

Edda Maria Capodaglio

Il rischio posturale lavorativo e i disturbi agli arti inferiori

Servizio di Fisiatria Occupazionale ed Ergonomia - Fondazione Salvatore Maugeri IRCCS, Istituto Scientifico di Pavia

RIASSUNTO. La postura di lavoro fa parte dei fattori di rischio per lo sviluppo di disturbi muscolo scheletrici. Le problematiche posturali relative agli arti inferiori sono state finora sottovalutate nell'ambito della medicina preventiva e della ergonomia, rispetto a quelle di tronco e arti superiori. Gli strumenti di valutazione del rischio posturale specifico risultano disomogenei e incompleti. La classificazione delle posture, la quantificazione del rischio, la correlazione con aspetti organizzativi ed individuali, gli interventi per la prevenzione e la gestione del rischio costituiscono aspetti ancora da approfondire.

Parole chiave: rischio posturale, arti inferiori, valutazione del rischio.

ABSTRACT. *The working posture is part of the risk factors for the development of muscle-skeletal disorders. Compared to postural problems of the trunk and upper limbs, those related to the lower limbs have been so far undervalued in the context of preventive medicine and ergonomics. The risk assessment tools for the lower limbs posture are inhomogeneous and incomplete. The classification of postures, the quantification of the risk, the correlation with organizational and individual aspects, and interventions for the prevention and management of the risk are aspects yet to be explored.*

Key words: *postural risk, lower limbs, risk assessment.*

La postura di lavoro

La postura (definita come “insieme dato dalla posizione dei vari segmenti articolari relativamente alla loro articolazione”) costituisce un elemento caratterizzante il lavoro.

La postura di lavoro, cioè la postura adottata dal lavoratore durante lo svolgimento del compito, è determinata dalla interrelazione tra dimensioni della postazione (spazi e arredi), materiali e strumenti utilizzati, misure antropometriche del lavoratore e tecnica di svolgimento.

L'adeguatezza posturale è importante nella prevenzione dei disturbi muscolo-scheletrici lavoro-correlati. Può essere considerata ottimale la postura neutra, cioè la posizione a tronco eretto e arti superiori naturalmente distesi lungo il corpo. In questa condizione tutti gli angoli tra segmenti complementari sono uguali a 0. Maggiore è la deviazione dalla posizione naturale, maggiore sarà il carico muscolo-scheletrico.

Posture con posizioni articolari per lo più neutre o leggermente deviate, e che impegnano in modo diversificato i vari settori corporei risultano generalmente sicure e tollerabili. La postura di lavoro può essere unica o diversificata, prolungata nel tempo o alternata periodicamente.

Mentre l'alternanza tra posture diverse garantisce un certo livello di recupero fisiologico nei vari settori man mano disimpegnati, le posture statiche (protratte o ripetute) sono generalmente sconsigliate in quanto impegnano i muscoli in contrazione isometrica, impedendo un adeguato ricambio tra prodotti del catabolismo e ossigeno, tanto che intensità di contrazione anche lievi (inferiori al 5-6% della massima contrazione volontaria, MVC) possono costituire un fattore di rischio cumulativo per lo sviluppo di disturbi muscolo-scheletrici.

Il mantenimento di posture costrette, la postura eretta o seduta prolungata senza alternanza, il cammino protratto sono fattori di rischio già noti per lo sviluppo di disturbi muscolo scheletrici. Mentre nel passato tali fattori sono stati associati soprattutto a settori lavorativi caratterizzati da impegno “pesante”, quali agricoltura e edilizia, recentemente gli stessi vengono riportati come fattori di rischio emergenti in settori considerati a impegno “leggero”, come quello dei servizi (1).

Secondo la 5^a indagine europea sulle condizioni lavorative (2), il 45% dei lavoratori europei (EU27) mantiene posture affaticanti per almeno 1/4 del tempo lavorativo, e circa il 70% mantiene una postura di lavoro eretta. Esiste una tendenza attuale verso forme di lavoro statiche, caratterizzate da inattività fisica del corpo globale, attività ripetitive e monotone segmentali con assenza di variabilità, stereotipe ed alta velocità.

Il totale delle malattie provocate da posture costrette al lavoro ammonta al 68% di tutte le malattie lavorative denunciate nel 2003 in Francia (2), ed in generale riguarda i lavoratori del settore servizi e della vendita, e specialmente lavoratori giovani e donne.

Disturbi muscolo scheletrici da impegno posturale riferiti agli arti inferiori

Numerosi studi confermano la relazione tra il rischio di sviluppo di disturbi muscolo scheletrici (MSDs, muscle-skeletal disorders) e il mantenimento di posture statiche e prolungate (3).

La postura eretta prolungata è associata a discomfort, affaticamento precoce e altri rischi per la salute, inclusi i disturbi agli arti inferiori (4-9).

La medicina occupazionale tratta diffusamente dei disturbi riferiti a rachide ed arti superiori (10), meno di quelli riferiti agli inferiori (LLDs, lower limbs disorders).

L'interesse per le problematiche degli arti inferiori è cresciuto nell'ambito diagnostico e terapeutico – ad esempio relativamente a disallineamento posturale, tensioni muscolari (11), stabilità (12) – e nell'ambito sportivo (13), ed ha visto lo sviluppo di strumenti per la valutazione posturale statica-settoriale (es. Foot Posture Index di Redmond) (14) o dinamica-globale in setting valutativi standardizzati (15).

L'evidenza scientifica dimostra l'esistenza di molteplici LLDs lavoro-correlati, comprendenti disturbi dell'anca, del ginocchio e delle gambe, solitamente determinati da un sovra-utilizzo di questi settori (es. osteoartrite del ginocchio e dell'anca, borsite del ginocchio, lesioni del menisco, fratture da stress, vene varicose alle gambe).

L'osteoartrite è una condizione degenerativa che interessa le articolazioni corporee (es. ginocchio, anca, colonna vertebrale) e che si verifica quando il rivestimento cartilagineo sulle articolazioni viene danneggiato o usurato. L'osteoartrosi dell'anca è più comune tra i lavoratori maschi rispetto alle femmine, ed è particolarmente diffusa nel settore dell'agricoltura, tra i minatori, i piastrellatori, e gli addetti alle pulizie.

La borsite del ginocchio (detto anche "ginocchio della lavandaia") è causato da inginocchiamenti ripetuti o da compiti sovraccaricanti il ginocchio (come il movimento di accovacciata profonda, "squat"). I pazienti riferiscono generalmente gonfiore e mobilità del ginocchio limitata a causa di dolore; nella forma estrema è presente ipercheratosi in corrispondenza della rotula.

Attività comportanti piegamento o rotazione delle ginocchia in carico, possono predisporre a lesione meniscali, che a sua volta può degenerare in osteoartrite. La

stazione eretta protratta può causare discomfort agli arti inferiori (senso di pesantezza e gonfiore, dolore, crampi notturni) fino a vere e proprie vene varicose.

Il soggetto inizialmente affetto da LLDs avverte dolore o intorpidimento alle gambe, senza il collegamento con una specifica malattia. I fattori di rischio più comuni sono:

- ripetizione di movimenti quali inginocchiarsi ("kneeling") o piegarsi a fondo sulle ginocchia ("squat");
- posture fisse prolungate, ad esempio stare in piedi per più di 2 ore senza una pausa;
- balzi a terra da altezza (esempio balzare giù da una pedana rialzata).

Il rischio di LLDs correlato a esposizione a posture prolungate è stato studiato in diversi settori occupazionali sia industriali che artigianali (16-18), oltre che in quello dei servizi (19-22).

Secondo l'Health and Safety Executive (HSE, 2010) (23) nel Regno Unito circa il 20% di tutte le malattie muscolo-scheletriche lavoro-correlate sono costituite da LLDs. L'HSE stima che ogni caso di LLD comporti un'assenza media dal lavoro di circa 25 giorni.

I disturbi che interessano gli arti inferiori variano in gravità dai più lievi, avvertiti come disagio ("discomfort") localizzato ai piedi o alle gambe (21), all'edema ai piedi e alle gambe (20), fino ai crampi notturni (24), e perfino alla insufficienza venosa cronica (CVI) (9, 25).

La stazione eretta o seduta prolungata aumenterebbe il rischio di trombosi venosa profonda (26, 27) ed insufficienza venosa cronica (7, 28), con le donne particolarmente esposte (29, 30).

Mentre la percezione di discomfort alle gambe compare dopo circa un'ora che la stazione eretta viene mantenuta (4), la CVI è associata col mantenimento della postura eretta per più del 50% del turno di lavoro (31).

Valutazione del rischio posturale

In generale è importante quantificare l'esposizione a posture inadeguate, al fine di ridurre il rischio di MSDs (3, 32). In particolare occorre verificare la presenza al lavoro di:

- postura seduta / eretta;
- posture incongrue (che comportano posizioni articolari molto deviate rispetto alla posizione neutra);
- postura fissa / variabile;
- durata di mantenimento delle posture, e schema delle fasi di carico (forze esterne applicate) e di scarico (recupero);
- dimensioni dell'area di lavoro e possibilità di regolazione, in modo da favorire posture ottimali relativamente a caratteristiche del compito e antropometria del lavoratore;
- applicazione di forza statica (intensità e durata), fattore che può aggravare l'esposizione a rischio.

Il carico posturale statico può essere dovuto a postura eretta o seduta prolungata, appoggio mono-podalico, posture incongrue o estreme, ma anche a lavoro protratto svolto ad intensità elevata (>50% MVC), picchi di impegno molto elevati (> 70% MVC), carichi improvvisi o

bruschi. Non solo dunque posture prolungate, ma anche movimenti ripetuti molto rapidi e ad elevata richiesta di accuratezza possono provocare una contrazione statica nel muscolo e un conseguente sovraccarico dei tendini e dei legamenti. Le strutture passive (legamenti, capsule articolari, tessuto connettivo) possono vicariare il momento di forza, consentendo un notevole risparmio muscolare, a patto che siano presenti momenti di recupero fisiologico adeguati.

La predisposizione ottimale della postura attraverso la corretta progettazione evita l'insorgere di disturbi e tensioni. Ad esempio, nella posizione seduta è ottimale che il collo sia mantenuto verticale e che il tronco risulti leggermente inclinato posteriormente, sono raccomandate posizioni il più possibile neutre degli arti superiori, associate ad un piano di lavoro ad altezza adeguata o lievemente inclinato.

La valutazione del carico statico comprende il calcolo attraverso modelli biomeccanici delle forze e dei momenti applicati al sistema muscolo scheletrico durante specifiche fasi posturali. Tipicamente la valutazione riguarda i carichi di picco (applicazione di forze elevate), ma può anche riguardare carichi lievi e prolungati nel tempo (carico cumulativo). Entrambe le situazioni sono correlate allo sviluppo di disturbi muscolo-scheletrici.

Complementare al carico statico lavorativo è l'inattività fisica durante il tempo libero e durante le fasi di spostamento (ad esempio casa-lavoro); un aumento nella quota di posture sedentarie o statiche durante lavoro è anche dovuta al crescente utilizzo di computer e sistemi automatici. L'aumento della quota di tempo sottratto ad attività fisica (sia durante lavoro che durante il tempo libero) è riconosciuto come fattore di rischio emergente correlato ai LLDs: in particolare edema ai piedi e alle

gambe, vene varicose e insufficienza venosa cronica agli arti inferiori (2).

Altri fattori di rischio correlati alla comparsa di LDDs sono:

- fattori individuali: genere, variabili antropometriche, predisposizione familiare, invecchiamento, gravidanza, obesità mostrano importanti associazioni con LLDs (29);
- fattori organizzativi e psicosociali al lavoro sembrano giocare un ruolo indiretto nello sviluppo dei precursori di disfunzioni circolatorie (ad esempio l'ipertensione è un precursore dello sviluppo di insufficienza venosa cronica) (9, 33);
- fattori ambientali (ad esempio alte temperature), attività sussidiarie (come portare grandi carichi) (20), o condizioni concomitanti (ad esempio portare uniformi inadeguate, abbigliamento troppo attillato o calzature con tacchi alti) (25) possono aumentare il livello di rischio. Fattori aggravanti per il carico posturale statico sono il freddo, il rumore, e anche richieste mentali del compito.

Strumenti di valutazione del rischio posturale

Diversi strumenti sono disponibili per la valutazione della postura (Tabella I). Tra i metodi, il Niosh (3) distingue tre tipologie principali:

- Self-reports (diari, interviste, questionari, scale analogiche): facilmente applicabili, ma con un grado di accuratezza discutibile; sono necessari campioni numericamente grandi e metodi di analisi appropriati, sussistono problemi culturali e di comprensione. La valutazione dell'angolazione posturale avviene solitamente tramite riferimento a standard.

Tabella I. Metodi di valutazione che considerano la postura tra i fattori di rischio (da David, 2005)

Metodo	Postura	Peso/forza	Frequenza dei movimenti	Durata	Tempo di recupero	Vibrazioni
OWAS	X	X				
Checklist	X					
RULA	X	X	X			
NIOSH Lifting Equation	X	X	X	X	X	
PLIBEL	X	X				
The Strain Index	X	X	X	X		
OCRA	X	X	X	X	X	X
QEC	X	X	X	X		X
Manual Handling Guidance	X	X	X	X	X	
REBA	X	X	X			
FIOOSH Risk Factor Checklist	X	X	X	X		
ACGIH TLVs	X	X	X	X		
LUBA	X					
Upper Limb Disorder Guidance	X	X	X	X		X
HSG60	X					
MAC	X	X	X			

- Osservazione da parte di un esperto, con valutazione soggettiva delle posture o basata su schemi prefissati di variabili espositive: questi metodi sono di facile applicazione, presentano una validità intermedia, sono adatti per la valutazione di posture statiche e con atti ripetitivi; lo scopo è verificare livelli tollerabili o impostare misure preventive; sussiste il problema della interazione tra fattori (es. forza, durata) e della assegnazione del peso alle variabili. La valutazione dell'angolazione posturale avviene tramite classificazione istantanea con stima dell'angolazione secondo classi esemplificative.
- Misure dirette (EMG, goniometria, misura di forze esterne); questi metodi hanno elevata validità, ma implicano un costo rilevante in risorse e tempo. Consentono la quantificazione dei valori di picco e cumulativi. I metodi osservativi appaiono nel complesso i più vantaggiosi, e sono particolarmente adatti a ricerche applicate sul campo (3, 34-37). Essi forniscono informazioni relativamente valide circa il rischio di sviluppare disturbi muscolo scheletrici lavoro-correlati, senza interferire nei processi di lavoro né richiedere l'impiego di attrezzature sofisticate o tempi lunghi di registrazione. Le raccomandazioni e la descrizione delle tecniche per l'osservazione delle posture lavorative (relative a tronco e arti superiori) sono esplicitate dal Niosh (3) (Figura 1).

Il principio è che il corpo umano possa essere considerato composto da segmenti (es. braccio, avambraccio,

tronco, coscia...) connessi tra loro, le cui posizioni possono essere definite dalle rispettive posizioni angolari, valutate su un piano ortogonale di riferimento.

La valutazione sulle posture richiede di considerare i segmenti corporei nella loro posizione angolare; il numero di angoli utilizzati nella definizione della postura articolare è in relazione diretta con il livello di accuratezza e dipende dalla corrispettiva escursione articolare (ROM, Range of motion). Il Niosh raccomanda quindi di riferirsi alle seguenti suddivisioni angolari per i vari distretti:

- tronco (flessione): angolo di 30° (4 classi);
- tronco (flessione laterale): angolo di 15° (3 classi);
- spalla (flessione): angolo di 30° (5 classi);
- spalla (abduzione): angolo di 30° (5 classi);
- spalla (flessione): angolo di 30° (5 classi);
- gomito (flessione): angolo di 30° (4 classi).

Le suddette categorie sono quelle che ottimizzano il rapporto tra grandezza dell'errore e frequenza dello stesso (è noto infatti che aumentando il numero di categorie posturali si aumenta potenzialmente il livello di precisione, ma ciò espone anche ad un rischio maggiore di errore).

La quantificazione e la descrizione rigorosa della postura corporea durante lavoro è comunque molto difficile, a causa della notevole variabilità della stessa nel tempo, delle innumerevoli possibilità di combinazioni posturali tra diversi segmenti articolari; della modificazione continua del centro di rotazione articolare con la posizione angolare del segmento. Oltre a questi errori intrinseci esiste la possibilità di errori accidentali, dovuti alla soggettività.

Inoltre ogni modello di valutazione adottato dovrebbe rispondere a criteri di validità interna (aderenza delle misure osservate rispetto agli standard di riferimento) e di validità esterna (capacità del modello di analisi nel prevedere il rischio di MSD).

Per quanto riguarda la classificazione, la maggior parte dei metodi valutativi basati sull'osservazione procede per approssimazione, dividendo il ROM in serie di zone.

Ad esempio, l'intervallo (circa 57° ROM) del polso in abduzione-adduzione viene suddiviso in tre zone (ulnare-neutro-radiale); l'intervallo (circa 131° ROM) del polso in flessione-estensione viene suddiviso in 5 zone (>45° estensione; 0-45° estensione; neutro; 0-45° flessione; >45° flessione). Per la mano la classificazione è semplificata in vari tipi di prese (es. "grasp, three jaw chuck,

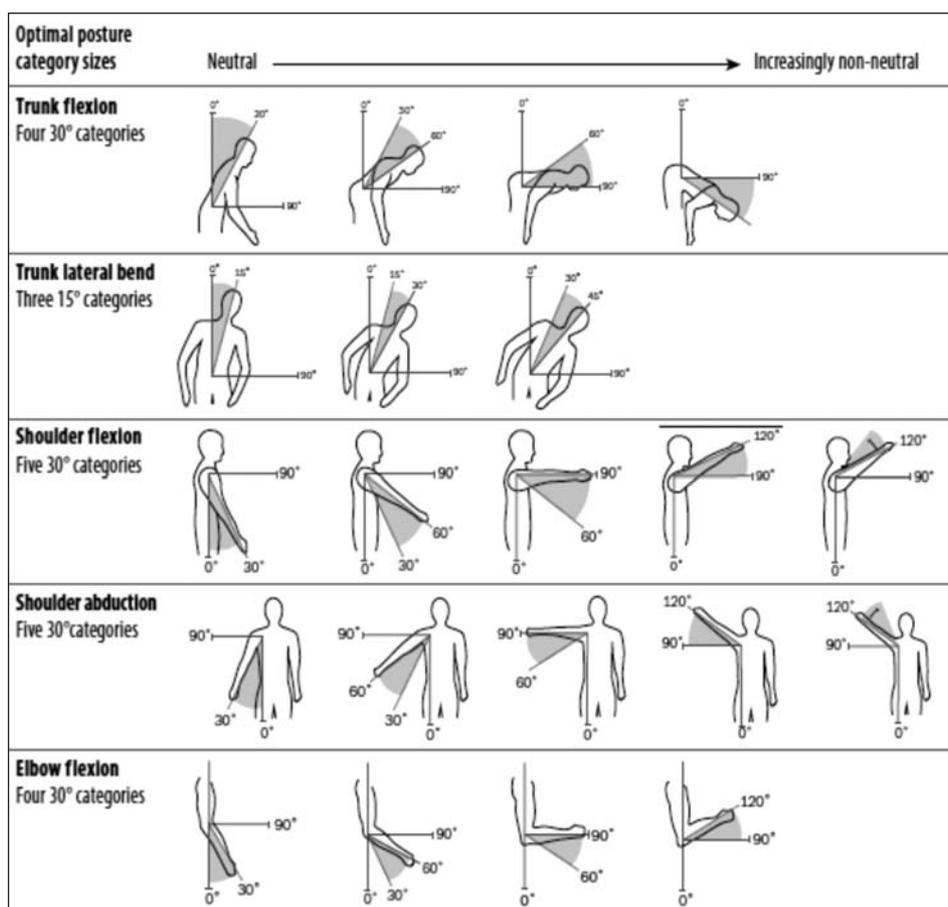


Figura 1. Intervalli posturali (tronco e arti superiori) raccomandati per la classificazione (Niosh 2014)

palmar pinch, tip pinch, lateral pinch, hook grip”), posizioni che influenzano anche la forza applicabile.

I metodi osservativi possono essere associati a questionari e valutazioni psicofisiche del discomfort posturale (38,39), per ottenere dati complementari e per integrare le informazioni oggettive con altre soggettive.

Il discomfort soggettivo, in quanto effetto legato al precoce affaticamento da postura incongrua o protratta, è un importante indicatore di potenziali disturbi muscolo-scheletrici (17). La sua comparsa può anche essere collegata alla richiesta presente nel compito lavorativo di stabilizzare o mantenere strumenti ed oggetti, ed è naturalmente dipendente da fattori temporali (durata, pause, alternanza).

Altre misure oggettive, come la forza muscolare, possono essere utili per rilevare indizi di affaticamento precoce (40).

Utilità della valutazione del rischio posturale

Conformità a linee guida ergonomiche

L’osservazione dei processi lavorativi potrebbe portare a identificare posture che superano i limiti raccomandati di sicurezza (41-44) e che andrebbero perciò corrette o modificate con relativa urgenza. Gli strumenti tipo “checklist” che aiutano nella identificazione di queste situazioni a rischio possono associare alla valutazione della postura altri fattori di rischio (es. forza, ripetitività, durata).

Confronti tra diverse situazioni

Misure del rischio posturale possono essere utili per confronti “prima-dopo intervento” sulla medesima postazione, al fine di verificare l’effettiva riduzione del livello di rischio.

In altre situazioni può essere utile quantificare l’esposizione a rischio in attività complesse, comprendenti diversi compiti e diversi operatori, attraverso il campionamento secondo intervalli e criteri prestabiliti (45). L’analisi posturale su campioni osservativi è stata anche utilizzata per verificare l’efficacia di interventi formativi sul personale (46).

Problematiche inerenti i metodi di valutazione posturale

Alcuni problemi tipici dei metodi di valutazione del rischio posturale sono stati discussi da Malchaire (47) e David (48). Tra i principali ricordiamo i seguenti:

- diversi metodi di valutazione proposti in letteratura sono stati sviluppati in maniera indipendente gli uni dagli altri, senza specificare nel dettaglio i criteri strutturali;
- solitamente i metodi esistenti sono stati sviluppati per applicazioni specifiche e perciò non sono generalizzabili per molti aspetti;
- in molti casi gli schemi di classificazione posturale adottati non sono basati su dati sperimentali, ma solo su valutazioni fornite da esperti (es. in OWAS e RULA);
- la valutazione viene applicata a fasi brevi e non necessariamente rappresentative dell’intera attività lavorativa (es. RULA analizza fasi “rappresentative”; KIM analizza fasi “medie”);
- la stima della posizione angolare derivata dalla immagine videoregistrata può non essere attendibile;
- l’esito derivante da valutazioni soggettivamente fornite è ampiamente variabile (es. nello Strain Index, facendo oscillare la valutazione di 1 grado nei vari fattori, il punteggio può variare da 4.5 a 18);
- diversi metodi sono analitici nel computo del punteggio, e non prevedono il coinvolgimento del lavoratore (es. Rula, Ocra, Owas);
- non tutti i metodi sono centrati sulla “prevenzione” (pur trattando di “valutazione” o “identificazione del rischio”);
- alcune posture incongrue (es. sporgersi, appiattirsi, tenere, disequilibrio) sono generalmente poco considerate negli strumenti di valutazione; altre posture importanti possono mancare del tutto in alcuni strumenti (es “squatting” manca in OWAS, “kneeling” manca in REBA) (Tabella II).

Tabella II. Posizioni relative agli arti inferiori considerate nei diversi metodi (da Chung et al, 2003)

	Owas	Baty	TRAC	Keyserling	Genaidy	WOPALAS	PLIBEL	PATH	REBA	RULA
Sitting	○	○	–	○	○	○	–	○	○	○
Standing	○	○	○	○	○	○	–	○	○	○
Knee flexion	○	–	○	○	○	○	–	○	○	–
Squatting	–	○	–	○	○	–	○	○	○	–
Kneeling	○	○	–	○	○	○	○	○	–	–
Walking	○	○	–	○	–	○	–	○	○	–
One leg	○	–	○	–	–	○	○	○	○	–
Leaning	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
Crawling	–	–	–	–	–	○	–	○	–	–
Holding	–	–	–	–	–	○	–	○	–	–
Unstable	–	–	–	–	–	–	–	○	○	–

OWAS (Karhu et al., 1977), Baty (Baty et al., 1986), TRAC (van der Beek et al., 1992), Keyserling (Keyserling, 1990), Genaidy (Genaidy et al., 1993), WOPALAS (Pinzke, 1994), PLIBEL (Kemmlert, 1995), PATH (Buchholz et al., 1996), REBA (Hignett and McAtamney, 2000), RULA (McAtamney and Corlett, 1993).

A questi limiti si aggiungono quelli relativi agli studi fino ad ora condotti, cioè:

- la maggior parte degli studi sul rischio posturale si sono concentrati su lavoratori maschi (25).
- mancano raccomandazioni precise circa i tempi di mantenimento di posture incongrue ed i tempi di recupero relativi, sia per posture fisse prolungate che per posture periodicamente adottate (49).

Strumenti di screening o di prima valutazione

Qui di seguito vengono riportate le caratteristiche principali di alcuni strumenti di screening e di prima valutazione posturale, all'interno dei quali viene fatto accenno alla postura degli arti inferiori.

FIOH (Finnish Institute Occupational Health)

L'ergonomia e l'accessibilità della postazione di lavoro sono oggetto delle schede "Ergonomic workplace method" e "Accessible Workplace Method" sviluppate dall'Istituto Finlandese nel 2009 (50).

Le caratteristiche ergonomiche della postazione di lavoro comprendono la regolabilità, le altezze e gli spazi di lavoro, la disponibilità di percorsi agevoli, l'arredamento funzionale, il tipo di pavimentazione. L'accessibilità della postazione si riferisce sia ad aspetti ergonomici ambientali che alla flessibilità organizzativa. Tra i 30 fattori di accessibilità considerati, 5 riguardano la postura (di cui solo 2 indirettamente gli arti inferiori):

- lo spazio sufficiente per muoversi (anche con ausili/protesi);
- le dimensioni e la funzionalità della postazione di lavoro (include spazio per i piedi, posizione seduta, regolabilità);
- uso del computer (supporto per le braccia, distanze di visione, ...);
- posture di lavoro (possibilità di sedersi durante il lavoro, possibile uso di supporti e ausili per la postura);
- distanze e altezze di raggiungimento e presa di oggetti.

REBA - Rapid Entire Body Assessment tool - (Hignett & McAtamney, 2000) (34)

Questo strumento è mirato alla valutazione posturale del corpo intero, sulla base dell'assegnazione di punteggi secondo classi posturali riferite ai vari settori corporei. Il punteggio aumenta man mano che la postura devia dalla normale.

La valutazione della postura degli arti inferiori comprende solo due opzioni (postura eretta su due piedi o su un piede) con un fattore additivo per l'angolazione del ginocchio. Il punteggio degli arti inferiori fa parte di quello riferito anche a tronco-collo ("gruppo A"); esso va combinato poi col punteggio riferito all'arto superiore ("gruppo B"), e quindi modulato per il fattore "forza" e "attività" per ottenere un punteggio globale. Ne scaturiscono 5 possibili fasce di rischio, correlate ai rispettivi interventi prioritari. I punteggi REBA mostrano una moderata corrispondenza con quelli ottenuti da OWAS ed una discreta ripetibilità per le valutazioni dell'arto inferiore; tuttavia non vi

sono studi che ne verifichino la correlazione con disturbi muscolo-scheletrici.

Tra gli strumenti di screening, alcuni sono mirati alla valutazione di disturbi riferiti ai vari settori corporei; essi possono anche essere utilizzati come checklist per verificare l'adeguatezza delle situazioni di lavoro.

PLIBEL (Kemmlert, 1995) (51)

Consiste in una checklist semplice (1 pagina in tutto) di tipo qualitativo e mirata alla prevenzione, centrata su fattori di rischio fisici correlati a disturbi muscolo-scheletrici nei vari settori corporei (per l'arto inferiore: anche, ginocchia, piedi).

L'osservatore (tramite osservazione e intervista) verifica la presenza eventuale di disturbi per ogni settore corporeo e valuta la situazione di rischio attraverso 35 item relativi a vari aspetti (psicosociali, organizzativi, ambientali). Non si considera la frequenza e la durata di esposizione ai fattori di rischio, né è previsto un punteggio numerico finale.

Chung et al, 2003 (52)

Presenta un metodo (implementato in via informatizzata) per la valutazione posturale degli arti inferiori attraverso la percezione psicofisica di discomfort secondo una scala di tipo rapporti (ratio scale). Complessivamente vengono considerati 9 tipi di postura eretta, 4 tipi di postura a ginocchia piegate, 2 categorie di postura seduta (su sedia e a terra), 4 tipi di postura inginocchiata, 4 tipi di posture in disequilibrio (Figura 2). I fattori che maggiormente determinano la percezione di discomfort sono la flessione delle ginocchia e il tipo di appoggio podale (stabilità/equilibrio), mentre la posizione seduta è associata al minor livello di discomfort. Gli arti inferiori, dopo le spalle ed insieme a tronco e collo, sono il settore corporeo che maggiormente influenza lo stress posturale globale.

L'aspetto di discomfort posturale è implicito anche nel modello di *Miedema* (1997) (39).

Questi elabora un sistema di classificazione posturale in base alla posizione del corpo e delle mani durante lavoro. Considerata la posizione neutra di base, ogni deviazione crescente sul piano sagittale definisce una posizione man mano inadeguata. La posizione delle mani viene classificata secondo percentuali dell'altezza corporea (verticalmente) e della distanza di massima estensione degli arti superiori (orizzontalmente); di conseguenza si definiscono automaticamente le rispettive posture del tronco e degli arti inferiori. Le categorie posturali definite dalle varie combinazioni sono associate a tre livelli di discomfort, definiti per tempo massimo di mantenimento della postura (Maximum Holding Time, MHT): posizioni confortevoli (MHT >10 minuti), posizioni moderate (MHT 5-10 minuti), posizioni di discomfort (MHT <5 minuti) (Figura 3). Il valore di MHT va ridotto di 5 volte per garantire tempi di tollerabilità nella lunga durata (es. per il turno di lavoro).

Il sistema di classificazione è valido per posture statiche e simmetriche, senza forze/pesi aggiuntivi, per soggetti sani



Figura 2. Classi posturali riferite agli arti inferiori secondo Chung (52)

e giovani. Si assume un'ampia variabilità intra ed inter individuale nel MHT.

Il punteggio associato alle classi posturali (Postural Load Index, PLI) definisce il livello di rischio e la necessità di interventi (da "accettabilità" a "necessaria immediata azione correttiva").

Un esempio di metodo osservativo combinato è quello elaborato da *Ditchen* (2015) (53), specificamente mirato alla valutazione del rischio di gonartrosi. Esso prevede la registrazione di dati specifici relativi all'attività svolta basati su misure oggettive, associati a informazioni soggettive ottenute da diari. Questa tecnica fornisce informazioni utili anche per l'epidemiologia, evitando la necessità di condurre misurazioni lungo tutto il turno di lavoro.

Sobane, Observation Guide MSDs. (Malchaire 2007, 2011) (47 54)

Un approccio olistico e partecipativo nella valutazione del rischio caratterizza le schede osservative proposte da Malchaire (ETUI 2011, Sobane 2007) che comprendono aspetti di rischio fisico, psicosociale e organizzativo. La guida, che enfatizza la prevenzione, richiede l'analisi comprensiva della situazione di lavoro (attraverso 18 capitoli e 300 item) con l'attiva partecipazione del personale lavorativo. Il suo impiego generalmente è utile per

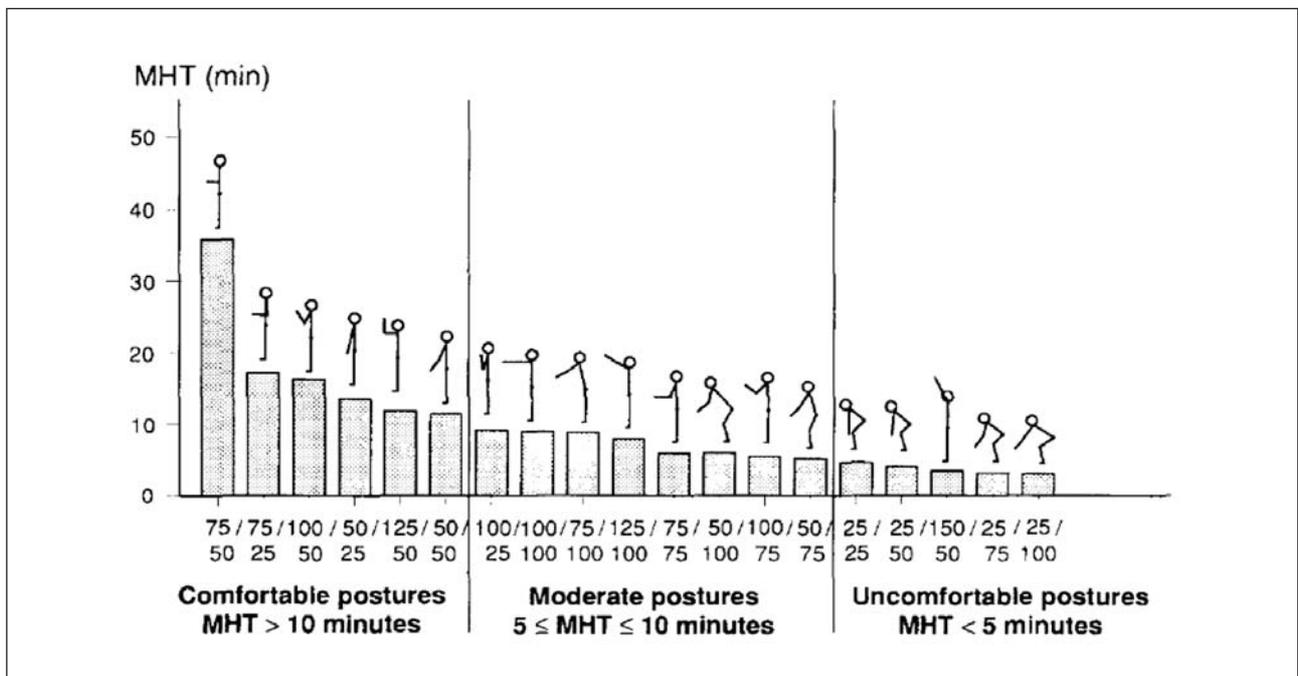


Figura 3. Riferimenti posturali secondo Miedema (1997): Tempi di mantenimento (MHT) delle posture classificate secondo comfort e definite dalle posizioni verticali/orizzontali (percentuali) delle mani

apportare miglioramenti alla qualità del lavoro. La postura viene trattata in un capitolo (include posizione seduta, eretta, altre posture). Non è previsto un punteggio numerico finale, mentre è prevista l'identificazione di misure preventive.

OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*) (Kahru et al, 1981) (35) per la valutazione del carico posturale lavorativo (modulo disponibile anche su software). La valutazione si effettua su singole immagini selezionate ad intervalli. Comprende la valutazione complessiva di rachide (4 classi), arti superiori (3 classi) e arti inferiori (7 classi) (Figura 4), che insieme possono combinarsi in 252 casi. Il livello finale di rischio deriva dalla combinazione dei vari punteggi assegnati e si riassume in una delle 4 classi di intervento. La frequenza e la durata delle posture non viene considerata nel calcolo del rischio. Per gli arti inferiori si considerano le situazioni: carico su una/due gambe, gambe tese/piegate, movimento sulle gambe, gambe in scarico.

Il metodo correla abbastanza bene con il discomfort percepito e mostra un buon livello di ripetibilità

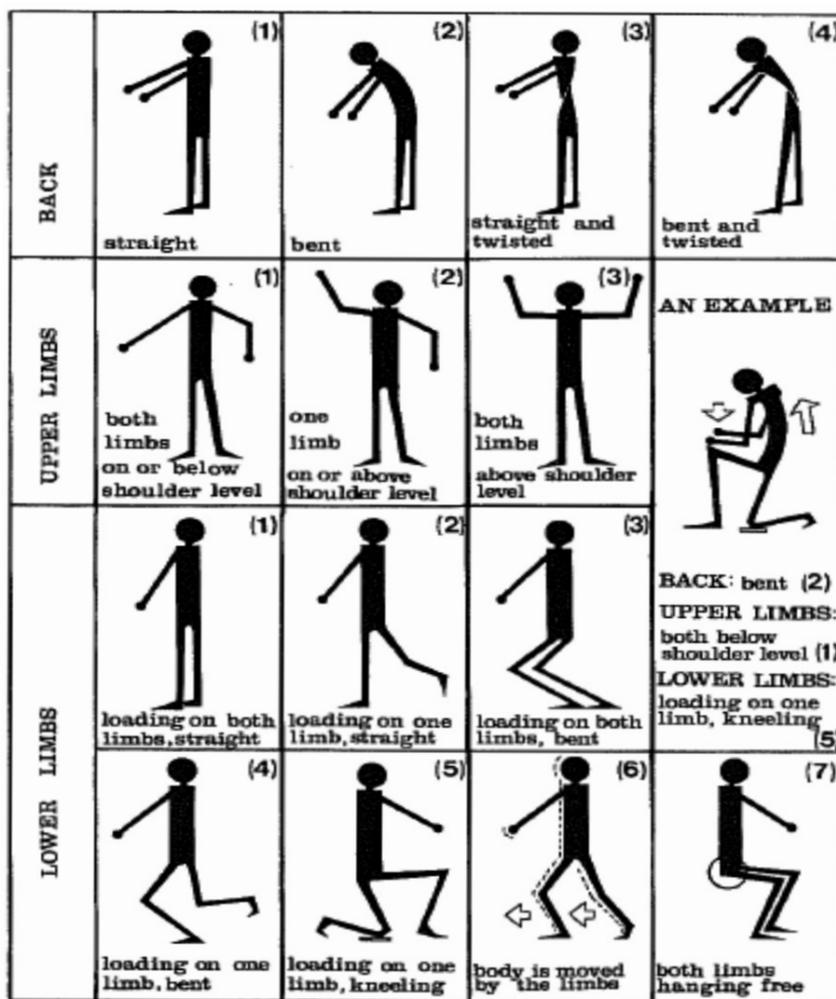


Figura 4. OWAS, classificazione posturale

SUVA (Istituto nazionale svizzero di assicurazione contro gli infortuni) nel documento "Valutazione del carico posturale nel lavoro sedentario" la postura viene considerata congiuntamente alle condizioni ergonomiche. Viene valutata solo la postura seduta, analizzando l'arto inferiore nella posizione delle cosce e dei piedi. Prevede un punteggio finale numerico che può collocarsi in una fra quattro fasce per priorità di intervento.

Un metodo veloce per la identificazione di condizioni posturali accettabili (o viceversa critiche) è proposto nella ISO TR 12295 (2014) (55). In particolare la Tabella 11 ("Posture statiche: valutazione veloce di posture accettabili relative a collo, arti superiori e arti inferiori") consente la verifica, attraverso 5 domande, di livelli di rischio posturale sicuramente accettabili. Per gli arti inferiori i requisiti per l'accettabilità del rischio sono: ginocchia non estremamente flesse, postura eretta senza ginocchia piegate, posizione neutra delle caviglie, assenza di posizioni inginocchiate o accovacciate, posizione seduta con ginocchia flesse tra 90 e 135°.

Sempre da questa ISO è stato derivato il metodo veloce di valutazione posturale integrato nella scheda informatizzata "Pre-mapping" del gruppo EPM (Ergonomia Postura Movimento, Milano 2015) (56). La scheda consente, attraverso domande preliminari tipo checklist, di

stabilire la presenza o meno di diversi fattori di rischio nella situazione lavorativa considerata; per quanto riguarda gli arti inferiori le domande si basano sul criterio di durata o ripetizione di posture incongrue, comprendendo la posizione seduta, eretta e quella inginocchiata, oltre all'uso di pedali. Gli scenari considerati variano da situazioni ottimali (es. tronco eretto per 100% del turno lavorativo) a situazioni molto critiche (es. posizione inginocchiata prolungata).

Reid (2010) (57) elabora, sulla base della revisione della letteratura, una linea guida preliminare sul discomfort posturale negli arti inferiori, specificando limiti di durata e settori affetti per diverse posture assunte (ad esempio: la posizione accovacciata mantenuta per più di 5 minuti per ora provoca discomfort in anca, ginocchio, piede).

Il questionario di Tissot et al (2009) (58) presenta al lavoratore la possibilità di scelta tra cinque scenari che definiscono la posizione prevalente di lavoro (eretta, in movimento, seduta):

- In posizione eretta fissa, senza movimento.
- In posizione eretta relativamente fissa (1-2 passi).
- In piedi con un po' di movimento (2-7 metri).
- In piedi con molti movimenti (es tra più locali).
- In piedi, con possibilità di seduta al desiderio.

Altri semplici questionari chiedono al lavoratore di quantificare la percentuale di tempo del turno occupata lavorando con le mani in ciascuna delle tre fasce verticali:

- sotto le ginocchia;
- tra ginocchia e spalle;
- sopra le spalle.

Questa indicazione è utile principalmente per le attività di movimentazione manuale dei carichi, ma può fornire informazioni utili anche riguardo le posizioni degli arti inferiori, considerando la reciprocità con le posizioni del tronco e degli arti superiori, la funzione stabilizzatrice dell'appoggio podale, la dinamicità dei compiti.

Sistemi osservativi avanzati

Questi sistemi prevedono:

- video analisi di sequenze filmate, con acquisizione computerizzata dei dati (es postura, forza), per valutazione di fasi statiche o dinamiche, globali o settoriali;
- raccolta di dati analogici (es. elettromiografia, elettrogoniometria) sincronizzati con la video riprese;
- acquisizione digitale da video e successiva analisi posturale tramite sistemi videografici;
- modelli biomeccanici per la stima del carico articolare
- studio su fasi brevi, estrapolando poi i dati a tutto il turno (rischio di sovrastima).

Indicazioni per la progettazione e interventi preventivi

Postazioni regolabili

Le postazioni di lavoro dovrebbero rispondere ai criteri di adattabilità alle varie antropometrie o alle diverse tecniche di esecuzione, e perciò essere regolabili nelle dimensioni fondamentali. A tale fine la progettazione dovrebbe servirsi dei valori percentili della popolazione di riferimento (ad esempio per statura, larghezze, circonferenze) in modo da assicurare l'accessibilità ai diversi utenti.

Un'altra possibilità è quella di usare due dimensioni che soddisfino la maggior parte degli utenti. Ad esempio per gli arredi nella scuola secondaria si potrebbero prevedere due serie di altezze:

- sedie cm 40-44;
- banchi cm 66-72;
- poggiatesta cm 4-8.

Nel caso invece di banco ad altezza unica (es cm 90), si potrebbero prevedere diverse combinazioni:

- sedia alt cm 72 - poggiatesta cm 35 (misura piccola);
- sedia alt cm 67 - poggiatesta cm 27 (misura media);
- sedia alt cm 62 - poggiatesta cm 20 (misura grande).

Misure organizzative

Si ricorre solitamente a misure organizzative quando il livello di rischio intrinseco della postazione non può essere ridotto. Esse possono mirare ai processi (modifica di tempi di ciclo, frequenze, ore di lavoro, pause, addetti) o ai compiti lavorativi ("job enrichment", "job enlargement", "job rotation"). Lo scopo pratico di queste misure è spesso ridurre il tempo di esposizione al compito critico.

Misure organizzative ed educative insieme possono essere utili per migliorare l'approccio individuale al lavoro;

ad esempio nel caso di posture prolungate o ripetitive, prevedere spazi e tempi (es. pause attive, mini pause) per lo svolgimento di brevi esercizi, per rilassare i gruppi muscolari che sono stati prevalentemente impegnati, per impegnarne altri prima non coinvolti, o per aumentare il livello di attività fisica laddove scarsa.

Aspetti inerenti la visione e l'illuminamento

Impegni visivi elevati o una situazione di illuminamento inadeguata può avere effetti negativi sulla postura (soprattutto di collo, arti superiori, mani) e provocare tensione muscolare.

Una eccessiva distanza di visione, la presenza di riflessi o abbagli, la richiesta di particolare dettaglio o la visione ravvicinata, così come dimensioni minime dei dettagli e posizione inadeguata degli oggetti da ispezionare possono causare atteggiamenti posturali negativi.

In generale, il lavoro dovrebbe essere progettato in modo da evitare il sovra-utilizzo settoriale. Questo può essere realizzato ad esempio:

- fornendo ausili meccanici (dove le posture o le forze applicate risultano critiche);
- programmando la rotazione del personale per ridurre l'esposizione a postazioni critiche;
- consentendo pause di recupero regolari;
- fornendo sedili, dove possibile.

La formazione dei lavoratori ed un approccio partecipativo sono elementi essenziali per una gestione efficace del rischio.

Ausili

Ausili specifici per la riduzione del discomfort posturale sono: tappetini anti-affaticanti, ortesi per le calzature, postazioni di lavoro seduto/eretto (16); l'introduzione di tali ausili deve tenere conto di possibili rischi di inciampo, scivolamento e caduta. Le caratteristiche di calzature e di pavimentazioni sono citate come fattori importanti per la prevenzione dell'affaticamento precoce durante lavoro in stazione eretta (4, 59-62). Parziale sollievo dall'edema e dal discomfort alle gambe può essere fornito dall'indossare calze a moderata e graduata compressione (22). In alcuni casi in cui il rischio alla fonte non può essere eliminato, possono essere consigliabili dispositivi di protezione individuale (es protezioni specifiche per le ginocchia per posture inginocchiate prolungate su pavimentazioni rigide).

Nonostante l'evidente impatto positivo sul lavoratore che ausili ergonomici e adattamenti della postazione possono comportare, non è stata sinora documentata una sistematica relazione tra questi singoli interventi e una riduzione dei MSDs.

In letteratura vengono forniti consigli generali che aiutano a ridurre il discomfort posturale, ad esempio: limitare la stazione eretta a 1 ora continuativa; svolgere semplici movimenti articolari (anca, piede) ogni 30 minuti (4), e interrompere le posizioni fisse con spostamenti a piedi frequenti (5). Interventi formativi precoci sono utili per ridurre il rischio di MSDs e per evitare la cronicizzazione nel tempo.

Secondo le norme ergonomiche, la progettazione della postazione di lavoro dovrebbe privilegiare una posizione seduta rispetto ad una eretta (ISO 14738) (44). La disposizione fisica e l'organizzazione del lavoro dovrebbero prevedere un'esposizione bilanciata a compiti di tipo statico e dinamico per ciascun individuo, consentendo il recupero fisiologico attraverso l'alternanza di posture e movimenti. Le aree disponibili per le pause lavorative dovrebbero essere attrezzate in modo da consentire ai lavoratori lo svolgimento di esercizi distensivi o anche il riposo temporaneo in posizione sdraiata.

Bisogna tuttavia considerare che non esiste evidenza dell'impatto positivo di interventi preventivi (tecnici, organizzativi o educativi) attuati singolarmente sulla riduzione dei MSDs. Interventi associati e multicomponenti mostrano invece una maggiore efficacia.

Discussione

I LLDs appaiono insufficientemente considerati nei processi di valutazione e prevenzione del rischio. Gli strumenti valutativi disponibili risultano molto disomogenei tra loro e spesso appaiono poco precisi e incompleti. È necessario affinare lo studio del rischio posturale specifico per gli arti inferiori (classificazione delle posture, tipo di compito, organizzazione del lavoro) mantenendo nello stesso tempo una visione olistica (interazione con altre posizioni settoriali e con aspetti ambientali, aspetto temporale e cumulativo del rischio).

In particolare dovrebbero essere individuate linee guida utili per la gestione di posture prolungate e per l'alternanza lavoro-recupero (63), che considerino anche la caratterizzazione dell'impegno di settori muscolari differenti (es antigravitari) ed il contesto lavorativo.

Dovrebbero essere elaborate raccomandazioni più precise relative all'organizzazione del lavoro e all'esposizione a impegni dinamici e statici, anche per consentire un'adeguata progettazione delle attività e delle postazioni di lavoro. Particolare attenzione dovrebbe essere posta alla prevenzione dei LLDs e all'intervento precoce mirato al genere femminile.

La collaborazione tra ergonomi, progettisti, medici, tecnici ed imprenditori è in questo campo necessaria al fine di migliorare il benessere dei lavoratori e gli ambienti di lavoro.

Conclusioni

Adottare posture di lavoro confortevoli è importante per la salute del lavoratore. L'impegno posturale degli arti inferiori dovrebbe essere più attentamente considerato nella valutazione e nella prevenzione del rischio.

Bibliografia

- 1) European Agency for Safety and Health at Work. Expert forecast on emerging physical risks related to occupational safety and health. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 2005.

- 2) European Agency for Safety at Work. European Risk Observatory Report. ISSN 1830-5946, OSH in figures: work related musculoskeletal disorders in the EU. Facts and figures. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2010.
- 3) Niosh. Observation-Based Posture Assessment: Review of Current Practice and Recommendations for Improvement. Publication number 2014, 131.
- 4) Lin YH, Chen CY, Cho MH. Influence of shoe/floor conditions on lower leg circumference and subjective discomfort during prolonged standing. *Appl Ergon* 2012; 43: 965-970.
- 5) Ebben JM. Improved ergonomics for standing work. *Occup Health Saf* 2003; 72(4): 72-6.
- 6) McCulloch J. Health risks associated with prolonged standing. *Work* 2002; 19(2): 201-5.
- 7) Sudoł-Szopińska I, Bogdan A, Szopiński T, Panorska AK, Kołodziejczak M. Prevalence of chronic venous disorders among employees working in prolonged sitting and standing postures. *Int J Occup Saf Ergon* 2011; 17(2): 165-73.
- 8) Tomei F, Baccolo TP, Tomao E, Palmi S, Rosati MV. Chronic Venous Disorders and Occupation. *American Journal of Industrial Medicine* 1999; 36: 653-665.
- 9) Tüchsen F, Krause N, Hannerz H, Burr H, Kristensen TS. Standing at work and varicose veins. *Scand J Work Environ Health* 2000; 26(5): 414-20.
- 10) Takala EP, Pehkonen I, Forsman M, Hansson GÅ, Mathiassen SE, Neumann WP, Sjøgaard G, Veiersted KB, Westgaard RH, Winkel J. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scand J Work Environ Health* 2010; 36(1): 3-24.
- 11) King MA. Assessment of lower extremity posture: quantitative and qualitative clinical skills. *Athletic Therapy Today* 2007; 12(2): 2-7.
- 12) Kim S, Lockhart T. Lower limb control and mobility following exercise training. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 2012; 9: 15.
- 13) Murphy DF, Connolly DAJ, Beynon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med* 2003; 37: 13-29.
- 14) Redmond A. The foot posture Index, user guide and manual. 2005 www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI
- 15) Murley GS, Landorf KB, Menz HB, Bird AR. Effect of foot posture, foot orthoses and footwear on lower limb muscle activity during walking and running: A systematic review. *Gait Posture* 2009; 29(2): 172-87.
- 16) Gell N, Werner RA, Hartigan A, Wiggermann N, Keyserling WM. Risk factors for lower extremity fatigue among assembly plant workers. *Am J Ind Med* 2011; 54(3): 216-23.
- 17) Halim I, Omar AR. A review on health effects associated with prolonged standing in the industrial workplaces. *IJRRAS* 2011; 8 (1): 14-21.
- 18) Lehman KR, Psihogios JP, Meulenbroek RGY. Effects of sitting versus standing and scanner type on cashiers. *Ergonomics* 2001; 44(7): 719-738.
- 19) Ngomo S, Messing K, Perrault H, Comtois A. Orthostatic symptoms, blood pressure and working postures of factory and service workers over an observed workday. *Appl Ergon* 2008; 39(6): 729-36.
- 20) da Luz CM, da Costa Proença RP, de Salazar BR, do Nascimento Galego G. Working conditions at hospital food service and the development of venous disease of lower limbs. *Int J Environ Health Res* 2013; 23 (6): 520-530.
- 21) Messing K, Kilbom A. Standing and very slow walking: foot pain-pressure threshold, subjective pain experience and work activity. *Appl Ergon* 2001; 32(1): 81-90.
- 22) Blazek C, Amsler F, Blaettler W, Keo HH, Baumgartner I, Willenberg T. Compression hosiery for occupational leg symptoms and leg volume: a randomized crossover trial in a cohort of hairdressers. *Phlebology* 2013; 28 (5): 239-247.
- 23) <http://www.hse.gov.uk/msd/lld/what-are.htm>
- 24) Bahk JW, Kim H, Jung-Choi K, Jung MC, Lee I. Relationship between prolonged standing and symptoms of varicose veins and nocturnal leg cramps among women and men. *Ergonomics* 2012; 55(2): 133-9.

- 25) Allaert FA, Cazaubon M, Causse C, Lecomte Y, Urbinelli R. Venous disease and ergonomics of female employment. *Int Angiol* 2005; 24(3): 265-71.
- 26) Zander JE, King PM, Ezenwa BN. Influence of flooring conditions on lower leg volume following prolonged standing. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2004; 34: 279-88.
- 27) Beasley R, Heuser P, Raymond N. SIT (seated immobility thromboembolism) syndrome: a 21st century lifestyle hazard. *Journal of the New Zealand Medical Association* 2005; 118 (1212), U1376.
- 28) Shai A, Karakis I, Shemesh D. Possible ramifications of prolonged standing at the workplace and its association with the development of chronic venous insufficiency. *Harefuah* 2007; 146(9): 677-85, 734.
- 29) Laurikka JO, Sisto T, Tarkka MR, Auvinen O, Hakama M. Risk indicators for varicose veins in forty- to sixty-year-olds in the Tampere varicose vein study. *World J Surg* 2002; 26(6): 648-51.
- 30) Lehman KR, Psihogios JP, Meulenbroek RGY. Effects of sitting versus standing and scanner type on cashiers. *Ergonomics* 2001; 44(7): 719-738.
- 31) Sancini A, Caciari T, Rosati MV, Palermo P, Fiaschetti M, Nardone N, Vitarelli A, et al. Phlebopathies and workers. *G Ital Med Lav Ergon* 2010; 32(4): 166-9.
- 32) Chung MK, Lee I, Kee D. Quantitative postural load assessment for whole body manual tasks based on perceived discomfort. *Ergonomics* 2005; 48: 5, 492-505.
- 33) Barbini N, Gorini G, Ferrucci L, Biggeri A. Analysis of arterial hypertension and work in the epidemiologic study "Aging, Health and Work". *Epidemiol Prev* 2005; 29(3-4): 160-5.
- 34) Hignett S, McAtamney L. Rapid entire body assessment (REBA). *Appl Ergon* 2000; 31(2): 201-5.
- 35) Karhu O, Härkönen R, Sorvali P, Vepsäläinen P. Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. *Appl Ergon* 1981; 12(1): 13-7.
- 36) McAtamney L, Nigel Corlett E. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon* 1993; 24(2): 91-99.
- 37) Moore JS, Garg A. The strain index a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am Ind Hyg Assoc* 1995; 56: 443-458.
- 38) Borg G. Borg's Perceived exertion and pain scales. Human Kinetics, Champaign IL, 1998.
- 39) Miedema MC, Douwes M, Dul J. Recommended maximum holding times for prevention of discomfort of static standing postures. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1997; 19: 9-18.
- 40) Balasubramanian V, Adalarasu K, Regulapati R. Comparing dynamic and stationary standing postures in an assembly task. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2009; 39: 649-654.
- 41) ISO 11226: 2000. Ergonomics. Evaluation of static working postures.
- 42) UNI EN 1005-4: 2009. Sicurezza del macchinario. Prestazione fisica umana, Parte 4: Valutazione delle posture e dei movimenti lavorativi in relazione al macchinario.
- 43) UNI EN 1005-5: 2007. Sicurezza del macchinario. Prestazione fisica umana, Parte 5: Valutazione del rischio connesso alla movimentazione ripetitiva ad alta frequenza.
- 44) UNI EN ISO 14738: 2009. Sicurezza del macchinario - Requisiti antropometrici per la progettazione di postazioni di lavoro sul macchinario.
- 45) Buchholz B, Paquet V, Punnet L, Lee D, Moir S. PATH: A Work Sampling-Based Approach to Ergonomic Job Analysis for Construction Work. *Applied Ergonomics* 1996; 27(3): 177-187.
- 46) Sasson JR, Austin J. The Effects of Training, Feedback, and Participant Involvement in Behavioral Safety Observations on Office Ergonomic Behavior. *Journal of Organizational Behaviour Management* 2004; 24(4): 1-30.
- 47) Malchaire J. Strategie Sobane et guide de depistage Deparis. Serie Strategie Sobane, Gestion des risques professionnels. SPF Emploi, Travail, Concertation Sociale, Brussels 2007.
- 48) David GC. Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine* 2005; 55: 190-199.
- 49) Ellegast R. Assessment of physical workloads to prevent work-related MSDs. https://oshwiki.eu/wiki/Assessment_of_physical_workloads_to_prevent_work-related_MSDs
- 50) <http://www.ttl.fi/en/ergonomics/methods/ewm/pages/default.aspx>
- 51) Kemmlert K. A method assigned for the identification of ergonomic hazards - PLIBEL. *Appl Ergon* 1995; 26(3): 199-211.
- 52) Chung MK, Lee I, Kee D. Assessment of postural load for lower limb postures based on perceived discomfort. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2003; 31: 17-32.
- 53) Ditchen DM, Ellegast RP, Gawliczek M, Hartmann B, Rieger MA. Occupational kneeling and squatting: development and validation of an assessment method combining measurements and diaries. *Int Arch Occup Environ Health* 2015; 88: 153-165.
- 54) Malchaire J. Guide. A classification of methods for assessing and/or preventing the risks of musculoskeletal disorders. ETUI (European Trade Union Institute), 2011.
- 55) ISO/PDTR 12295: 2013. Ergonomics. Application document for ISO standards on manual handling (ISO 11228-1, ISO 11228-2 and ISO 11228-3) and evaluation of static working postures (ISO 11226).
- 56) Colombini D, Occhipinti E. Initial identification and preliminary assessment (pre-mapping) of potential risks. *EPM IES Guideline* 2015.
- 57) Reid CR, McCauley Bush P, Karwowski W, Durrani SK. Occupational postural activity and lower extremity discomfort: A review. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2010; 40: 247-256.
- 58) Tissot F, Messing K, Stock S. Studying the relationship between low back pain and working postures among those who stand and those who sit most of the working day. *Ergonomics* 2009; 52(11): 1402-18.
- 59) Cham R, Redfern MS. Effect of flooring on standing comfort and fatigue. *Hum Factors* 2001; 43(3): 381-91.
- 60) Hansen L, Winkel J, Jørgensen K. Significance of mat and shoe softness during prolonged work in upright position: based on measurements of low back muscle EMG, foot volume changes, discomfort and ground force reactions. *Appl Ergon* 1998; 29(3): 217-24.
- 61) Nelson-Wong E, Callaghan JP. The impact of a sloped surface on low back pain during prolonged standing work: a biomechanical analysis. *Appl Ergon* 2010; 41(6): 787-95.
- 62) Redfern MS, Cham R. The influence of flooring on standing comfort and fatigue. *AIHAJ* 2010; 61(5): 700-8.
- 63) van Dieen JH, Oude Vrielink HH. Evaluation of work-rest schedules with respect to the effects of postural workload in standing work. *Ergonomics* 1998; 41: 1832-1844.

Corrispondenza: edda.capodaglio@fsm.it