

D. Colombini

E. Occhipinti

*Unità Operativa TS.L.L.
USSL 7518 - Milano*

C. Frigo A.

Pedotti

*Centro di Bioingegneria
Ist. Pro iuventute
Don Gnocchi - Milano*

G. Molteni

A. Grieco

*Ist. Medicina del Lavoro
Luigi Devoto
Università degli Studi
Milano*

Analisi delle posture di lavoro: interessi antropologici

Gli Autori, partendo da una revisione della letteratura più recente sui metodi d'analisi delle posture, giungono alla conclusione che per un corretto studio delle posture lavorative due momenti sono indispensabili: la descrizione e la valutazione della tollerabilità. I modelli descrittivi più recentemente proposti in letteratura permettono di raccogliere tutti gli elementi utili per una successiva valutazione, ed ulteriori sforzi per migliorarne la capacità descrittiva sarebbero di minimo vantaggio.

Le difficoltà maggiori, sull'analisi delle posture, emergono durante il momento valutativo. In primo luogo esiste ancora la necessità di ulteriori conoscenze di base per chiarire con certezza la storia naturale ed il decorso clinico delle alterazioni conseguenti a posture incongrue e per identificare i fattori individuali o legati al posto di lavoro più rilevanti. In secondo luogo, i metodi di valutazione più utilizzati (elettromiografia, studio delle pressioni sui dischi, analisi biomeccanica, etc.) sono in grado di fornire elementi utili per quanto riguarda le singole strutture esaminate, mentre la tollerabilità di una postura risulta soddisfatta solo quando tutte le strutture interessate risultano globalmente salvaguardate.

Da ultimo i sopracitati metodi di valutazione non sempre sono in grado di fornire contemporaneamente informazioni sia sulla comparsa di disagio posturale a breve termine che di permettere ipotesi di comparsa di danno a lungo termine, mentre il rispetto di entrambi i due requisiti è indispensabile per definire tollerabile una postura lavorativa. Per questi motivi gli Autori si orientano per la valutazione della tollerabilità delle posture di lavoro verso l'utilizzazione contemporanea di più metodi. Alcuni esempi pratici illustrano l'orientamento degli Autori e vengono formulate le considerazioni finali.

I metodi d'analisi delle posture di lavoro

Premessa

Nell'ultimo trentennio sono stati numerosi gli studi rivolti alla descrizione di una grande varietà di posizioni di lavoro nei diversi settori industriali con particolare riferimento alla postura assisa (Akerblom, 1948; Grandjean e Hunting, 1977; Keegan, 1962; Kromer, 1963).

Tuttavia, tali indagini sono state prevalentemente indirizzate a raccogliere dati utili alla progettazione ergonomica dei posti di lavoro. Solo più recentemente si sono sviluppati interessanti filoni di ricerca con lo scopo di evidenziare i meccanismi patogenetici, la patologia e la clinica delle affezioni connesse con posture da lavoro incongrue (Andersson e Ortengren, 1974; Corlett e Manenica, 1980; Ferguson, 1971; Hunting *et al.*, 1980; Jarvinen e Kuorinka, 1978; Maeda, 1975; Nachemson e Elfstrom, 1970; Tichauer, 1976). Il diverso indirizzo delle ricerche più recenti sopra citate risulta particolarmente importante in quanto mette in luce la necessità di andare oltre ad una pura descrizione della postura di lavoro orientata prevalentemente alla progettazione o riprogettazione ergonomica di posti di lavoro per raggiungere l'obiettivo di stabilire un rapporto eziologico tra disturbi o danni dell'apparato osteomioarticolare e posture di lavoro.

Il dolore lombo-sacrale è, senza dubbio, la più frequente causa di riduzione temporanea o permanente della capacità lavorativa per quanto riguarda la popolazione in età lavorativa (Andersson 1981). Le numerose ricerche epidemiologiche condotte negli ultimi trenta anni in varie nazioni e nei diversi settori industriali (Andersson e Svesson, 1979; Andersson, 1979; Andersson, 1971; Frigo e Pedotti, 1978; Horal, 1979; Hult, 1954a, b; Kelsey *et al.*, 1979; Lundbergs, 1959; Rowe, 1963, 1969; Westrin, 1970, 1963; Wood, 1963) tendono sempre più a mettere in luce la esistenza di una precisa correlazione causa-effetto tra postura di lavoro e danni all'apparato osteomioarticolare, ed in particolare, del segmento lombo-sacrale; tuttavia, nonostante la sempre maggiore evidenza dell'influenza di diverse attività lavorative sulla genesi e decorso del dolore lombo-sacrale, le indagini epidemiologiche non sono ancora riuscite a chiarire con certezza sia la storia naturale ed il decorso clinico del dolore lombo-sacrale né ad identificare i fattori individuali o legati al posto di lavoro più rilevanti. L'incapacità a chiarire gli aspetti eziologici rilevanti nella genesi del dolore lombo-sacrale è legata soprattutto alla molteplicità delle cause; intervengono infatti fattori individuali come l'età (Delhin *et al.*, 1976; Ekglund, 1974; Hirsh *et al.*, 1969; Magora e Taustein, 1969) il sesso (Brown, 1972; Kelsey e Ostfeld, 1975; Spangfort, 1972) i valori antropometrici (Brown, 1972, Ikata, 1975; Kelsey, 1975; Kelsey e Ostfeld, 1975; Rowe, 1975) lo stato di efficienza della muscolatura (Alston *et al.*, 1976; Dalen, 1974; Neordgren *et al.*, 1980; Rowe, 1963), gli aspetti psico-sociali (Lokander, 1962; Magora, 1973; Westrin, 1970a, b; Wilste e Rocchio, 1975 (e fattori legati alla attività lavorativa tra i quali l'addestramento (Blow e Jackson, 1971; Magora, 1974), il carico di lavoro (Chaffin *et al.*, 1978; Manning e Shannon, 1979), le frequenti richieste di piegamenti del tronco (Troup, 1965; Troup *et al.*, 1970).

Da quanto sopra esposto ne consegue che, allo stato attuale, si rende necessario il proseguimento delle indagini epidemiologiche per una sempre più precisa conoscenza delle cause del dolore lombo-sacrale; ma soprattutto per quanto riguarda i fattori legati al posto di lavoro, è anche necessario che, all'indagine epidemiologica si accompagni la possibilità di disporre di metodiche idonee per l'analisi delle posture di lavoro. Questa possibilità è di importanza basilare ove si pensi alla difficoltà a valutare sul piano epidemiologico la correlazione tra rischi e danni posturali qualora non si sia in grado, come è stato in parte fino agli anni settanta, di identificare e misurare correttamente i diversi livelli di rischio connessi con le posture di lavoro. In altre parole, si vanno delineando con sempre maggiore chiarezza i due aspetti fondamentali dell'analisi delle posture di lavoro: un primo aspetto di pura descrizione della collocazione spaziale dei singoli segmenti corporei nel corso di una postura lavorativa, ed un secondo aspetto che, partendo dalla ricerca di un rapporto eziologico tra postura lavorativa e disturbi o danni a carico dell'apparato osteomioarticolare, tende a giungere ad una valutazione globale della sua tollerabilità, cioè della assenza o meno di sensazioni di disagio a breve termine e di effetti patologici a lunga distanza. Se, quindi, l'analisi delle posture riconosce al suo interno due momenti fondamentali, uno descrittivo ed il secondo di valutazione della tollerabilità, diventa indispensabile che il momento descrittivo permetta di raccogliere e quantificare tutti i fattori, sia individuali che legati al posto di lavoro, riconosciuti come rilevanti.

Il progressivo e relativamente recente chiarirsi del concetto che la analisi delle posture si deve basare sui due momenti fondamentali di descrizione e valutazione, spiega, in parte, come solo gli inizi degli anni settanta compaiono metodi descrittivi delle posture relativamente semplici e pratici, in grado di raccogliere gli elementi rilevanti ai fini della valutazione della tollerabilità, affidabili ed in grado di descrivere tutte le diverse posture che si possono riscontrare nei diversi settori produttivi con metodi standardizzati. Inoltre, gran parte dei metodi più noti in letteratura e più utilizzati permettono anche di descrivere in maniera semplice le sequenze di atteggiamenti che caratterizzano una attività lavorativa, e

che comunemente in letteratura passano sotto il nome di postura di lavoro, lasciando fraintendere che, in genere, si tratti posture relativamente fisse. A questo proposito precisiamo che il termine posture di lavoro, nel presente lavoro, deve intendersi nel senso globale, come, cioè, la sequenza degli atteggiamenti posturali che una specifica mansione lavorativa richiede.

Considerazioni sui metodi descrittivi

Caratteristiche dei metodi descrittivi delle posture di lavoro. Corlett (1979) definisce le principali caratteristiche che un metodo descrittivo di posture lavorative dovrebbe possedere: il metodo dovrebbe essere semplice da utilizzare, facile da apprendere, affidabile. Inoltre dovrebbe fornire risultati ripetibili anche se utilizzato da tecnici diversi ed essere in grado di registrare gli atteggiamenti posturali così come si succedono nella realtà. Infine sarebbe estremamente importante, in particolare ai fini di indagini epidemiologiche, che le posture di lavoro descritte potessero essere codificate per memorizzazioni ed analisi con elaboratori elettronici.

Sicuramente le sopracitate caratteristiche sono indispensabili per un buon metodo descrittivo, ma se l'analisi delle posture deve condurre anche e soprattutto ad una valutazione della tollerabilità si rende necessaria la raccolta di tutti i parametri riconosciuti come rilevanti nel determinare disagio o rischio di danno posturale.

Grieco e coll. (1978) suddividono i parametri rilevanti in due gruppi distinti a seconda che siano attinenti ad aspetti intrinseci od estrinseci dell'atteggiamento posturale come illustrato nella Figura 1.

Fra gli aspetti intrinseci vanno considerati:

- a) Condizioni di equilibrio del sistema posturale. Qualunque sia l'atteggiamento posturale (eretto, assiso, etc.), andrà valutata in primo luogo, la relazione tra il baricentro totale del corpo e la sua base di appoggio, nonché la condizione di equilibrio di ciascun segmento corporeo rispetto alla propria base di appoggio.
- b) Tipologia, quantità ed entità di impegno delle componenti muscolari interessate. Sarà necessario esaminare quali e quanti gruppi di muscoli sono interessati al movimento.
- c) Quantità ed entità di trazioni su componenti articolari e periarticolari. Ogni articolazione possiede, nei diversi piani dello spazio, delle possibilità più o meno limitate (ampiezza massima) di movimento. Quanto più l'atteggiamento di una articolazione si avvicina alla sua ampiezza massima rispetto alla posizione di base, tanto più quell'atteggiamento è disagiata.
- d) Presenza di movimenti complessi che impegnino le articolazioni secondo i gradi di

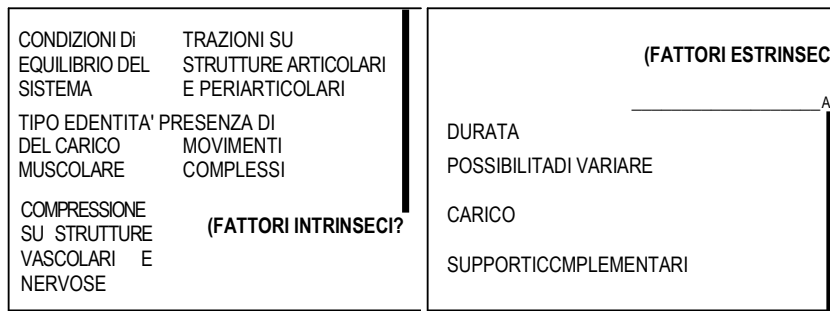


Fig. 1 - Parametri rilevanti per la descrizione delle posture di lavoro.

libertà. Questo parametro è complementare al precedente ma viene distinto per chiarezza espositiva. Ogni grado di libertà esprime la possibilità, per ciascuna articolazione considerata, di muoversi, lungo uno dei piani fondamentali.

A parità di ampiezza di movimento, gli atteggiamenti che coinvolgono le articolazioni secondo più gradi di libertà, risultano essere più sfavorevoli, in quanto sollecitano trazioni di maggiore entità. Esemplicativo a questo riguardo è il caso di una flessione-rotazione del tronco: a qualsiasi grado si situi, essa risulta più disagiata di un movimento di pari grado di semplice flessione o di semplice rotazione del tronco.

e) Presenza ed entità di fenomeni di compressione sulle strutture vascolari e nervose.

Fra gli aspetti estrinseci vanno considerati:

a) Durata, frequenza degli atteggiamenti posturali e loro sequenzialità. Se si considera che qualsiasi postura, anche corretta, mantenuta a lungo diviene sconsigliata, si ha immediatamente la consapevolezza della estrema importanza del fattore durata. Oltre al fattore durata, bisognerà esaminare la sequenzialità effettiva dei diversi atteggiamenti posturali per apprezzare la frequenza di variazioni posturali o, per converso, l'esistenza di atteggiamenti prolungati, non variati in assoluto, o relativamente ad un singolo distretto corporeo.

b) Possibilità di variare gli atteggiamenti posturali. Si tratta di apprezzare la possibilità di effettuare la medesima mansione secondo modalità differenti che comportino, al contempo, atteggiamenti posturali diversi.

c) Tipo di carico. Va sottolineata la nozione che, più che il carico vero e proprio, deve venire valutato il rapporto tra questo con l'atteggiamento delle leve interessate: a questo riguardo è preferibile parlare di valutazione del momento del carico.

d) Esistenza di supporti complementari per i diversi segmenti corporei. Si tratta di un aspetto estrinseco ovvio e di estremo interesse: è evidente l'importanza dei supporti specie per posture prolungate.

L'importanza dei parametri sopra descritti è ampiamente documentata in letteratura (Ayoub *et al.*, 1980; Brown, 1975; Chaffin *et al.*, 1975; Davies e Troup, 1966; Keyserling *et al.*, 1980; Magora, 1970a, b, 1972, 1973; Nachemson, 1965a, 1976; Onishi e Nomura, 1973; Poulsen e Jorgensen, 1971; Troup, 1965b; Troup e Chapman, 1969; anche se la cognizione dell'esatto valore che ciascuno di questi parametri assume nel determinare sensazioni di disagio e nella patogenesi di danni organici a distanza di tempo è lontana dall'essere acquisita con certezza.

I metodi descrittivi delle posture di lavoro. Prescindendo dai metodi fotografici e cinematografici, non risultati idonei per la descrizione di posture soprattutto perché forniscono immagini bidimensionali e dei metodi Benesh ('56) e Laban ('71) ideati per fini coreografici ma non facili da apprendere ed utilizzare, a tutt'oggi sono reperibili in letteratura diversi metodi di descrizione ed analisi delle posture. Tra i primi risultano quelli di Priel ('74) e di Karhu e coll. ('77). Più recentemente sono stati descritti altri metodi da Grieco e coll. ('78), da Corlett ('79) e da Holzman ('82), che tendono ad affrontare in maniera più globale il problema dell'analisi delle posture da lavoro.

Dal punto di vista storico il metodo di Priel ('74) è il primo che permette di definire numericamente una postura. Identificando nove punti di repere in una posizione di riferimento, registra gli spostamenti dei 14 segmenti corporei più significativi nei tre piani spaziali rispetto alla posizione di riferimento. Rileva inoltre anche gli angoli articolari con una stima inferiore, in genere, ai 15°. Il metodo è sufficientemente accurato, facile da apprendere e da applicare, e soprattutto permette di definire numericamente una postura rendendo facile la memorizzazione e l'elaborazione elettronica dei dati. Tuttavia, pur definendo accuratamente la posizione nello spazio dei diversi segmenti corporei, non

prevede la registrazione dei pesi trasportati e/o sollevati con le rispettive frequenze e tempi. Inoltre richiede molti dati per descrivere una postura (circa 40) e quindi non è idoneo per descrivere posture in sequenza.

Karhu e coll. ('77) descrivono un metodo d'analisi ergonomica delle posizioni di lavoro, denominato OWAS, nato da una collaborazione tra la Owako Steelwork ed il Finish Institute of Occupation Health. Il metodo è estremamente chiaro e preciso, necessita di sole tre cifre per definire una posizione di lavoro; ciascuna cifra della codificazione fa riferimento a posizioni pre-fissate del tronco, degli arti superiori ed inferiori (nei casi in cui è ritenuto importante viene codificata anche la posizione del capo). Per quanto riguarda lo sforzo fisico sono previste tre classi: inferiore a 10 Kg., tra 10 e 20 Kg., superiore a 20 Kg. Complessivamente sono state classificate 120 posizioni di lavoro tipo, che, se si considerano le tre classi di sforzo fisico, diventano 360. Di ciascuna delle 360 posizioni è stata valutata da un gruppo di esperti e dagli stessi lavoratori della Owako la tollerabilità. Il metodo è facile da apprendere, codificabile e presenta l'indubbio vantaggio di accompagnare alle capacità descrittive anche un immediato giudizio di tollerabilità della postura; ma essendo limitato ad un pur discreto numero di posture basilari, non permette una descrizione e valutazione di posture intermedie, ed è utile soprattutto per l'osservazione e lo studio di macroposizioni dato che non prende in considerazione i movimenti delle mani, dei piedi e talvolta del capo. C'è anche da sottolineare che non sono ben evidenti i criteri che hanno condotto al giudizio di tollerabilità e che comunque le valutazioni di tollerabilità soggettive dei lavoratori della Owako non sono probabilmente facilmente generalizzabili ad altre popolazioni. Grieco e coll. ('78) partendo da un'analisi critica della letteratura propongono un metodo per la descrizione e la valutazione delle posture di lavoro, attraverso l'utilizzazione di appositi moduli di rilevamento elaborati rispettivamente per posture tendenzialmente fisse e prevalentemente variabili. I moduli di rilevamento tengono presenti i fattori più rilevanti ai fini della formulazione del giudizio di tollerabilità, come già citato in precedenza, raccogliendo quindi un maggior numero di dati utili per una valutazione delle posture di lavoro.

Anche se la raccolta dei dati, estremamente semplificata, necessita solamente di una attenta osservazione, guidata, come ovvio, da alcuni criteri interpretativi, tuttavia l'ampliamento del numero di dati necessari e l'introduzione di criteri interpretativi rende il metodo meno facile da apprendere e da applicare e richiede l'utilizzo di personale minimamente specializzato onde evitare applicazioni discordanti dei criteri interpretativi. Il metodo è completato inoltre da una utile guida per il rilevamento clinico di segni patologici a carico dell'apparato locomotore che più frequentemente sono in rapporto con posture di lavoro incongrue.

Corlett ('79) propone un metodo di descrizione delle posture di lavoro utilizzando una serie di 10 segmenti di cerchio concentrici per indicare la posizione della testa, tronco, arti superiori ed inferiori con riferimento ad una posizione standard; prende in considerazione anche fattori importanti per una valutazione della tollerabilità delle posture come H tempo, la frequenza, la forza ed i giudizi soggettivi. Il metodo è facile da apprendere, altamente ripetibile ed accurato e permette inoltre di classificare in scale a tre o quattro punti il grado di inadeguatezza della postura per ciascun segmento corporeo, rappresentando quindi un notevole passo avanti rispetto al metodo OWAS, anche se rimangono perplessità sui criteri di giudizio della inadeguatezza.

Holzman ('82) propone un nuovo metodo di analisi delle posture che si avvale di registrazioni su video o film delle posture di lavoro. La successiva analisi del filmato in laboratorio permette di valutare i diversi atteggiamenti posturali suddividendo l'organismo umano in sei unità funzionali e cioè testa e collo, spalla e arto superiore destro e sinistro, tronco, e arto inferiore destro e sinistro. Facendo uso della scala di Borg per la valutazione dello sforzo, ogni unità funzionale viene valutata singolarmente in relazione a quattro cause

principali di fatica rappresentata dallo sforzo posturale, dal carico di lavoro statico e dinamico e delle vibrazioni.

Il metodo è estremamente recente e non permette ancora una sua precisa valutazione anche se è da ritenere importante la possibilità di utilizzare l'elaborazione elettronica per una valutazione della tollerabilità della postura. Una volta chiariti con maggior precisione i criteri di valutazione della tollerabilità di una postura, sicuramente il metodo Arban con l'aiuto dell'elaborazione elettronica permetterà un ulteriore passo avanti nell'analisi e valutazione delle posture, in particolare per quelle più comuni e routinarie.

La pur rapida illustrazione di alcuni dei metodi di descrizione e analisi delle posture di lavoro reperibili in letteratura ci permette però una serie di considerazioni finali:

— i metodi descrittivi delle posture sono originalmente nati per standardizzare la raccolta di dati utili alla progettazione di posti di lavoro più che per la valutazione della tollerabilità;

— man mano che si è andato delineando il concetto che l'obbiettivo primario da perseguire nello studio delle posture di lavoro è la possibilità di esprimere un giudizio di tollerabilità si è reso sempre più necessario aumentare il numero di dati da raccogliere. Ciò ha trasformato i primi metodi da sintetici e pragmatici, facili da usare e codificare, in metodi analitici e di ricerca, più difficili da codificare e da utilizzare;

— la eccessiva schematizzazione dei metodi e la riduzione del numero di posture prese in considerazione, pur utili in particolari settori industriali, riducono l'applicabilità generale del metodo;

— la maggior parte dei metodi di descrizione ed analisi della postura lavorativa proposti dalla letteratura è relativamente recente ed a tutt'oggi mancano sufficienti applicazioni pratiche su vasta scala per poterne valutare l'efficacia e la precisione;

— tutti i metodi presentano notevoli difficoltà nel passaggio dalla fase descrittiva a quella valutativa. Ciò è dovuto alla mancanza di una serie di conoscenze di base che non ci permette, a tutt'oggi, di possedere un preciso modello comprensivo delle posture lavorative e dei suoi effetti sull'apparato osteoarticolare e sulla colonna vertebrale in particolare. In assenza di tale modello, al cui perfezionamento possono dare notevole sviluppo indagini epidemiologiche su vasta scala, le valutazioni di una postura e dei suoi effetti può essere solo il frutto di esperienze soggettive e di applicazione di buon senso;

— allo stato attuale si può concludere in accordo con Corlett ('79) che «la nostra abilità di misurare è migliore della nostra capacità di interpretare i dati» e che ulteriori sforzi di migliorare i metodi descrittivi in nostro possesso apporterebbero pochissimi vantaggi.

Considerazioni sui metodi valutativi

Premessa. La valutazione di una postura, o meglio della sua tollerabilità, rappresenta senza dubbio il momento di maggiore difficoltà nell'analisi delle posture, in quanto è tuttora largamente aperta la questione relativa ai criteri ed ai metodi che supportano tale fase. La difficoltà ad esprimere in modo univoco requisiti, metodi e criteri per la valutazione di una postura è legata alla molteplicità dei fattori da prendere in considerazione, fra cui preminenti risultano:

- a) il numero relativamente cospicuo delle variabili che definiscono una postura;
- b) il numero tendenzialmente infinito di combinazioni posturali;
- c) la specificità della patologia connessa con le posture incongrue.

I metodi di valutazione che la letteratura più frequentemente ci propone prendono in considerazione in particolare lo studio elettromiografico dei muscoli (Andersson *et al.*, 1977a; Chaffin, 1973; Hagberg, 1981; Kadefors *et al.*, 1968; Lind e Petrofski, 1979; Lindstrom *et al.*, 1977; Lindstrom *et al.*, 1970; Lynn *et al.*, 1978; Milner-Brown e Stein,

1975; Mortimer *et al.*, 1970; Ortengren *et al.*, 1985; Petrofsky, 1980b; Petrofsky *et al.*, 1982; Petrofsky e Lind, 1980) la misura diretta ed indiretta della pressione sui dischi intervertebrali (Andersson *et al.*, 1977b; Davis, 1956, 1981; Davis e Stubbs, 1977, 1978; Davis *et al.*, 1977; Davis e Troup, 1964; Nakemson, 1965b, 1981; Nakemson e Morris, 1964; Ortengren *et al.*, 1981) lo studio delle posture dal punto di vista biomeccanico (Andersson *et al.*, 1980; Berkson *et al.*, 1979; Boccardi e Lissoni, 1977; Schultz *et al.*, 1979; Schultz, manoscritto; Schultz e Andersson, 1981; Seireg e Ardikar, 1973) e la sua accettabilità dal punto di vista psicofisico (Aioub *et al.*, 1976; Garg e Saxema, 1979; Legg e Myles, 1981; Miller *et al.*, 1977).

Tutti i metodi sopra citati sono in grado di fornire elementi utili per quanto riguarda la tollerabilità del carico posto sulle strutture muscolari, discali, articolari singolarmente prese in considerazione. Va sottolineato, tuttavia, che la tollerabilità di una postura risulta soddisfatta non dal rispetto del carico imposto su di una singola struttura, ma solamente quando tutte le strutture interessate in un atteggiamento posturale, risultano globalmente salvaguardate.

La valutazione psicofisica, infine, anche se si presenta come metodo sintetico, dato che si avvale del giudizio soggettivo, può risentire, di numerosi fattori inquinanti; tra i più importanti emergono i fattori motivazionali, il grado di efficienza fisica dei soggetti, la esistenza stessa di situazioni di conflittualità az;endale.

Queste difficoltà sono state evidenziate per chiarire fino in fondo quale è lo stadio di approfondimento conoscitivo in cui si trova oggi, la comunità scientifica internazionale. Va peraltro sottolineata la necessità di evitare scappatoie semplificatrici nel trattare questo problema e di potenziare gli sforzi di ricerca unificando, almeno a livello comunitario, le linee direttrici e gli obbiettivi verso cui muoversi.

Requisiti per il giudizio di tollerabilità. Quali sono i criteri che sottendono la valutazione di una postura? In primo luogo ci si dovrebbe accordare sul fatto che ciò che si valuta non è una postura di per se stessa ma bensì la sua tollerabilità all'interno delle concrete condizioni spaziali, temporali ed operative in cui essa si colloca. In tal caso, pertanto, ed in linea generale, quali sono le posture che possono essere definite tollerabili? L'ipotesi che qui si avanza è che si possono definire tollerabili quelle posture che posseggono i seguenti requisiti: *a)* non comportare sensazioni di disagio a breve termine; *b)* non causare patologia modo-funzionale a lungo termine. Per «disagio a breve termine» si deve intendere la presenza di una sensazione di affaticamento e/o di dolore a carico di un qualsivoglia segmento dell'apparato osteoartromuscolare e legamentoso che compare in archi temporali dell'ordine di minuti, ore, giorni. Alcune perplessità potrebbero essere avanzate a proposito di questo primo requisito: sottolineato che, anche in questo caso non ci si può limitare alla prevenzione del danno invalidante, ma è necessario garantire il più completo benessere ed il più ampio comfort possibile; non dovrebbero invece sussistere perplessità di carattere teorico, nell'adozione del secondo requisito.

Su di un piano generale, ci si rende conto che una impostazione di questo genere, ancorché discutibile e passibile di approfondimenti di merito, continua a risentire di un certo grado di genericità: tuttavia, non si può sfuggire al fatto che tutti i metodi di indagine adottati in fase valutativa debbano rispondere, per avere un significato predittivo e non essere fini a se stessi, ad almeno uno (meglio se entrambi) i requisiti richiesti.

Caratteristiche dei principali metodi di valutazione. L'esame dettagliato dei diversi metodi di analisi valutativa delle posture non è compito precipuo di questa comunicazione: l'intero convegno infatti è destinato a prendere in esame questo rilevante aspetto con molteplici e qualificate relazioni.

In questa sede ci si limiterà pertanto a considerare alcuni dei principali metodi di

analisi relativamente alla loro capacità di rispondere ai due requisiti che sottostanno alla valutazione di tollerabilità di una postura.

Nella Tabella 1 sono indicati alcuni dei principali metodi di analisi considerati, il relativo oggetto di studio e la rispettiva rispondenza ai due requisiti.

Come si può vedere ogni metodo in genere risponde, più o meno compiutamente, ad uno solo dei requisiti: la tesi che qui si avanza è che *per giudicare pienamente tollerabile una sequenza posturale connessa ad una mansione lavorativa devono essere soddisfatti entrambi i requisiti dianzi enunciati*; ne consegue che, in linea di massima, non è possibile utilizzare un solo metodo di analisi; è invece solo con l'adozione di più metodi, di cui almeno uno rispondente al primo requisito e uno rispondente al secondo requisito, che potranno essere fornite risposte più esaurienti e complessive e pertanto in ultima analisi fidabili. L'adozione di più metodi di valutazione delle posture è reso ancor più necessario, se si fa riferimento al fatto che il termine «dolore lombare» secondo il Comitato «ad hoc» sulla riduzione dei rischi di lesione lombare nei luoghi di lavoro della CEE debba riguardare: «Tutti i casi di dolore originati nella parte bassa della schiena con o senza ripercussioni in altre zone che non derivino da neoplasie, malattie infettive o ferite aperte dirette». Ciò sta a significare che l'assenza di disagio anche a breve termine o di danno riguarda tutte le strutture del tratto lombo-sacrale e che di conseguenza la valutazione della tollerabilità debba essere ottenuta utilizzando tutti i metodi in grado di esplorarle.

Infine un ulteriore motivo per l'utilizzo contemporaneo di più metodi di valutazione deriva dal fatto che in realtà nessuno dei metodi citati è ancora riuscito a definire dei precisi e riconosciuti standard di riferimento, tali da consentire univoche interpretazioni: ciò fa sì che le singole valutazioni dovranno basarsi, oltre che su una buona tecnica degli operatori,

TAB. 1. - *Rispondenza dei principali metodi di valutazione ai requisiti di tollerabilità.*

Metodi di analisi	Oggetto dello studio	Rispondenza ai requisiti di tollerabilità		
		1 ^o	11 ^o	Note
Metodi psicofisico e soggettivo	* Accettabilità del carico di lavoro ** Affaticamento e/o dolore di tutte le strutture dell'apparato locomotore.	SI	NO	La soddisfazione del primo requisito con tali metodi non consente di stabilire automaticamente la soddisfazione del secondo.
Elettromiografia	Attività muscolare	SI	NO	La soddisfazione del primo requisito con tali metodi non consente di stabilire automaticamente la soddisfazione del secondo.
Analisi biomeccanica	Condizioni di equilibrio generale e segmentario, muscoli, strutture articolari e periarticolari.	SI	SI	Il metodo può fornire anche ipotesi sull'affaticamento muscolare a breve termine. Inoltre permette la stima delle forze agenti sulle strutture articolari.
Studio della pressione discale di analisi anche differenziate tra cui preminente	Disco intervertebrale	NO	SI	Tale metodo può articolarsi in procedure è attualmente lo studio della pressione intraaddominale.

anche, almeno per tutta una fase di approfondimento, su una «ridondanza informativa» che sarà di sicuro ausilio nell'espressione di giudizi.

Si vuole ancora rimarcare che i metodi qui discussi hanno l'indubbia validità di consentire nell'immediato le valutazioni di tollerabilità delle posture: tali metodi e le relative capacità predittive tuttavia dovranno essere validate attraverso appositi studi epidemiologici che si presentano ancora come lo strumento più adatto per fornire risposte ai due requisiti di tollerabilità proposti.

Analisi delle posture: esempio di applicazione pratica

Materiali e metodi

È sembrato utile completare questa comunicazione relativa all'analisi delle posture con alcuni esempi applicativi che, sfruttando le attuali conoscenze ed una strumentazione non cruenta e solo mediamente sofisticata, dimostrano la praticabilità dei metodi proposti al fine di esprimere giudizi di tollerabilità di determinate sequenze posturali.

Scelta degli esempi. Per la scelta degli esempi da analizzare si sono ricercate, nella letteratura più attuale, sequenze posturali piuttosto semplici, già studiate con uno dei metodi di analisi prima individuati e giudicate «tollerabili».

Il primo esempio riguarda il sollevamento di un carico da un banco di lavoro al pavimento e quindi dal pavimento al banco di lavoro. Leggs ('81) propone per questo tipo di lavoro, un carico massimo accettabile ripetitivo per una giornata lavorativa, individuato attraverso il metodo psicofisico, su un gruppo di giovani militari (carico medio 17,5 Kg.; ritmo di sollevamento in andata e ritorno: 5 volte ogni 2 minuti; forma del carico: 50 cm. x 26 cm. x 11 cm. con maniglie laterali; modalità di sollevamento: libera; altezza del banco di lavoro: 40% della statura del soggetto).

Si è riprodotta una analoga situazione in laboratorio, su un solo soggetto (anni 35, peso Kg. 80, altezza cm. 180), lasciando ad esso la libertà di scelta della modalità di sollevamento. Nel nostro caso il soggetto ha optato per il sollevamento del carico attraverso la flessione dell'anca e del rachide (operazione 1). In una seconda prova gli si è invece consigliato di eseguire l'operazione flettendo le ginocchia e mantenendo H rachide il più possibile eretto (operazione 2). In una serie di prove preliminari, della durata ciascuna di 4 ore, il soggetto non aveva segnalato segni di fatica soggettiva.

Il secondo esempio riguarda invece il sollevamento di un carico, eseguito col solo braccio destro prima sul piano sagittale (operazione 3A), quindi frontale (operazione 313). Per questo tipo di lavoro Davis ('78), basandosi sulla misura della pressione endoaddominale, propone come «tollerabile per il rachide lombo-sacrale», un carico di 10 Kg. (sollevamento a braccio teso, con ritmo di 1 sollevamento al minuto per soggetto di sesso maschile, di età inferiore ai 45 anni). Per eseguire questa operazioni si è utilizzato il medesimo soggetto delle precedenti.

Metodi di studio. Il metodo di valutazione posturale utilizzato prevede l'esame comparato di diverse grandezze biomeccaniche e dell'attività mioelettrica dei principali gruppi muscolari. La tecnica utilizzata è quella della «videovettografia» abbinata a quella dell'elettromiografia con elettrodi di superficie.

La tecnica videovettografica è già utilizzata presso il Centro di Bioingegneria della Fondazione Pro Juventate nello studio cinematico e dinamico del movimento e nella valutazione funzionale di alcuni atti motori quali il cammino normale e patologico o alcuni gesti atletici. Essa si rivela di particolare validità nei casi in cui interessa una quantificazione delle sollecitazioni articolari ai diversi livelli e una analisi della strategia di esecuzione di

particolari compiti motori (Boccardi *et al.*, 1977a, b, 1981; Frigo e Pedotti, 1978a, b; Pedotti, 1977a, b).

La strumentazione utilizzata (Fig. 2) comprende:

— una piattaforma di forza con quattro celle di carico piezoelettriche inserita nel pavimento;

- una telecamera e un monitor televisivo;
- un sistema di elaborazione dei segnali TV e della piattaforma (DIGIVEC);
- un sistema per il riconoscimento automatico della posizione dei markers (ELITE).

Ciascuna cella di carico piezoelettrica della piattaforma, abbinata ad un amplificatore di carico, rileva le componenti orizzontale, verticale e trasversale che agiscono su di essa. Una particolare elaborazione che fa uso tra l'altro di un microprocessore, permette il campionamento dei segnali delle diverse celle di carico e la loro composizione.

Vengono così ottenute in ogni istante di tempo, l'ampiezza, l'inclinazione e il punto di applicazione del vettore risultante dalle azioni applicate sulla superficie della pedana.

Tale vettore viene poi rappresentato sul monitor televisivo sovrapposto all'immagine ripresa dalla telecamera.

Le forze che il soggetto scarica sulla piattaforma sono la risultante della forza peso, di eventuali forze esterne e delle azioni d'inerzia che agiscono su ciascun segmento corporeo. La rappresentazione della reazione d'appoggio attraverso la sovrapposizione all'immagine TV del soggetto, ottenuto con il DIGIVEC, permette una rapida e precisa valutazione dell'entità di questa risultante, e rendendo nota la posizione del vettore stesso rispetto al corpo, permette un'analisi quantitativa dei momenti che esso esercita ai diversi livelli articolari. Attraverso la stima di alcuni parametri anatomici, quali i bracci d'azione di alcuni gruppi di muscoli, è perciò possibile calcolare le forze muscolari e le sollecitazioni delle varie articolazioni.

L'ELITE (TV Image Processor) è un sistema che consente di riconoscere in tempo reale la posizione sul piano del movimento dei markers rifrangenti che sono posizionati sui

EL171

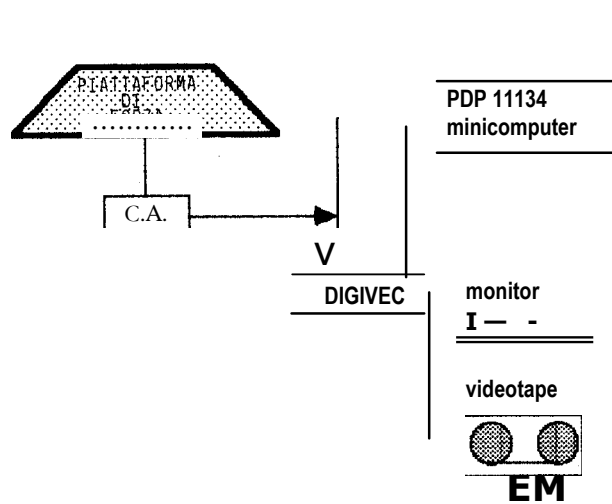


Fig. 2 - Rappresentazione schematica della tecnica videovettografica.

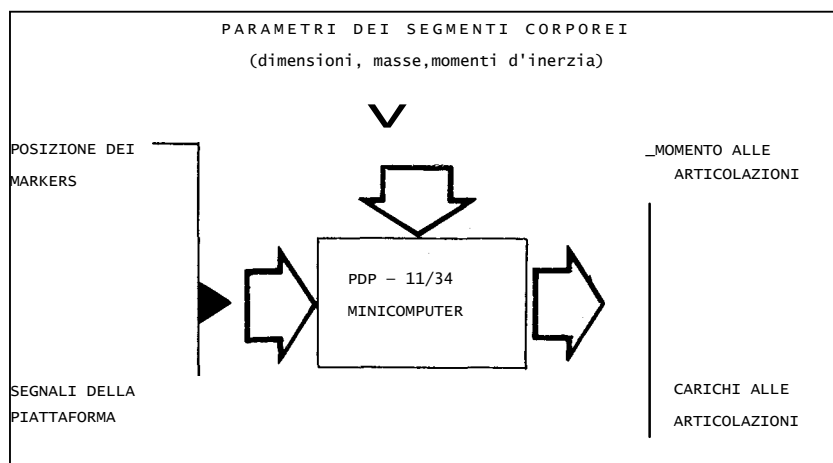


Fig. 3 - Variabili utilizzate per l'elaborazione computerizzata.

punti di repere scelti. Esso invia al calcolatore, con la frequenza televisiva (50 Hz), le coordinate dei markers stessi, che sono poi elaborati sulla base dei programmi descritti più avanti.

Per quanto riguarda la tecnica elettromiografica è stato utilizzato un sistema telemetrico a 8 canali abbinato ad un tracciatore a carta per la registrazione dei segnali.

Gli elettrodi di superficie bipolari sono stati disposti secondo la direzione delle fibre muscolari in prossimità del punto motore, con una distanza tra gli elettrodi di circa 3 cm.

A seconda degli esercizi è stato esplorato un set di muscoli significativi per valutare i seguenti aspetti: *a)* impegno muscolare; *b)* schema di reclutamento dei singoli muscoli; *c)* simmetria dell'impegno muscolare. All'inizio della seduta sperimentale veniva valutato per ciascun muscolo il segnale relativo alla massima contrazione volontaria contro resistenza (M.C.V.).

Successivamente iniziava l'esecuzione degli esercizi prima descritti. Nel metodo generale, qui proposto, tutte le grandezze cinematiche (posizione dei vari markers) e le forze della piattaforma sono inviate direttamente al calcolatore (PDP 11/34).

Viene effettuata innanzitutto una preelaborazione dei dati cinematici attraverso metodi di correzione degli errori di parallasse e di best fitting. Utilizzando un opportuno modello matematico del corpo umano vengono calcolati on-line i carichi delle varie articolazioni.

Lo schema di Figura 3 illustra sinteticamente le variabili di ingresso, i parametri necessari e le uscite del calcolatore.

Per il calcolo dei carichi alle articolazioni più importanti è stata adottata una schematizzazione secondo la quale l'intero corpo può essere visto, come un sistema articolato di 16 segmenti rigidi dotati di massa concentrata nel baricentro.

La massa di ciascun segmento e la relativa posizione del baricentro è ottenuto dal peso corporeo del soggetto utilizzando opportune tabelle antropometriche (Dempster, 1955).

Noto il peso sollevato dal soggetto, la reazione di appoggio e le posizioni istantanee dei vari segmenti individuati dai markers posti in corrispondenza delle articolazioni, si sono calcolati i momenti articolari secondo la seguente relazione generale.

$$(M, d, d, d, R, p) = 0 \quad M$$

dove M è il vettore delle coppie articolari, d è il vettore delle coordinate libere, R è il vettore delle forze esterne, p è il vettore dei parametri corporei.

L'equazione generale (*) rappresenta un sistema di equazioni differenziate non lineari di notevole complessità. Essa comunque può essere ridotta ad un sistema più semplice di equazioni facilmente risolvibile quando interessa il calcolo di una ben specifica grandezza e tenendo conto che in prima approssimazione si possono trascurare le componenti inerziali di sottoinsiemi dei segmenti corporei.

Per esempio durante il sollevamento di un peso quale quello indicato in Fig. 5 si può trascurare l'inerzia dei segmenti relativi agli arti inferiori, che restano praticamente fissi durante il movimento.

Negli esempi riportati nel seguito, per quanto riguarda i dati cinematici si è ricorsi ad una tecnica di lettura semimanuale. Sono stati selezionati istanti significativi della registrazione televisiva e fotografati da monitor.

Essi venivano proiettati sul piano di un plotter-digitalizzatore che consentiva il trasferimento diretto delle coordinate dei marker al calcolatore digitale.

Trascurando le inerzie, i momenti alle varie articolazioni sono stati calcolati mediante le seguenti relazioni:

$$M_s = M_w + M_a + M_l + M_h a$$

$$ML3 = M_a + M_f + M_h a + M_t + M_h e$$

$$K_k = R \cdot b_R$$

dove: m_s Momento alla spalla

$ML3$ Momento alla 3^a vertebra lombare

M_k Momento al ginocchio

e: M_w componente dovuta al peso del carico sollevato

M_a - componente dovuta al braccio

M_f componente dovuta all'avambraccio

M_{ha} ● componente dovuta alla mano

M_t ● componente dovuta al tronco

M_{he} ● componente dovuta alla testa

R ● reazione d'appoggio

b_R braccio della reazione d'appoggio rispetto all'articolazione considerata

Per risalire al calcolo della forza totale su L3 si sono condotte le seguenti osservazioni.

Innanzitutto appare di difficile schematizzazione il complesso sistema muscolare legamentoso che interviene a bilanciare il momento meccanico esterno.

Infatti, oltre all'azione svolta dai muscoli erettori spinali, si dovrebbero considerare i legamenti spinali, le faccette articolari e la contrazione addominale. Inoltre non è assumibile una misura fissa per il braccio degli stessi muscoli erettori.

In prima approssimazione è sembrato utile procedere secondo lo schema di Figura 4, dove F , rappresenta la forza esercitata dagli erettori, $ML3$ il momento in L3, F_p è la forza peso della porzione del corpo sovrastante il fulcro, incluso il peso sollevato, concentrato nel baricentro relativo, b è il braccio dei muscoli erettori. La forza FN di compressione normale sul disco è calcolata secondo la formula:

$$FN = ML3 + F_p \cos. b$$

Tenuto conto delle incertezze precedentemente accennata, il valore di b è stato stimato variante fra 5 e 7 cm.

Vale la pena di rilevare che utilizzando questo metodo di calcolo alcuni Autori (Bartelling, 1957; Morris *et al.*, 1961) hanno ottenuto valori maggiori dei carichi di rottura

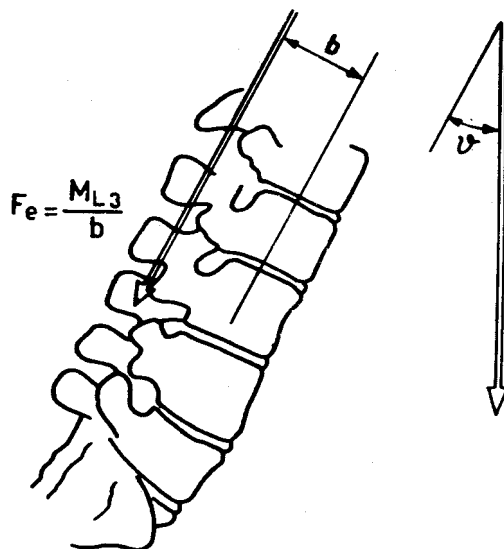


Fig. 4 - Rappresentazione grafica dei carichi agenti su L3.

della struttura disco-vertebrale (Davis *et al.*, 1977) per sollevamenti di 60-100 Kg. (Davis *et al.*, 1977).

Secondo gli stessi Autori diviene possibile sollevare questi carichi grazie «all'azione di alleggerimento» combinata sostenuta dalla pressione addominale e dalle faccette articolari vertebrali.

Farfan ('73) suggerisce che l'effetto della pressione addominale si traduce in una riduzione del carico lombare anche del 30% ma solo per brevi intervalli di tempo e che quello delle faccette articolari vertebrali lo riduce ulteriormente del 20%.

Risultati e discussione

Per ciascuna operazione ed in ciascuna fase di esse sono stati dettagliatamente analizzati il comportamento delle forze muscolari e compressive in gioco nonché l'attività mioelettrica (espressa come percentuale della M.C.V.) dei principali gruppi muscolari di volta in volta coinvolti.

In questa sede non è consentito di riferire specificamente nel merito di tali risultati che sono peraltro reperibili in altre pubblicazioni (Colombini *et al.*, 1985 *). A titolo puramente esemplificativo si riportano in fig. 5 i risultati dell'analisi biomeccanica ed EMG grafica relativi alla operazione n. 1.

Per questa e le altre sequenze posturali ci si limita alla schematizzazione in fasi e a riferire dei risultati ottenuti in termini di aderenza ai requisiti di tollerabilità.

L'utilizzo combinato delle metodiche adottate, permette di evidenziare i seguenti aspetti:

il rachide lombare è sottoposto a un notevole impegno che si distribuisce fra le seguenti strutture: strutture muscolari (prevalentemente gli erettori spinali), parti molli ed in particolare le strutture discali in cui la pressione anteriore sul disco va aumentando all'aumentare della flessione.

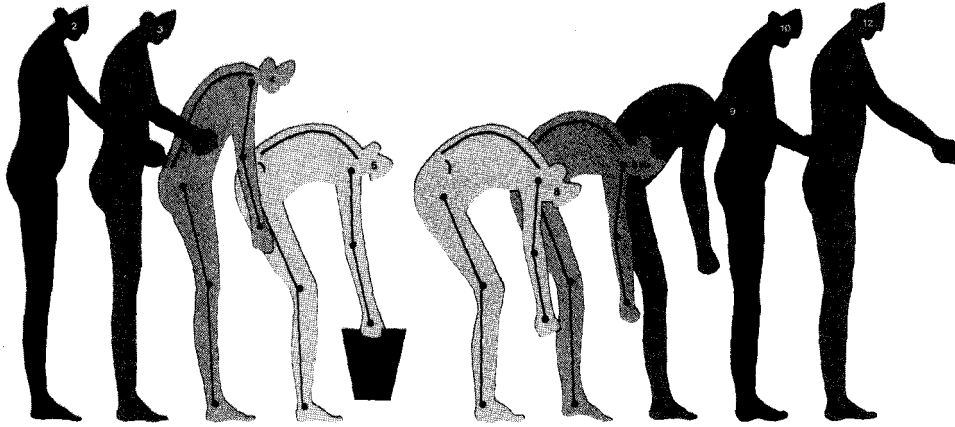


Fig. 5 - Operazione 1. Scansione in fasi della sequenza posturale (scansione grafica dei fotogrammi selezionati dalla registrazione televisiva).

Si può notare che nelle fasi di massima flessione del rachide, in cui il momento della gravità è maggiore, il carico è assorbito prevalentemente dalla tensione delle parti molli posteriori e dalla compressione anteriore del disco: l'analisi EMG ha mostrato infatti che gli erettori spinali non si contraggono e trovandosi circa al massimo del loro stiramento, si comportano come strutture elastiche.

Il sollevamento di un carico con questa modalità, viene a gravare prevalentemente, ma non esclusivamente sul rachide lombare. Sono infatti risultati considerevoli i carichi a livello di:

- a) articolazione scapolo omerale, soprattutto all'inizio e alla fine della operazione;
- b) rachide dorsale e cervicale, con impegno prevalente dei muscoli che agiscono come fissatori dell'articolazione scapolo-omerale, alternativamente nelle diverse fasi (trapezio superiore, trapezio medio, romboidi).

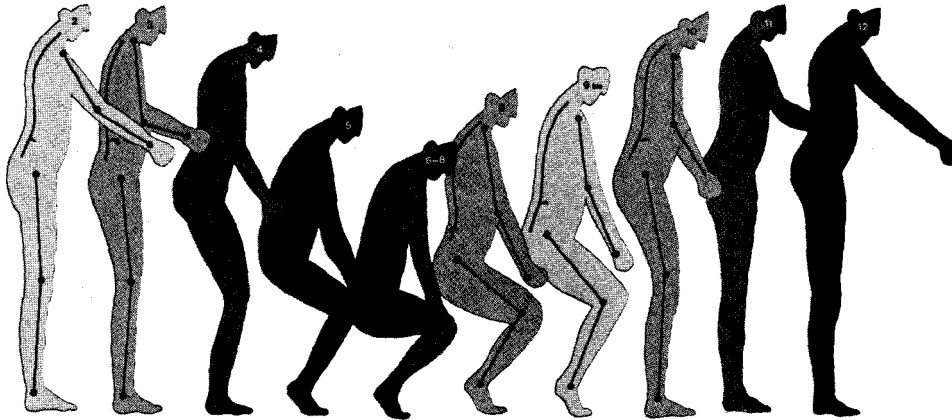


Fig. 6 - Operazione 2. Scansione in fasi della sequenza posturale: la valutazione riguarda tanto aspetti peculiari quanto elementi di confronto con l'operazione 1.

Nella tabella 2 i diversi metodi di analisi adottati, vengono utilizzati per verificare la rispondenza con i due principali requisiti di salvaguardia.

Operazione 2. In figura 6 viene presentata la scansione del movimento relativa a questa operazione.

Questa sequenza posturale sottende la medesima operazione lavorativa della sequenza posturale n. 1: la valutazione pertanto riguarda tanto aspetti peculiari della postura 2 quanto elementi di confronto con la precedente.

Emergono le seguenti considerazioni:

a) sul rachide lombare grava nelle fasi di attività una forza totale di certo rilevante ma che non arriva ai valori registrati nel caso precedente; inoltre vi è il vantaggio di una ridotta attività articolare;

b) articolazione scapolo-omerale: cospicuo e comunque più rilevante che nel caso precedente è l'impegno complessivo delle strutture del cingolo scapolo-omerale, fermo restando che l'impegno della muscolatura appare omogeneo e alternato nonché compatibile, se si eccettua il trapezio superiore, chiaramente più impegnato: ciò si riflette significativamente sul rachide cervicale, che del resto è in costante atteggiamento di modifica flessione;

c) arto inferiore: la muscolatura relativa presenta delle sollecitazioni istantanee e di notevole rilievo che, tuttavia, nel complesso, risultano compatibili con la sua capacità. Va

TAB. 2. - *Spostamento del carico mediante flessione del tronco: relazione fra metodi di valutazione e requisiti di tollerabilità*

Metodi	Requisiti di tollerabilità	
	1° requisito: comparsa di disagio a breve termine	110 requisito: comparsa di disagio lungo termine
Metodi psicofisico e soggettivo	0 Non comporta disagio immediato	
Analisi biomeccanica		carico notevole a livello di: strutture muscolari e legamentose del rachide lombare strutture muscolari del rachide cer- vicale e dorsale (muscoli fissatori del cingolo scapolo-omerale)
Analisi EMG	0	* blocco degli erettori spinali in mas- sima flessione del rachide * carico gravante sulle strutture lega- mentose ed articolari del rachide lombare
Pressioni interdiscali (forza totale in Kg)		per 1/4 del turno lavorativo, il carico discale compreso tra 194-270 e 477-680 kg. Per i restanti 3/4 (postura costante- mente eretta) il carico sul disco è di 102-118 kg.: Forte probabilità di discopatia
	0 Requisito salvaguardato	*Requisito non salvaguardato

peraltro rimarcato che nelle situazioni reali, è di frequente riscontro la scarsa propensione all'utilizzo delle capacità di tale muscolatura.

Ne deriva la necessità di fornire adeguate informazioni finalizzate a favorire la corretta adozione di tale modalità esecutiva.

Nella tabella 3 i diversi metodi di analisi adottati vengono utilizzati per verificare la rispondenza con i due principali requisiti di salvaguardia.

Operazione 3A e 3B. Nelle figure 7 e 8 è riportata la scansione del movimento per ciascuna di queste operazioni.

Questa operazione, al contrario di quelle precedentemente descritte, si sviluppa in modo asimmetrico.

L'utilizzo combinato delle metodiche adottate permette di evidenziare i seguenti aspetti:

- a) impegno asimmetrico delle strutture del rachide lombare e del cingolo scapolo-omerale;
- b) esistenza di una F tot. in L3 compresa tra valori di 481-650 Kg., seppure sviluppata in pochi istanti;
- c) impegno rilevante della muscolatura del cingolo scapolare dx. ancor

TAB. 3. - *Spostamento del carico mediante flessione delle ginocchia: relazione fra metodi di valutazione e requisiti di tollerabilità*

Metodi	Requisiti di tollerabilità	
	I° requisito: comparsa di disagio a breve termine	II° requisito: comparsa di disagio lungo termine
Metodi psicofisico e soggettivo	0 Non comporta disagio immediato	
Analisi biomeccanica	Q	carico medio per il rachide lombare e per l'articolazione scapolo-omerale
Analisi EMG	Possono comparire segni di fatica ai seguenti muscoli: • trapezio superiore * quadricipite e tricipite • (in soggetti non allenati)	elevata attività EMG del trapezio superiore: Notevole impegno del rachide cervicale
Pressioni interdiscali (forza totale in Kg)		per 1/4 del turno lavorativo, il carico di-scale è compreso tra 266-350 e 379-500 kp. Per i restanti 3/4 (postura costantemente eretta) il carico sul disco è di 102-118 kg.: media probabilità di discopatia
	0 Requisito salvaguardato	• Requisito non salvaguardato

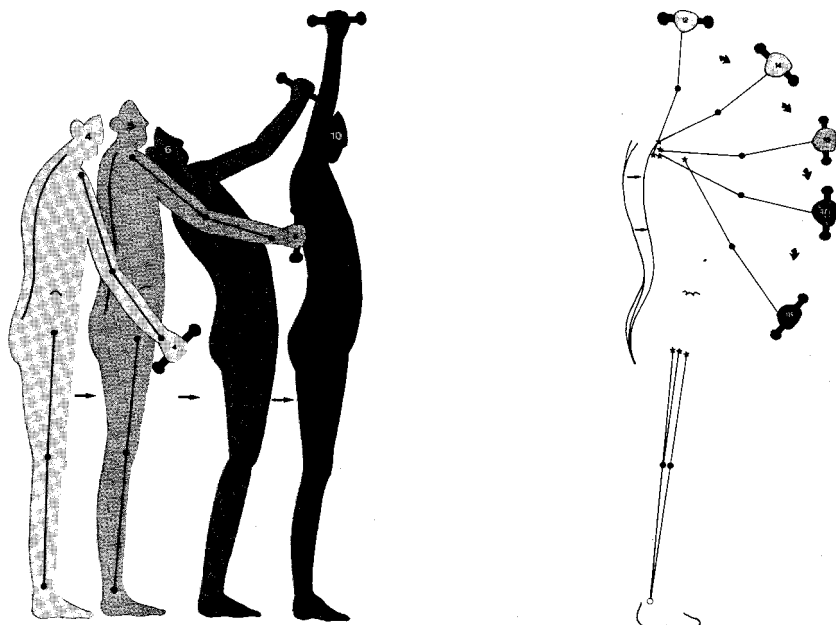


Fig. 7 - Operazione 3a. Scansione in fasi della sequenza posturale: sollevamento di carico sul piano sagittale con un solo arto superiore.

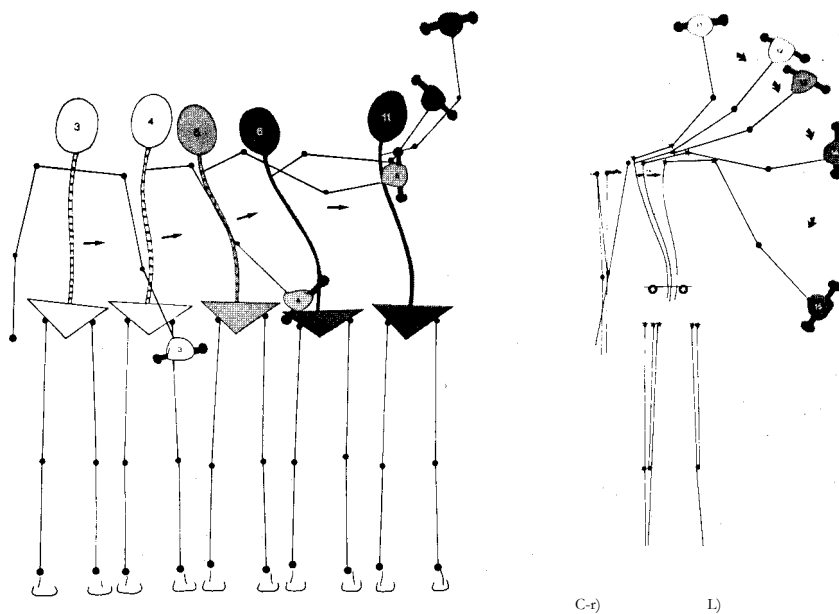


Fig. 8 - Operazione 3b. Scansione in fasi della sequenza posturale, come in 3a, piano frontale.

TAB. 4. - *Spostamento di carico sul piano sagittale con un solo arto superiore: relazione fra metodi di valutazione e requisiti di tollerabilità*

Metodi	Requisiti di tollerabilità	
	I° requisito: comparsa di disagio a breve termine	11° requisito: comparsa di disagio lungo termine
Metodi psicofisico e soggettivo	Comparsa immediata di sensazione di fatica	
Analisi biomeccanica	L'analisi biomeccanica conferma la comparsa di fatica immediata per impegno estremo delle strutture del cingolo scapolo-omerale	Impegno estremo della struttura del cingolo scapolo-omerale e carico medio progressivamente incrementatesi per il rachide lombare
Analisi EMG	Fortemente probabile la comparsa precoce di fatica a carico della muscolatura del cingolo scapolo-omerale destro	Conferma la valutazione biomeccanica:
Pressioni interdiscali (forza totale in Kg)		Mediamente 420 Spikes della F tot. SU 13 a valori compresi fra 481 e 650 Kg, nel turno lavorativo. Microtraumi ripetuti sl disco.
	<C> Requisito salvaguardato	*Requisito non salvaguardato

Conclusioni

La breve rassegna, che qui è stata presentata, circa lo «stato dell'arte» nell'analisi delle posture consente di esprimere alcune considerazioni finali tese, tra l'altro, a focalizzare le prospettive aperte su questo terreno.

Va sottolineato anzitutto che l'analisi delle posture di lavoro, nei suoi momenti descrittivo e valutativo, deve condurre a giudizi di tollerabilità riguardanti tutti i segmenti corporei coinvolti e non può limitarsi a considerare solo alcuni di essi, quand'anche siano i più frequentemente interessati da patologie invalidanti e comunque di alta rilevanza sociale. Non si può dimenticare infatti, nonostante la specifica finalizzazione di questo convegno, il frequente riscontro di patologie a carico del rachide cervicale e del cingolo scapolo-omerale che pure sono a volte in relazione con specifiche incongruità posturali.

In secondo luogo va ribadito che il problema della valutazione della tollerabilità delle posture di lavoro (e comunque delle posture in generale) si presenta ancora largamente aperto e lontano dall'aver trovato una soddisfacente sistematizzazione di metodi di analisi e di criteri interpretativi.

Vero è che i diversi metodi utili in sede valutativa (metodo psicofisico, elettromiografico, studio biomeccanico, studio delle pressioni discali, etc.) si sono andati progressivamente affidando e che del pari è cresciuto il bagaglio di conoscenze circa i rispettivi criteri di interpretazione; tuttavia, è realistico affermare che nessun metodo, di per sé, ha raggiunto una autonoma capacità predittiva circa le probabilità di danni, per i diversi segmenti dell'apparato locomotore, conseguenti alla assunzione di qualsivoglia postura (o sequenza posturale) lavorativa. Parziali eccezioni, e non per questo meno rilevanti, sono quelle

rappresentate dai metodi di studio dei carichi discali e dall'analisi elettromiografica, rispetto ai quali esistono quanto meno dei valori di riferimento che orientano previsioni circa la patologia discale e la comparsa di sensazioni di affaticamento muscolare a breve termine.

Data tale situazione, il suggerimento che sembra più opportuno avanzare, in merito ai problemi di valutazione, è quello di usare più metodi in modo integrato, al fine di tentare risposte il più esaurienti possibile ai due requisiti di salvaguardia che sottendono A giudizio di tollerabilità.

In una prospettiva più generale, tuttavia, la capacità predittiva dei diversi metodi, anche integrati fra loro, dovrà essere validata attraverso appositi studi di carattere epidemiologico tesi pertanto, non solo ad evidenziare la prevalenza di patologia nei diversi gruppi esposti a presumibile rischio posturale, ma anche a verificare la congruenza del rapporto rischio-danno.

Sottolineare ciò significa:

a) confermare l'estrema utilità di metodiche di descrizione delle posture di lavoro che siano ampiamente riproducibili, riconosciute a livello comunitario e, più che altro, comprendenti tutti gli elementi minimi necessari a riportare gli studi valutativi e i conseguenti giudizi di tollerabilità. Sotto tale profilo semplificazioni eccessive del numero e tipo di variabili considerate in fase descrittiva non appaiono opportune così come, per converso, i modelli descrittivi devono comprendere quegli aspetti, quali la durata di esposizione e la possibilità di variazione nella esecuzione delle mansioni, che, sono indispensabili nella espressione di ipotesi di quantificazione nel rischio;

b) verificare più in dettaglio la capacità predittiva dei diversi metodi valutativi nei confronti dei due requisiti di salvaguardia. Va tuttavia tenuto conto che i problemi di valutazione diventano nella realtà lavorativa molto più complessi rispetto agli studi di laboratorio per la presenza di elementi quali la sovrapposizione delle mansioni, la durata di esposizione a rischio posturale per i singoli segmenti corporei, la sequenzialità stessa dei gesti;

c) focalizzare l'attenzione anche ai problemi di definizione del danno, intesa sia come disagio o fatica a breve termine sia come patologia a lungo termine. Sotto questo profilo è indubbio che anche qui si pongono quantomeno problemi nosografici di sistematizzazione ed omogeneizzazione delle definizioni dei quadri patologici.

Per concludere in modo operativo, appare poco opportuno, stante le attuali conoscenze in merito all'analisi delle posture, l'immediata adozione di una normativa contenente criteri e valori standard di riferimento. D'altro lato vi è invece necessità, a livello comunitario, di sviluppare la tematica connessa alle incongrue posture di lavoro. In particolare va richiamata l'attenzione di diversi paesi membri sul problema, favorendo l'omogeneizzazione dei metodi di analisi e dei relativi criteri interpretativi e sostenendo iniziative di ricerca di base applicata.

Bibliografia

- Akerblom B., 1948. *Standing and sitting posture*. A.B. Nordiska Bokhandebu, Stockolm.
- Alston W., Carlson K.E., Feldman J.D., Grimm Z., Gerontinos E., 1966. *A quantitative study of muscle fatigue in the chronic low back syndrome*. J. Am. Geriatr. Soc. 14: 1041.
- Andersson B.J.G., Ortengren R., 1974. Scand. J. Rehab. Med. 2, 104-114.
- Andersson B.J.G., Ortengren R. and Herberts P., 1977a. *Quantitative electromyographic studies of back muscle activity related to posture and loading*. Orthopedic Clinics of North America, 8, 85-96.
- Andersson G., Ortengren R., Nachemson A., 1977b. *Intradiskal pressure, intra-abdominal pressure and myoelectric back muscle activity related to posture and loading*. Clin. Orthop. 129: 156-164.
- Andersson G., Svensson H.O., 1979. *Prevalence of low back pain*. SPRI Rapport 22: 11-23, (In Swedish).
- Andersson G., 1979. *Low backpain in industry: epidemiological aspects*. Scand. J. Rehabil. Med. 11: 163-168.

- Andersson G.B.J., Ortengren R., Schultz A., 1980. *Analysis and measurement of the loads on the lumbar spine during work at a table*. J. Biomech. 13: 513-520.
- Andersson G.B.J., 1981. *Epidemiologic aspects on low-back pain in industry*. Spine 6, 1, 53-60.
- Anderson J.A.D., 1971. *Rheumatism in industry: A review*. Br. J. Ind. Med. 28:103-121.
- Ayoub M.M., Dryden R.D. and Knipfer R.E., 1976. *Psycho-physical based models for the prediction of lifting capacity of the industrial workers*. Society of Automotive Engineers. Automotive Engineering Congress and Exposition, Detroit, Michigan, 23-27 February.
- Ayoub M.M., Mital A., Bakken G.M., Asfour S.S., Bethea N.J., 1980. *Development of strength and capacity norms for manual materials handling activities: The State of the Art*. Human Factors 22, 3, 271-283.
- Bartelinc D.L., 1957. *The role of abdominal pressure on the lumbar intervertebral discs*. J. Bonejoint Surg. 39b: 718.
- Benesch R. and Benesch J., 1956. *An introduction to Benesch dance notation*. London: A. and C. Black.
- Berkson M.H., Nachemson A., Schultz A.B., 1979. *Mechanical properties of human lumbar spine motion segments - Part II. Responses in compression and shear, influence of gross morphology*. J. Biomech. Eng. 101: 53-57.
- Blow R.J. and Jackson J.M., 1971. *An analysis of the back injuries in registered dock workers*. Proceedings of the Royal Society of Medicine 64, 735-757.
- Boccardi S., Chiesa G., Pedotti A., Rodano A., Santambrogio G.C., 1977a. *Un nuovo procedimento per la valutazione del cammino normale e patologico*. Europa Medicophysica, vol. 13, n. 1, 9-16.
- Boccardi S., Chiesa G., Pedotti A., 1977b. *New procedure for evaluation of normal and abnormal gait*. Am. J. of Phys. Medicine, vol. 56, n. 4, 163-182.
- Boccardi S., Pedotti A., Rodano A., Santambrogio G.C., 1981. *Evaluation of muscular moments at the lower limb joints by on-line processing of cinematic data and ground reaction*. J. Biomechanics, vol. 14, n. 1, 35-45.
- Boccardi S., Lissoni, 1977. *Cinesiologia* vol. I-IL Ed. Universo, Roma.
- Brown J.R., 1972. *Manual lifting and related fields: An annotated bibliography*. Labour Safety Council of Ontario, Ontario Ministry of Labour.
- Brown J.R., 1975. *Factors contributing to the development of low back pain in industrial workers*. Amer. Industr. Hygiene Assoc. Journ. 36, 1, 26-31.
- Cbaffin D.B., 1973. *Localized muscle fatigue: definition and measurement*. Journal of Occupational Medicine 15, 346-354.
- Chaffin D.B., Kyung S. Park, 1975. *A longitudinal study of low back pain as associated with occupational weight lifting factors*. Amer. Industr. Hygiene Assoc. Journ. 34, 12, 513-525.
- Chaffin D.B., Herrin G.D. and Keyserling W.M., 1978. *Pre-employment strength testing: An updated position*. Journal of Occupational Medicine 20, 403-408.
- Colombini D., Occhipinti E., Molteni G., Grieco A., Pedotti A., Boccardi S. Frigo C., Menoni O., 1985. *Posture Analysis*. Ergonomics 28, 1: 275-284.
- Corlett E.N., Madeley S.J. and Manenica I., 1979. *Posture Targeting: a technique for recording working postures*. Ergonomics 22, 3, 357-366.
- Corlett E. N. and Manenica I., 1980. *The effects and Measurement of working postures*. Appl. Ergonomics 11, 1, 7-16
- Dalen A., 1974. *Back muscle training in military recruits*. Försvarsmedicin (Suppl. 1) 10: 57-58. (In Swedish).
- Davis P.R., 1956. *Variations of the intra-abdominal pressure during weight lifting in various postures*. J. Anat. 90: 601.
- Davis P.R., Stubbs D.A., 1977. *Safe levels of manual forces for young males. Parts 1, 2 and 3*. Appl. Ergonomics 8: 141-150, 219-228 and 9: 33-37.
- Davis P.R., Stubbs D.A., 1978. *A method of establishing safe handling forces in working situations*. DHEW (NIOSH) Pub. No. 78-185, pp. 34-38.
- Davis P.R., Stubbs D.A., Ridd J.E., 1977. *Radio pills: - their use in monitoring back stress*. J. Med. Eng. Technol. 1: 209-212.
- Davis P.R., 1981. *The use of intra-abdominal pressure in evaluating stresses on the lumbar spine*. Spine, 6, 90-92.
- Davis P.R., Troup J.D.G., 1964. *Pressure in the trunk cavities when pulling, pushing and lifting*. Ergonomics 7: 465-474.
- Davies P.R., Troup J.D.G., 1966. *Effects on the trunk of erecting pit props at different working heights*. Ergonomics 9: 475-484.
- Delin P., Hedenrud B., Horal J., 1976. *Back symptoms in nursing aides in a geriatric hospital*. Scand. J. Rehabil. Med. 8: 47.
- Dempster W., 1955. *Space requirements of the seated operator*. WADC Technical Report 55-159, 1955.
- Englund A., 1974. *Experiences from the binding industry*. Försvarsmedicin (Suppl. 1) 10: 23-27. (In Swedish).
- Farfan H.F., 1973. *Mechanical disorders of the low back*. Lea and Febiger, 68-69.
- Ferguson D., 1971. *An Australian study of telegraphists' cramp*. Brit. J. Industr. Med. 28, 280-285.

- Frigo C., Pedotti A., 1978a. *A model of the mechanism controlling neuromuscular activation during ambulation based on feedback control hypothesis*. T.T.T., J. of Life Sciences, vol. 8, 29-35.
- Frigo C., Pedotti A., 1978b. *Determination of muscle length during locomotion*. Biomechanics VI, ed. Asmussen and K. Joriensen, 355-360.
- Garg A., Saxena U., 1979. *Effects of lifting frequency and technique on physical fatigue with special reference to psychophysical methodology and metabolic rate*. American Industry Hygiene Association Journal 40, 894-903.
- Grandjean E., Hunting W., 1977.
- Grieco A., Occhipinti E., Boccardi S., Molteni G., Colombini D., Enoni O., 1978. *Messa a punto di un nuovo metodo per lo studio dei rischi e dei danni connessi con le posture di lavoro*. La Medicina del Lavoro 69, 3, 298-323.
- Hagberg M., 1981. *Work load and fatigue in repetitive arm elevation*. Ergonomics 28, 543-555.
- Helander E., 1973. *Back pain and work disability*. Socialmed. T 50: 398-404.
- Hirsch C., Jonsson B., Lewin T., 1979. *Low back symptoms in a Swedish female population*. Clin. Orthop. 63: 171-176.
- Holzman P., 1982. *Arban - A new method for analysis of ergonomic effort*. Applied Ergonomics 13.2, 82-86.
- Horat J., 1969. *The clinical appearance of low back pain disorders in the city of Gothenburg, Sweden*. Acta Orthop. Scand. (suppl. 1), 118.
- Hult L., 1954a. *The Munklors investigation*. Acta Orthop. Scand. (suppl.) 16.
- Hult L., 1954b. *Cervical, dorsal, and lumbar spinal syndromes*. Acta Orthop. Scand. (suppl.) 17.
- Hunting W., Grandjean E. and Maeda L. *Constrained postures in accounting machine operators*. Appl. Ergonomics, 11.3, 145-149, 1980.
- Ikata T., 1965. *Statistical and dynamic studies of lesions due to overloading on the spine*. Shikoku Acta Med. 40: 262-286.
- Jarvinen T. and Kuorinka I., 1978. *Prevalence of tenosynovitis and other occupational injuries of upper extremities in repetitive work*. Proc. XIX Int. Congr. Occup. Health., Dubrovnik.
- Kadefors R., Kaiser E. and Petersen I., 1968. *Dynamic spectrum analysis of myo-potentials with special reference to muscle fatigue*. Electromyography 8, 39-73.
- Karhu O., Kansil P. and Kurinka I., 1977. *Correcting working postures: A practical method for analysis*. Applied Ergonomics 8, 199-201.
- Keegan J., 1962. *Industr. Med. Surg.* 137-148.
- Kelsey J.L., 1975. *An epidemiological study of the relationship between occupations and acute herniated lumbar intervertebral discs*. Int. J. Epidemiol. 4: 197-204.
- Kelsey J.L., White A.A., Pastides H., Bisbee G.E. jr., 1979. *The impact of musculoskeletal disorders on the population of the United States*. J. Bone Joint Surg. 61A: 959-964.
- Kelsey J.L., Ostfeld A.M., 1975. *Demographic characteristics of persons with acute herniated lumbar intervertebral disc*. J. Chronic Dis. 28: 37-50.
- Keyserling M.W., Herrin G.S., Don G. Chaffin, 1980. *Isometric strength testing as a means of controlling medical incident on strenuous jobs*. J. of Occup. Med. 22, 5, 332-336.
- Kromer K.H.E., 1963. *Arbeitswissenschaft* 2, 132-140.
- Laban R., 1971. *The mastery of movement (3rd ed.)* London: Mac Donald and Evans.
- Legg S.J., Myles W.S., 1981. *Maximum acceptable repetitive lifting workload for an 8-hours work-day using psychophysical and subjective rating methods*. Ergonomics 24, 907-916.
- Lind A.R. and Petrofsky J.S., 1979. *Amplitude of the surface electromyograms during fatiguing isometric contractions*. Muscle and Nerve 2, 257-264.
- Lindstrom L.K., Kadefors R. and Petersen I., 1977. *An electromyographic index for localized muscle fatigue*. Journal of Applied Physiology 43, 750-754.
- Lindstrom L., Magnusson R. and Petersen I., 1970. *Muscular fatigue and action potential conduction velocity changes studied with frequency analysis of EMG signals*. Electromyography 10, 341-356.
- Lynn P.A., Bettles H.D., Hughes A.D. and Johnson S.W., 1978. *Influences of electrode geometry, in bipolar recordings of the surface electromyogram*. Medical and Biological Engineering and Computers 16, 651-661.
- Lokander S., 1962. *Sick absence in a Swedish company. A sociomedical study*. Acta Med. Scand. (suppl.) 377.
- Lundberg S., 1959. *Back pain in a health insurance survey*. Lakartidningen 56: 3686-3695. (In Swedish).
- Maeda K., 1975. *Occupational cervicobrachial disorder in assembly plant*. Tbc Kurume Medical Journal 22, 231-239.
- Manning D.P. and Shannon H.S., 1979. *Injuries of the lumbosacral spine in gear-box/actory*. Journal of Social and Occupational Medicine.
- Magora A., Taustein I., 1969. *An investigation of the problem of sick-leave in the patient suffering from low back pain*. Industr. Med. Surg. 38: 398-408.
- Magora A., 1970a. *Investigation of the Relation between Low Back Pain and Occupation*. Industrial Medicine 39, 11, 465-471.

- Magora A., 1970b. *Investigation of the Relations between Low Back Pain and Occupation*. Industrial Medicine 39, 12, 504-510.
- Magora A., 1972. *Investigation of the Relation between Low Back Pain and Occupation*. Physical Requirements: Sitting, Standing and weight lifting. Industrial Medicine 41, 12, 5-9.
- Magora A., 1973. *Investigation of the Relation between Low Back Pain and Occupation*. Physical Requirements: Bending, Rotation, Reaching and Sudden Maximal Effort. Scand. J. Rehab. Med. 5: 186-190.
- Magora A., 1974. *Investigation of the relation between low back pain and occupation. 6. Medical history and symptoms*. Scandinavian journal of Rehabilitation Medicine 6, 81-88.
- Miller J.C., Farlow D.E. and Seltzer M.L., 1977. *Physiological analysis of repetitive lifting*. Aviation, Space and Environmental Med. 48, 984-988.
- Milner-Brown H.S. and Stein R.B., 1975. *The relation between the surface electromyogram and muscular force*. Journal of Physiology, 246, 549.
- Morris J.M., Lucas R.B., Bresler B., 1961. *The role of trunk in stability of the spine*. Bone joint Surg. 43A: 327.
- Mortimer J.T., Magnusson R. and Petersen I., 1970. *Conduction velocity in ischemic muscle; effect on EMG frequency spectrum*. American journal of Physiology 219, 1324-1329.
- Nachernson A., 1965A. *The effect of forward leaning on lumbar intradiscal pressure*. Acta Orthop. Scand. 35: 314.
- Nachernson A., 1965b. *The load on lumbar disks in different positions of the body*. Clin. Orthop. 45: 107-122.
- Nachernson Alf. L., 196. *The lumbar spine. An orthopaedic challenge*. Spine vol. 1, n. 1, 59-71.
- Nachernson A., 1981. *Disc pressure measurements*. Spine 6, 93-97.
- Nachernson A., Elfstrom G., 1970. Scand. J. Rehab. Med. Suppl. 1.
- Nachernson A., Morris J., 1964. *In vivo measurements of intradiscal pressure*. J. Bone joint Surg. 46A: 1077-1092.
- Nordgren B., Schele R., Linroth, 1980. *Evaluation and prediction of back pain during military field service*. Scand. J. Rehabil. Med. 12: 1-8.
- Onishi N., Nomura H., 1973. *Low Back Pain in relation to physical work capacity and local tenderness*. Journal of Human Ergology 2, 2, 119-132.
- Ortengren R., Andersson G., Broman H., Magnusson R. and Petersen I., 1975. *Vocational electromyography studies of localized muscle fatigue at the assembly line*. Ergonomics 18, 157-174.
- Ortengren R., Andersson G., Nachernson A., 1981. *Studies of Relationship between lumbar disc pressure, myoelectric back muscle activity and intradiscal pressure*. Spine 6, 98-106.
- Pedotti A., 1977a. *Simple equipment used in clinical practice for evaluation of locomotion*. IEEE Transaction on Biomedical Engineering vol. BME 24, n. 5, 456-461.
- Pedotti A., 1977b. *A study of motor coordination and neuromuscular activities in human locomotion*. Biol. Cybernetics 26, 53-62.
- Petrofsky J. S., 1980b. *Computer analysis of the surface EMG during isometric exercise*. Computers in Biology and Medicine 10, 83-95.
- Petrofsky J.S., Glaser M.R., Phillips C.A., 1982. *Analysis of amplitude and frequency components of the surface EMG as an index of muscle fatigue* 25, 213-223.
- Petrofsky J.S. and Lind A.R., 1980. *Frequency analysis of the EMG during isometric exercise*. European journal of Applied Physiology 43, 173-182.
- Poulsen E., Jorgensen K., 1971. *Back Muscle strength, lifting and stopped working postures*. Applied Ergonomics 2: 133.
- Priel U.Z., 1974. *A numerical definition of Posture*, Human Factors 16-6, 576-584.
- Rowe M.L., 1963. *Preliminary statistical study of low back pain*. J. Occup. Med. 5: 336-341.
- Rowe M.L., 1965. *Disc surgery and chronic low-back pain*. J. Occup. Med. 7: 196-202.
- Rowe M.L., 1979. *Low back pain in industry. A position paper*. J. Occup. Med. 11: 161-169.
- Schultz A.B., Warwick D.N., Berkson M.H., Nachernson A.L., 1979. *Mechanical properties of human spine motion segment. Part. I Responses in flexion-extension, lateral bending, and torsion*. ASME J Biomech. Eng. 101: 46-52.
- Schultz A.B., Andersson G.B.J., Ortengren R., Nachernson A., Hadespeck K. (Unpublished manuscript). *Loads on the lumbar spine: validation of a biomechanical analysis by measurements of intradiscal pressures and myoelectric signals*.
- Seireg A., Arvikar R.J., 1973. *A mathematical model for evaluation of forces in lower extremities of the musculoskeletal system*. J. Biomech. 6: 313-326.
- Schultz A., Andersson G.B.J., 1981. *Analysis of loads on the lumbar*. Spine, 6, 76-82.
- Spangfort E.V., 1972. *The lumbar disc herniation, a computer aided analysis of 2504 operations*. Acta Orthop. Scand. (suppl.) 142.
- Tichauer E.R., 1976. Industr. Engin. 27, 46-56.
- Troup J.D.G., 1965a. *Relation of lumbar spinal disorders to heavy manual work and lifting*. Lancet, 1, 857-861.
- Troup J.D.G., 1965b. *Relation of lumbar spine disorders to heavy normal work and lifting*. Lancet 857.

- Troup J.D.G., Chapman A.E., 1969. *The strength of the flexor and extensor muscles of the trunk*. J. of Biomechanics 2, 49-62.
- Troup J.D.G., Roantree A.B. and Archibald R. McIL., 1970. *Survey of cases of lumbar spinal disability: a methodological study*. National Coal Board Medical Officers' Broadsheet, February.
- Westrin C.G., 1970. *Sicklisting because of low back pain. A nosologic and medical insurance investigation*. Göteborg (Thesis, in Swedish).
- Westrin C.G., 1970. *Low back sick-listing. A nosological and medical insurance investigation*. Scand. J. Soc. Med. 2-3: 127-134.
- Westrin C.G., 1973. *Low back sick-listing. A nosological and medical insurance investigation*. Scand. J. Soc. Med. (suppl.) 7.
- Wiltse L.L., Rocchio P.D., 1975. *Prooperative tests as predictors of success of chemonucleolysis in the treatment of the low-back syndrome*. J. Bone joint Surg. 57A: 478-483.
- Wood RHX, 1976. *Epidemiology of back pain*. The Lumbar Spine and Back Pain. Edited by Jason. London, Pitman, 13-27.