Dott. Mario Melazzini.

Questa relazione è stata eseguita in riferimento alla convenzione tra Fondazione Salvatore Maugeri - IRCCS, e C.D.S. di Brescia.

Richiesta estratti: *Dott.ssa Edda M. Capodaglio - CSAM, Laboratorio di Ergonomia - Centro Medico di Pavia - Fondazione S. Maugeri, IRCCS - Via A. Ferrata, 8 - 27100 Pavia, Italy*