

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Medicina Ambientale e Sanità Pubblica

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN: TERRITORIO, AMBIENTE, RISORSE E SALUTE  
INDIRIZZO: MEDICINA AMBIENTALE: NUTRIZIONE E INQUINAMENTO  
CICLO XXIV°

**PREVENZIONE ATTRAVERSO INTERVENTI ERGONOMICI ED ATTIVITA' MOTORIA  
COMPENSATIVA NEI LAVORATORI ESPOSTI A RISCHIO  
DI PATOLOGIE MUSCOLO-SCHELETRICHE**

**Direttore della Scuola:** Ch.mo Prof. Mario Aristide Lenzi

**Coordinatore d'indirizzo:** Ch.mo Prof. Giovanni Battista Bartolucci

**Supervisore:** Ch.mo Prof. Giovanni Battista Bartolucci

**Dottorando:** Alberto Simonetti



# INDICE

<b>RIASSUNTO</b>	Pg 1
<b>ABSTRACT</b>	Pg 3
<b>1. INTRODUZIONE</b>	Pg 5
1.1 DEFINIZIONI	Pg 5
1.2 EPIDEMIOLOGIA E IMPATTO ECONOMICO	Pg 7
1.3 FISIOPATOLOGIA	Pg 10
1.4 MODELLI BIOMECCANICI E PSICOFISICI	Pg 12
1.5 FATTORI DI RISCHIO	Pg 21
1.6 PATOLOGIE DEL RACHIDE E LAVORO	Pg 28
1.7 PATOLOGIE DELL'ARTO SUPERIORE E LAVORO	Pg 31
1.8 ASPETTI NORMATIVI RELATIVI ALLA MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI	Pg 34
1.9 VALUTAZIONE DEL RISCHIO	Pg 36
1.10 INTERVENTI ERGONOMICI ED ESERCIZIO FISICO COME STRATEGIA DI PREVENZIONE DEI WORK RELATED MUSCULOSKLETAL DISORDERS DELL'ARTO SUPERIORE E DEL RACHIDE	Pg 38
<b>2. SCOPO DELLO STUDIO</b>	Pg 42
<b>3. MATERIALI E METODI</b>	Pg 43
3.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL CICLO LAVORATIVO DELL' AZIENDA METAL MECCANICA SPECIALIZZATA NEL CAMPO DELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE	Pg 43
3.2 DESCRIZIONE GENERALE DEL CICLO LAVORATIVO DELL' AZIENDA METAL MECCANICA ADIBITA ALLA PRODUZIONE DI PIANI COTTURA E FORNI	Pg 45
3.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO CON IL METODO NIOSH	Pg 46

3.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO CON IL METODO OCRA	Pg 64
3.5 DESCRIZIONE DEL CAMPIONE OGGETTO DI STUDIO	Pg 69
3.6 RACCOLTA DEI DATI CLINICI	Pg 70
3.7 SCHEMI DI REALIZZAZIONE DEL PROGETTO E DEGLI INTERVENTI PROPOSTI	Pg 71
3.8 ANALISI STATISTICA	Pg 73
<b>4. RISULTATI</b>	
4.1 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO NELL' AZIENDA METALMECCANICA SPECIALIZZATA NEL CAMPO DELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE	Pg 74
4.2 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE CLINICA NELL' AZIENDA METALMECCANICA SPECIALIZZATA NEL CAMPO DELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE PRE INTERVENTO	Pg 85
4.3 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE CLINICA NELL' AZIENDA METALMECCANICA SPECIALIZZATA NEL CAMPO DELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE POST INTERVENTO	Pg 93
4.4 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO NELL' AZIENDA METALMECCANICA ADIBITA ALLA PRODUZIONE DI PIANI DI COTTURA E FORNI	Pg 101
4.5 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE CLINICA NELL' AZIENDA METALMECCANICA ADIBITA ALLA PRODUZIONE DI PIANI DI COTTURA E FORNI PRE ATTIVITA' MOTORIA	Pg 112
4.6 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE CLINICA NELL' AZIENDA METALMECCANICA ADIBITA ALLA PRODUZIONE DI PIANI DI COTTURA E FORNI POST ATTIVITA' MOTORIA	Pg 119
<b>5. DISCUSSIONE</b>	Pg 127
<b>6. CONCLUSIONI</b>	Pg 135
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	Pg 137

## RIASSUNTO

**Presupposti dello studio:** Le patologie muscolo-scheletriche correlate al lavoro costituiscono uno dei principali problemi nei paesi industrializzati. Il sovraccarico biomeccanico è un fattore di rischio spesso presente nei posti di lavoro dell'industria, dell'agricoltura e dei servizi. L'efficacia degli interventi ergonomici come strumento di prevenzione della lombalgia è tutt'ora oggetto di discussione; in maniera analoga sono ad oggi disponibili pochi studi sull'efficacia dell'attività motoria compensativa eseguita sul posto di lavoro.

**Scopo dello studio:** Lo scopo di questo studio è di valutare l'efficacia della realizzazione di interventi ergonomici e dello svolgimento di una specifica attività motoria compensativa, in lavoratori esposti rispettivamente al rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi e da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.

**Materiali e Metodi:** E' stata eseguita una valutazione del rischio da movimentazione manuale dei carichi, presso un' azienda metalmeccanica adibita alla produzione di banchi frigo, mediante il metodo NIOSH, mentre una valutazione del rischio da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori è stata eseguita, mediante Indice OCRA, presso un'azienda metalmeccanica adibita alla produzione di piani di cottura e forni. In entrambe la aziende è stata svolta una raccolta di dati clinici mediante intervista.

Nella prima azienda sono stati intervistati 170 soggetti, dei quali 122 esposti al rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi e 48 non esposti, come gruppo di controllo

Nella seconda azienda sono stati intervistati 89 soggetti, dei quali 75 esposti a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori e 14 non esposti, come gruppo di controllo.

In particolare è stata valutata la presenza di sintomi, con soglia anamnesticamente positiva, a carico del tratto lombare e degli arti superiori, unitamente al ricorso a terapie ed alla presenza di giorni di assenza dal lavoro per malattia. Ove necessario è stato eseguito anche un esame obiettivo e, se disponibile è stata raccolta la documentazione sanitaria

Presso la prima azienda, dopo la valutazione clinica, sono stati realizzati degli interventi ergonomici al fine di ridurre l'esposizione al rischio. Successivamente un gruppo di 14 lavoratori esposti ha iniziato a lavorare per 6 mesi nelle postazioni modificate, mentre gli altri 108 lavoratori esposti hanno continuato a lavorare nelle postazioni non modificate. Al termine di questo periodo è stata eseguita una nuova valutazione clinica e sono stati confrontati i due gruppi,

Presso la seconda azienda, un gruppo di 24 volontari (appartenenti al gruppo di soggetti esposti) ha svolto per 5 mesi un'attività motoria compensativa dell'arto superiore, mentre gli altri 75 lavoratori esposti sono stati esclusi da tale attività. Nel frattempo entrambi i gruppi hanno continuato a lavorare nelle loro abituali postazioni di lavoro. Al termine di suddetto periodo, è stata condotta una nuova valutazione clinica ed è stato fatto il confronto tra i due gruppi.

**Risultati:** Nell'azienda metalmeccanica adibita alla produzione di banchi frigo, la valutazione del rischio, eseguita con il Metodo NIOSH, ha evidenziato la presenza del rischio da sovraccarico bio-meccanico a carico del rachide nella maggior parte delle postazioni analizzate. I risultati della prima valutazione clinica hanno dimostrato una correlazione statisticamente significativa tra l'esposizione a movimentazione manuale dei carichi e lo sviluppo di lombalgia. Dopo la realizzazione degli interventi ergonomici, il follow-up eseguito ha evidenziato un miglioramento dello stato di salute dei lavoratori che ha lavorato nelle postazioni modificate, per quanto non statisticamente significativo.

Nell'azienda metalmeccanica adibita alla produzione di piani di cottura e forni, la valutazione del rischio eseguita con l'Indice OCRA, ha evidenziato una esposizione a sovraccarico bio-meccanico dell'arto superiore di grado incerto/molto lieve, nella maggior parte delle postazioni analizzate. I risultati della prima valutazione clinica, per quanto riguarda i disturbi dell'arto superiore, si sono dimostrati coerenti con quanto emerso dalla valutazione del rischio. Dopo lo svolgimento dell'attività motoria compensativa, la seconda valutazione clinica ha dimostrato un significativo miglioramento dello stato di salute dei lavoratori che l'hanno eseguita.

**Conclusioni:** In generale questo studio ha dimostrato una buona correlazione tra l'esposizione al rischio da sovraccarico bio-meccanico e lo sviluppo di disturbi muscolo scheletrici correlati al lavoro. In particolare è stato dimostrato un miglioramento della sintomatologia dei lavoratori dopo la realizzazione di interventi ergonomici e dopo lo svolgimento di una attività motoria compensativa.

## ABSTRACT

**Background:** Work-related musculoskeletal disorders represent a serious concern for industrialized countries. The biomechanical overload is a risk commonly noticed in several workplaces such as industry, agriculture and services. Until now, the effectiveness of ergonomic intervention as prevention instrument of low back pain, is still discussed; as well few studies are now available about the effectiveness of corrective physical activity performed on work place.

**Aim:** The aim of this study is to evaluate the effectiveness of ergonomic interventions and corrective physical activity, in workers exposed respectively to manual material handling and to repetitive strain of upper limbs.

**Methods:** A manual material lifting risk assessment was performed, by NIOSH Method, in a metalworking factory involved in the production of refrigerators, while an upper limb repetitive strain risk assessment was performed by OCRA Index, in a metalworking factory involved in the production of gas stoves and ovens. In both factories employees' clinical data were collected by an interview.

In the first industrial plant 170 workers were interviewed, 122 exposed to the risk of manual material handling and 48 unexposed, as control group.

In the second industrial plant 89 workers were interviewed, 75 exposed to upper limb repetitive strain and 14 unexposed, as control group.

In particular the presence of “positive anamnestic threshold”, respectively referred to their Low Back Pain or Upper limb symptoms, was investigated in association with medical treatment occurrence and number of days of sickness absence. If necessary a Physical examination was performed and medical documentation was required as well.

After the clinical evaluation, in the first production plant, ergonomic intervention were made in order to reduce the risk exposure. Afterwards a group of 14 exposed workers, started to work in the modified workstation for 6 month, while the other 108 exposed worker kept on working in not-modified workstations. After this period a second clinical data collection was performed, and a comparison between these two group was made.

In the second production plant, a group of 24 volunteers (belonging to the exposed group) performed a 5 month long corrective physical activity focused on upper limb, while the other 75 exposed worker were excluded from this activity. In the meanwhile, both groups

kept on working in usual workstations. After this period, a second clinical data collection was performed, and a comparison between these two groups was made.

**Results:** In the metalworking factory involved in the production of refrigerators, the risk assessment, performed by NIOSH Method, has shown the presence of bio-mechanical overload risk (of the back) in the majority of analyzed workstations. The results of the first clinical evaluation have shown a significant correlation between manual material lifting exposure and the development of Low Back Pain. After the production of ergonomic interventions, the follow up has shown an improvement of worker's health in the group of employees, who has worked in modified workstation, even if it wasn't statistically significant. In the metalworking factory involved in the production of gas stoves and ovens, the risk assessment, performed by OCRA Index, has shown the presence of uncertain/very light bio-mechanical overload risk (of the upper limb), in the majority of analyzed workstations. Results of the first clinical evaluation, focused on the upper limb, were consistent with the results of repetitive strain risk assessment. After the performance of corrective physical activity, the second clinical evaluation has shown a significant improvement of worker's health in the group of employees who has done it.

**Conclusions:** Overall this study has proved a good correlation between bio-mechanical overload risk exposure and the development of work-related musculoskeletal disorders. In particular it has been shown a reduction of workers' symptoms after the development of ergonomic interventions and the performance of corrective physical activity.

# 1. INTRODUZIONE

Le patologie muscolo-scheletriche dell'arto superiore e le patologie cronicodegenerative a carico della colonna vertebrale costituiscono un ingravescente problema nelle realtà produttive dell'agricoltura, dell'industria e del terziario. Tali affezioni, sotto il profilo della molteplicità delle sofferenze, dei costi economici e sociali indotti, si pongono come uno dei principali problemi sanitari nel mondo del lavoro.

## 1.1 DEFINIZIONI

### PATOLOGIE MUSCOLO-SCHELETRICHE DEGENERATIVE

Patologie ad etiologia multifattoriale, nelle quali tuttavia, condizioni di sovraccarico biomeccanico lavorativo possono agire come cause primarie o concause rilevanti. Tali sono le forme che si incentrano su processi di degenerazione del disco intervertebrale.

### MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI

Azioni di movimentazione (sollevamento, tiro, spinta, trasporto) di carichi di peso superiore a 3 Kg, che vengono svolte in via non occasionale (ad es. con frequenze medie di 1 volta ogni ora nella giornata lavorativa tipo).

### SOVRACCARICO BIOMECCANICO

Singola o ripetuta sollecitazione meccanica di strutture tissutali superiore a livelli critici e tale da causare alterazioni degenerative (Colombini et al., 2004).

## DISTURBI E PATOLOGIE MUSCOLO-SCHELETRICHE DELL'ARTO SUPERIORE CORRELATI CON IL LAVORO (UPPER EXTREMITY WORK-RELATED MUSCULOSKELETAL DISORDERS – UE WMSDs)

Sono da un punto di vista etiologico e fisiopatogenetico un complesso gruppo di disturbi e patologie, a carico dei sistemi ed apparati osteoarticolari, muscolo tendinei, nervoso e vascolare che possono essere causati e/o aggravati da sovraccarico biomeccanico lavorativo dell'arto superiore (Apostoli et al., 2003).

Questa definizione comprende sia patologie ben definite (ad es. sindrome del tunnel carpale, tendiniti) sia disordini che si manifestano con un quadro obiettivo e sintomatologico del tutto aspecifico.

### INDICATORE DI RISCHIO

Variabile quantitativa presa come misura della presenza od assenza di un fattore capace di causare modifiche dello stato di salute (Colombini et al., 2004).

## 1.2 EPIDEMIOLOGIA E IMPATTO ECONOMICO

Il National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH –USA) pone le affezioni cronico-degenerative della colonna vertebrale al secondo posto nella lista dei dieci problemi di salute più rilevanti nei luoghi di lavoro. Negli Stati Uniti il Low-Back Pain determina una media di 28,6 giorni di assenza per malattia ogni 100 lavoratori (Colombini et al., 2004).

In Europa è stato stimato che almeno il 20% della “forza lavoro” è sottoposta alla movimentazione manuale dei carichi (MMC), mentre in Italia sono almeno 5 milioni i lavoratori coinvolti. Secondo stime effettuate dagli Istituti di Medicina del Lavoro in Italia le patologie croniche del rachide sono la prima causa di richiesta di giudizio di parziale non idoneità al lavoro specifico. I disturbi muscolo-scheletrici sono oggi tra i più frequenti problemi di salute segnalati dai lavoratori; infatti, come si evince dalla quarta indagine europea sulle condizioni di lavoro (Fourth European Working Conditions Survey, 2005), il “mal di schiena” rappresenta il disturbo più spesso lamentato dai lavoratori (25%), seguito dai “dolori muscolari” (23%) e “affaticamento” (23%) (Violante et al., 2007). Le patologie del rachide sono la principale causa di limitazione lavorativa nelle persone con meno di 45 anni (Liemohn, 1990; Sinclair et al., 1997), e questa disabilità sta progressivamente aumentando: tra il 1960 e il 1980 è aumentata di 30 volte.

Da questa indagine il dato italiano risulta un poco inferiore al dato medio europeo, stimando i 27 Paesi attualmente appartenenti alla EU. In tal caso gli esposti complessivi a MMC, per almeno il 25% del tempo, risultano pari al 35% (43% nei maschi e 25% nelle femmine), mentre esposizioni per tempi superiori (almeno il 75% del tempo) riguardano circa il 14% degli addetti (18% nei maschi e 9% nelle femmine).

In Figura 1, sempre tratti dallo stesso EWCS del 2005, sono riportate, per genere e nel complesso, le prevalenze di lavoratori che, in Italia e nel complesso della UE-27, riferiscono di disturbi muscolo-scheletrici (mal di schiena e dolori muscolari agli arti superiori) correlati al lavoro.

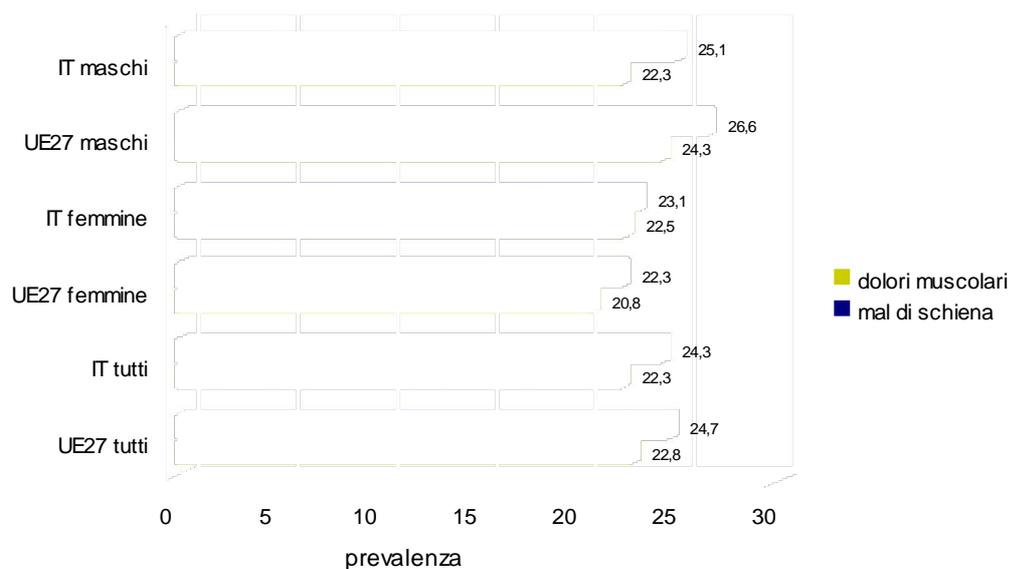


Figura 1 - Prevalenze dei lavoratori italiani ed europei, per genere ed in totale, che riferiscono frequentemente mal di schiena e dolori muscolari correlati alla condizione di lavoro (Fourth European Working Conditions Survey, 2005),

Nei diversi Paesi Europei si è verificata una decisa crescita del numero di riconoscimenti degli UE WMSDs, grazie anche al loro inserimento negli elenchi delle malattie professionali cosiddette “tabellate”, in armonia con la relativa raccomandazione CEE n. 90/236 del 23.5.90. In Italia dal 1996 al 2000 le malattie professionali da WRMDs denunciate alle unità periferiche dell’INAIL sono passate da 136 a 1500 con un numero di casi accolti da 10 a 990 (Balletta et al., 2001). Nel nostro Paese, allo stato attuale, alcune di queste patologie sono state recentemente (G.U n° 169 del 21/07/2008) introdotte nelle tabelle delle malattie professionali e pertanto il loro riconoscimento non avviene più con l’onere della prova a carico del lavoratore. Si segnala comunque che, in virtù della loro pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale nel giugno 2004 nell’elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia, già negli ultimi anni l’INAIL aveva cominciato a riconoscere casi di UE WMSDs con incrementi sostanziali di frequenza.

Lo stesso Ente aveva inoltre già precisato (con circolare del dicembre 2000 n. 81) una serie di criteri di esposizione e di danno per una più agevole trattazione dei casi, nella prospettiva appunto di includere queste patologie tra quelle tabellate.. Nel corso del 2010, le malattie muscolo-scheletriche hanno costituito da sole il 57,9 % delle 42`347 malattie professionali complessivamente denunciate all’ Ente assicuratore e sono aumentate, nel corso degli ultimi 5 anni del 157,6% (dati INAIL 2011)

Studi recenti sull'impatto economico del LBP sono disponibili in letteratura solo per la Germania (Merkesdal et al. 2004). In questo studio condotto su un campione di 300 persone affette da tale patologia, si è potuto constatare che i costi complessivi correlati al LBP nell'anno precedente all'intervento di riabilitazione eccedono i 7000 € a persona (7010 € per pazienti che successivamente si sono sottoposti a riabilitazione ospedaliera e 7710 € per pazienti che successivamente si sono sottoposti a riabilitazione ambulatoriale). Questo studio ha inoltre messo in evidenza che, l'assenza per malattia di pazienti con LBP nell'anno precedente l'intervento riabilitativo, è il principale componente dei costi complessivi, dal momento che ne rappresenta approssimativamente il 75%. Nell'anno successivo all'intervento, la riduzione dei costi complessivi è innanzitutto attribuibile alla diminuzione delle assenze per malattia.

### 1.3 FISIOPATOLOGIA

Il sovraccarico biomeccanico a cui vanno incontro i dischi intervertebrali a causa di una MMC scorretta, può determinare col tempo la comparsa di microfratture nelle cartilagini limitanti e delle microfissurazioni, prima concentriche e poi radiali, nell'anello fibroso del disco intervertebrale stesso. La conseguente degenerazione dei dischi, da perdita di liquidi e riduzione di spessore, determina la detensione dei legamenti longitudinali con formazione di becchi artrosici nei soggetti più maturi e instabilità vertebrale nei soggetti più giovani (es.: retro e laterolistesi). Le microfissurazioni radiali del disco intervertebrale creano la "strada" per la formazione dell'ernia del disco. È nota la forza critica sulla superficie dei dischi intervertebrali lombari al di sotto della quale non sono state rilevate lesioni delle limitanti vertebrali e nell'anello fibroso (circa 2500 N, corrispondenti a circa 250 Kg). L'indice di rischio suggerito dalla formula del NIOSH garantisce il rispetto di tale limite (Colombini et al., 2004).

Le UE WMSDs possono comprendere alterazioni muscolari, tendinee e dei nervi periferici, è quindi necessario prendere in considerazione le singole strutture.

Analizzando il muscolo Hagg (Hagg, 1998) ha correlato alterazioni a livello dei mitocondri delle fibre di tipo I con condizioni di carico statico o di movimenti ripetitivi. Vi sono anche riscontri elettromiografici che dimostrano come nella contrazione statica di modesta entità, unità motorie a bassa soglia permangono attive per tempi prolungati e si danneggiano, sebbene i livelli di carico totale siano limitati (Sjogaard et al., 1998). Edwards (Edwards, 1988) e Ashton Miller (Ashton Miller, 1999) hanno puntualizzato il ruolo della contrazione muscolare eccentrica nel determinismo del danno. Un altro meccanismo è rappresentato dall'aumento della pressione intrafasciale che provoca un ridotto afflusso di ossigeno e di nutrienti e induce fenomeni degenerativi ed infiammatori.

Per i tendini ed i legamenti sono centrali i fenomeni infiammatori e degenerativi che si determinano a causa delle deformazioni indotte dalla contrazione muscolare. Entrano in gioco deformazioni viscoelastiche (strain) longitudinali e trasversali, le prime causano insufficiente apporto ematico, le seconde fenomeni infiammatori da frizione. Gli strain trasversali sono determinati dalle forze di reazione che si sviluppano quando i tendini passano al di sopra di strutture piane ad es. ossee (Apostoli et al., 2003). Goldstein (Goldstein et al., 1987) ha parlato per i tendini e legamenti di micro-strain cumulativo.

La compressione cronica del nervo ostacola il microcircolo intraneurale, il trasporto assonale e i fenomeni di conduzione determinandosi edema endoneurale e alterazioni della mielina, che sono cose correlati (Remple et al., 1999).

Nella Sindrome del Tunnel Carpale (STC) di origine occupazionale l'aumento della pressione intracanalare, che risulta correlata alla ripetitività e alla forza, può danneggiare il nervo per ridotta vascolarizzazione ed edema da stasi (Apostoli et al., 2003). Questi difetti dell'irrorazione possono essere i primi momenti di una futura lesione muscolo-tendinea (Hagberg et al., 1995).

## 1.4 MODELLI BIOMECCANICI E PSICOFISICI

### MODELLO BIOMECCANICO STATICO

Il Metodo NIOSH ha preso in considerazione numerosi studi epidemiologici riguardanti le patologie a carico del rachide lombare connesse con attività di MMC. Esso è giunto alla conclusione che esiste evidenza di una relazione causale fra patologie lombari e situazioni lavorative caratterizzate da sforzi eccessivi a carico del rachide dovuti a posture scorrette, vibrazioni o eccessivi carichi da movimentare.

Gli studi epidemiologici in oggetto sono stati accompagnati da ricerche di laboratorio al fine di valutare i fattori di rischio associati alle patologie esaminate. Si sono anche effettuati studi mediante l'utilizzo di modelli biomeccanici per la valutazione degli sforzi interni sui tessuti, in risposta alle richieste esterne di attività lavorativa corrispondenti a movimentazione carichi, caratterizzate da diverse intensità e spostamenti.

In particolare, modelli cinematici statici del sistema muscolo-scheletrico umano sono stati usati per valutare le capacità di sforzo e le forze compressive sul rachide lombare durante comuni compiti di movimentazione manuale carichi a corpo intero, come, per esempio, il sollevamento, la spinta e il traino. Il sollevamento di carichi pesanti e compatti nelle vicinanze del corpo può creare grandi momenti meccanici nella regione lombare e altrettanto può accadere nel sollevamento di carichi leggeri o di peso moderato a maggiori distanze dal corpo.

Anche la flessione in avanti aumenta i momenti meccanici a causa degli effetti del peso del corpo sovrastante il rachide lombare. Per contrastare i momenti creati da carichi nelle mani o il peso del corpo, i muscoli estensori lombari devono esercitare forze di grande intensità, creando un carico di compressione sul rachide lombare.

Sulla base dell'analisi biomeccanica, i fattori critici associati con il sollevamento sono:

- (1) il valore del peso sollevato;
- (2) l'entità dello spostamento del carico (distanza orizzontale dalla zona lombare);
- (3) la postura del corpo (la flessione in avanti del tronco aumenta il carico sulla regione lombare).

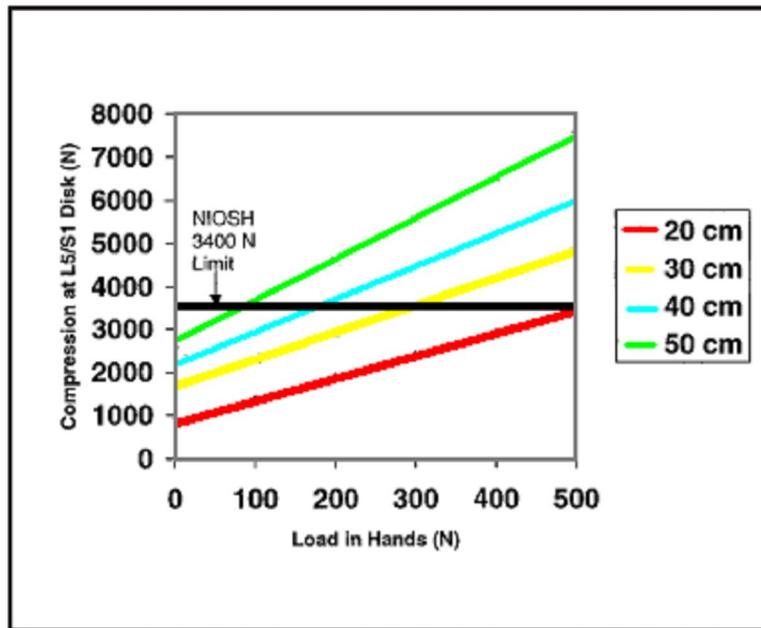
La Figura 2 illustra le forze di compressione agenti a livello del disco intervertebrale L5-S1 in funzione del carico manuale e dello spostamento orizzontale richiesto. In essa viene anche riportato il limite raccomandato dal NIOSH (NIOSH, 1981) che non deve essere

superato dalla corrispondente forza di compressione (3400 N). Questo limite è stato valutato sulla base di evidenze epidemiologiche e biomeccaniche e costituisce uno dei criteri utilizzati per lo sviluppo dell'equazione di sollevamento del NIOSH (NIOSH, 1981; Waters et al., 1993). Fra le varie argomentazioni si è tenuto in considerazione il fatto che, pur nella grande variabilità delle forze di compressione associate a discopatia, si deve ritenere che una forza di 3400 N provochi danni al 21% dei campioni prelevati da cadaveri. Si ritiene tuttavia che il limite dei 3400 N non sia in grado di tutelare l'intera popolazione dei lavoratori. Si noti che nella Figura 2 le forze di compressione crescono al crescere del peso e della distanza e che il limite dei 3400 N può essere superato anche con carichi relativamente leggeri, ma a distanze più elevate.

Poichè il modello non prende in considerazione gli effetti della fatica, generalmente non è appropriato per attività estremamente ripetitive (si preferiscono strumenti psicofisici o metabolici per l'analisi di tali attività) o movimenti molto dinamici (sono preferiti modelli dinamici). Nonostante queste limitazioni, il modello è stato utilizzato per predire risposte biomeccaniche a sforzi estremi richiesti da attività di MMC (Keyserling, 2000).

Inoltre esso ha consentito di dimostrare come la postura influisca sullo sforzo richiesto da un determinato lavoro. Per esempio, se un maschio di altezza e peso medio si trova in posizione eretta con gli arti superiori piegati di  $45^\circ$  sotto il piano orizzontale, il corrispondente sforzo richiesto al rachide lombare per controbilanciare il risultante momento meccanico è di soli 14,5 Newton metri (Nm).

Figura 2 - Previsione delle forze di compressione discale L5-S1 per carichi variabili sollevati a quattro diverse distanze orizzontali dal corpo (Chaffin e Andersson, 1991).



Se invece si piega in avanti a livello dell'anca in modo che il tronco sia flesso a 45°, lo sforzo richiesto aumenta a 121 Nm (Chaffin e Andersson, 1991). Tale cambiamento di postura ha spostato il peso del tronco, della testa e degli arti superiori in avanti aumentando il braccio del momento e la forza esercitata sul rachide lombare. Prendendo in mano un peso, questa forza aumenterebbe ancora di più a causa del risultante aumento del momento dovuto al carico esterno.

Studi di laboratorio hanno poi dimostrato che le previsioni basate sui modelli biomeccanici statici sono coerenti con le misure dirette e indirette degli sforzi sui tessuti muscolo-scheletrici. Studi elettromiografici hanno mostrato poi che l'attività EMG nei muscoli erettori della colonna vertebrale aumenta all'aumentare del carico manuale e/o all'aumentare della flessione in avanti.

Inoltre misure della pressione intradiscale hanno evidenziato che la pressione idrostatica del nucleo polposo del disco aumenta all'aumentare del carico manuale e/o della inclinazione in avanti della postura.

Infine studi su cadavere dei segmenti mobili della colonna (Brinckmann et al., 1988) hanno dimostrato un indebolimento meccanico dei tessuti in condizioni di carichi compressivi più piccoli di quelli previsti dai modelli biomeccanici in diverse condizioni di sollevamento. Inoltre, alcuni di tali studi, è stato dimostrato che un carico ciclico riduce i limiti di tolleranza meccanica del rachide lombare, indicando che la frequenza di sollevamento può essere causa

di consistenti danni alla schiena. Tuttavia, tali studi sono stati messi in discussione in quanto non è noto se il comportamento dei tessuti dei cadaveri sia simile a quello dei tessuti viventi. Sebbene i modelli biomeccanici statici dell'intero corpo siano utili per valutare gli sforzi associati con comuni attività di MMC, essi non dovrebbero essere usati in tutte le situazioni.

Il database delle capacità di sforzo muscolari in questi modelli è stato elaborato usando test isometrici di capacità massima di sforzo. Dal momento che i muscoli non possono operare ai massimi livelli per periodi estesi di tempo o su una base altamente ripetitiva, i modelli biomeccanici statici tendono a sovrastimare le capacità di sforzo per attività che richiedono movimenti ripetuti. Per questa ragione, metodologie psicofisiche e/o fisiologiche costituiscono diffuse alternative per valutare attività ripetitive a corpo intero (Ayoub, 1992).

A causa del fatto che i modelli statici non considerano forze e momenti sul sistema muscolo-scheletrico dovuti ad accelerazioni o decelerazioni dei carichi esterni e delle masse di parti del corpo durante movimenti altamente dinamici, essi possono sottostimare gli sforzi nelle attività lavorative che coinvolgono movimenti rapidi del corpo (Marras et al., 1993).

Infine, si tenga conto che il rachide è una struttura meccanica estremamente complessa cosicché, senza imporre numerose ipotesi per semplificare il sistema (per esempio usando un singolo muscolo equivalente per rappresentare muscoli multipli), le soluzioni diventano staticamente indeterminate. Ne consegue che, a causa di tali semplificazioni, i modelli risultano alquanto imprecisi nella valutazione di certe forze, quali quelle di taglio e di torsione nonché gli effetti dell'attivazione contemporanea di gruppi muscolari. Malgrado queste limitazioni, i modelli statici biomeccanici hanno fornito un notevole contributo nella comprensione di alcuni fattori di rischio associati con le attività di MMC.

Per analizzare le attività lavorative e le eventuali conseguenze del sovraccarico biomeccanico sul rachide lombare, è opportuno considerare una sinergia di forze esterne che possono indurre danni a carico dell'unità funzionale lombare e quindi prendere in considerazione:

- le forze compressive;
- le forze di taglio;
- le eventuali concomitanti presenze di fattori complementari di rischio, ovvero movimenti incongrui (flessione - estensione o torsione) che rappresentano una modifica dei limiti di tolleranza di alcune componenti dell'unità funzionale lombare (Colombini et al., 2010).

L'azione di tali forze (nonché i loro limiti di tolleranza) è rappresentata in Figura 3.

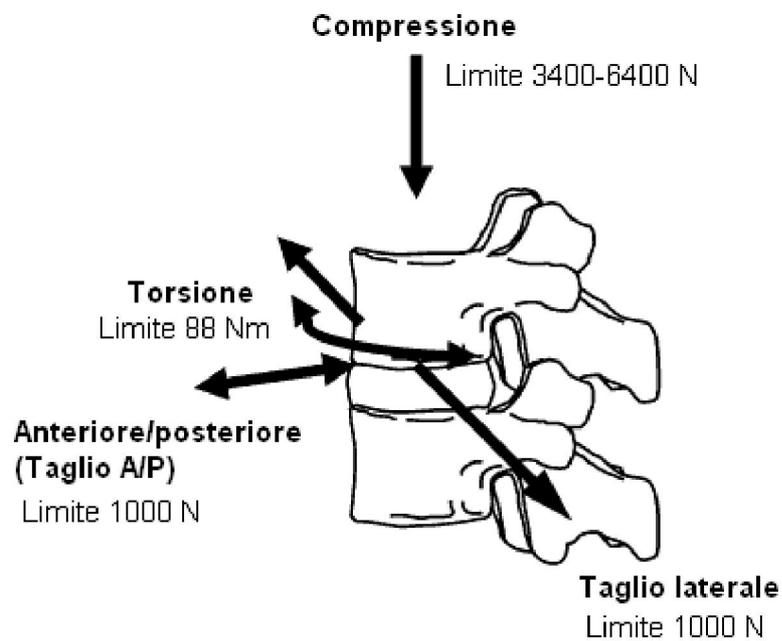


Figura 3 - Forze agenti sul rachide lombare

In Tabella I sono invece riportati i limiti di tolleranza statica alle diverse componenti anatomiche del rachide lombare così come definite da Marras nel recente volume di revisione di biomeccanica occupazionale sul rachide lombare (Marras et al., 2008).

Tabella I - Riepilogo delle possibili alterzioni indotte da differenti *forze applicate* sul rachide lombare (Marras et al., 2008)

STRUTTURE "BERSAGLIO" DEL RACHIDE	TIPO DI FORZA	DANNO DELLA STRUTTURA	LIMITI DI TOLLERANZA CERTI	NOTE
DISCO INTERVERTEBRALE	Forze Compressive	Microfratture disco intervertebrale	da 340 a 700 kg	Sia studi autoptici che biomeccanici
ARTICOLAZIONE POSTERIORE	Forze di Taglio	Alterazioni degenerative dei processi articolari posteriori	100 kg	Limite ad oggi ancora INCERTO
LEGAMENTI	Flessione	Legamenti posteriori		Fattore di rischio complementare
ARCO POSTERIORE + DISCO	Estensione	Può essere danneggiata la parte anteriore dell'anulus		Fattore di rischio complementare
ARCO POSTERIORE + FACCETTE ART. POST.	Torsione	Alterazioni degenerative processi		Fattore di rischio complementare
DISCO INTERVERTEBRALE	Forze Compressive + Flessione	Microfratture parte post anulus-corpo vertebrale	da 110 a 370 kg	Possibile prollasso del disco intervertebrale

## MODELLI BIOMECCANICI DINAMICI E SPERIMENTAZIONE DI LABORATORIO

I modelli biomeccanici dinamici sono stati utilizzati per superare le limitazioni dei modelli statici precedentemente discussi. Questi modelli permettono di tenere conto degli effetti dell'inerzia e dell'accelerazione nella stima degli sforzi biomeccanici sulla zona lombare durante le attività di sollevamento. In condizioni di sollevamenti lenti, controllati e nel piano sagittale (della durata approssimativa di 2 secondi dal pavimento all'altezza del gomito), il modello di Dortmund (Jager e Luttmann, 1989) mostra che le forze di compressione agenti sul disco intervertebrale L5-S1 sono simili alle forze di compressione in condizioni statiche. Raddoppiando la velocità di sollevamento, le forze di compressione crescono del 50%. Due studi effettuati alla Ohio State University mostrano risultati simili per sollevamenti sagittali; la compressione della schiena cresce con la velocità di sollevamento.

Per sollevamenti asimmetrici il modello dell'Ohio mette in luce un'attività muscolare sbilanciata tra i muscoli erettori della colonna vertebrale sulla destra e sulla sinistra e un aumento delle forze laterali di taglio (Marras e Sommerich, 1991).

Sulla base dell'analisi biomeccanica dinamica e di alcuni studi epidemiologici i fattori critici di rischio associati col sollevamento sono:

- (1) il momento di carico attorno al rachide (peso x distanza orizzontale del carico manipolato, dove il peso comprende anche quello dei segmenti del corpo al di sopra di L5-S1);
- (2) velocità di sollevamento;
- (3) frequenza di sollevamento;
- (4) asimmetria del sollevamento (velocità laterale e di oscillazione);
- (5) angolo di flessione sagittale del tronco.

A velocità di sollevamento maggiori, carichi manuali relativamente leggeri in mano possono produrre compressioni della schiena che eccedono la soglia dei 3400 N stabilita dal NIOSH.

I modelli dinamici non sono appropriati per tutte le situazioni di sollevamento. Per sollevamenti altamente ripetitivi i modelli dinamici non considerano gli effetti della fatica; pertanto i modelli psicofisici e/o fisiologici sono preferiti. A causa della crescente complessità della raccolta e della analisi dei dati, nel caso di modelli dinamici, l'approccio statico può rivelarsi di uso più conveniente se i sollevamenti sono eseguiti usando movimenti lenti e controllati.

Recentemente (Marras et al., 2010), è stato utilizzato un modello di misure quantitative dinamiche per la valutazione del rischio di lombalgia e impotenza funzionale del rachide. La tecnica utilizzata per la calibrazione del metodo può essere idealmente suddivisa in due fasi; la prima fase consiste in un'analisi univariata del rischio in grado di stabilire un'associazione tra esposizione e impotenza funzionale. Essa consiste nel sottoporre il lavoratore a misurazioni funzionali cinematiche, attraverso un monitoraggio della mobilità lombare per mezzo di sensori, i cui dati sono elaborati da un computer (Ferguson e Marras, 2004). I risultati ottenuti vengono confrontati con un database "normativo" di riferimento contenente i profili cinematici caratteristici di popolazioni di diverse età e sesso. Da tale confronto si ricavano dati obiettivi che descrivono la funzionalità cinematica della schiena e che forniscono una rappresentazione indipendente del suo stato attraverso una "probabilità di

normalità"  $p(n)$ . Per esempio  $p(n) = 0,5$  indica che il soggetto ha un livello di funzionalità pari al 50% di quanto ci si aspetterebbe da un individuo dello stesso sesso ed età.

La seconda fase consiste in un metodo dinamico multivariato basato sull'utilizzo di uno zaino (Figura 4) in grado di effettuare misure dinamiche sui carichi statici e dinamici, sull'orientazione del corpo e sui tempi delle varie fasi delle operazioni di carico coinvolte (Marras et al., 2010). Lo zaino è infatti dotato di accelerometri e altri sensori in grado di fornire una descrizione dei movimenti nel tronco e, in particolare, le sollecitazioni a livello del disco intervertebrale L5-S1. Dai dati raccolti è possibile in particolare desumere variabili quali:

- velocità laterale del tronco;
- tempo dell'esposizione al momento dinamico asimmetrico massimo del carico;
- grandezza del momento dinamico di flessione nel piano sagittale.

Questa seconda fase costituisce una potenziale tecnica predittiva per lo stato funzionale della schiena. Il confronto con i dati raccolti nella prima fase hanno consentito di verificare che la capacità predittiva del metodo che ne deriva è caratterizzata da una eccellente sensibilità (85%), specificità (87,5%), nonché valore predittivo positivo (89,5%) e valore predittivo negativo (82,4%).

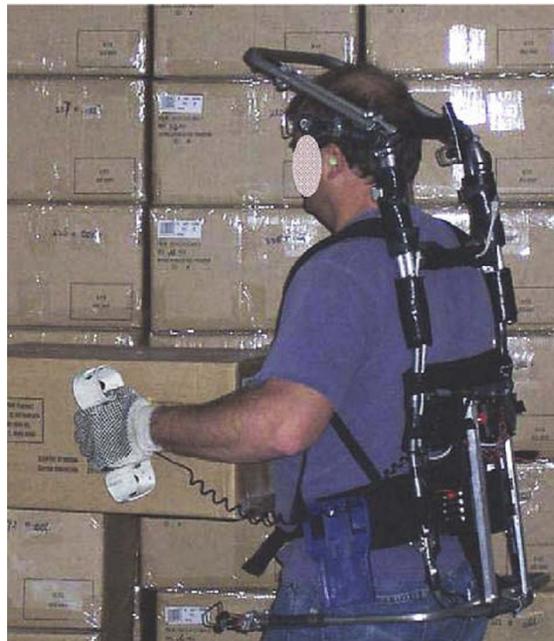


Figura 4 - Soggetto che indossa la strumentazione usata per monitorare sul posto di lavoro gli effetti dell'esposizione fisica (Marras et al., 2010).

## MODELLO PSICOFISICO

Il metodo psicofisico è stato usato per determinare i MAWs (Maximum Acceptable Weights) per compiti di sollevamento, abbassamento e trasporto, e il MAFs (Maximum Acceptable Forces) per compiti di spinta e traino. Usando questo approccio i soggetti regolano il livello del peso che vogliono sollevare (o il livello di forza che essi vogliono esercitare) al variare delle condizioni del compito richiesto. In particolare i seguenti fattori si sono rivelati significativi:

- frequenza (ripetizione): al crescere della frequenza richiesta il MAW e il MAF vengono ridotti;
- postura (dislocazione verticale): il MAW e il MAF vengono ridotti per compiti eseguiti al di sopra dell'altezza della spalla;
- postura (asimmetria): il MAW viene ridotto quando le attività di sollevamento sono eseguite al di fuori del piano sagittale, richiedendo la torsione del tronco;
- spostamento (travel distance): il MAW e il MAF decrescono all'aumentare della distanza di trasporto dell'oggetto manipolato;
- dimensione dell'oggetto: il MAW viene ridotto al crescere della dimensione degli oggetti sollevati;
- maniglie: il MAW decresce in assenza di maniglie;
- movimenti asimmetrici : il MAW decresce quando si effettua uno spostamento asimmetrico.
- capacità individuali (effetti soggettivi): all'interno della popolazione di lavoratori c'è un'ampia gamma di capacità individuali di effettuare compiti di MMC. Sebbene il genere è statisticamente significativo (il MAW e il MAF sono maggiori per i maschi), c'è una sostanziale sovrapposizione delle distribuzioni relative ai maschi e alle femmine.

C'è tuttavia un'evidenza piuttosto limitata (Herrin et al., 1986; Snook, et al., 1978) a sostegno dell'uso delle linee guida psicofisiche per definire compiti di MMC. Potenzialmente fino ad 1/3 degli infortuni reversibili alla schiena potrebbero essere evitati definendo mansioni che soddisfino almeno il 75% della popolazione lavorativa.

## 1.5 FATTORI DI RISCHIO

Il NIOSH ha concluso nel 1997 la stesura della II edizione del documento “Musculoskeletal disorders and workplace factors” (Bernard et al., 1997). Questo lavoro analizza numerosi studi pubblicati e fornisce l’evidenza di una associazione positiva tra i disturbi del rachide lombare e il lavoro fisico pesante evidenziando in ben 42 articoli la relazione tra i disturbi del rachide lombare e 5 fattori di rischio lavorativi di tipo fisico (lavoro fisico pesante, movimenti di sollevamento o con impegno di forza, posture incongrue, posture lavorative fisse).

Per disordini alla schiena legati ai fattori di rischio identificati veniva dimostrata l’evidenza se almeno 40 studi la confermavano. Una forte evidenza veniva trovata per il sollevamento e la movimentazione dei carichi, mentre l’evidenza era insufficiente per le posture statiche. Per quanto concerne i lavori che necessitano sia del sollevamento manuale di carichi che di impiego di forza durante la movimentazione è emersa una elevata associazione con i disturbi del rachide lombare (Bernard et al., 1997).

Possiamo comunque distinguere fattori di rischio costituzionali, fattori occupazionali, fattori legati allo stile di vita e fattori psico-sociali.

Fattori costituzionali:

- Età: da uno studio su 600 dischi intervertebrali del tratto lombare provenienti da 273 cadaveri è risultato evidente come la percentuale dei soggetti che presentano degenerazioni del disco intervertebrale aumenti con l’invecchiamento (Miller et al., 1988). Altri studi (Waddell, 1994, 1998) invece notarono che la prevalenza di LBP aumenta a partire dai giovani adulti fino a circa a 50 anni per poi rimanere costante.
- Familiarità.

#### Fattori legati allo stile di vita:

- Fumo: la nicotina ha un effetto vaso costrittore, cioè rende più difficile la normale circolazione del sangue a livello dei capillari. Di conseguenza si hanno degli irrigidimenti muscolari, dei dolori che predispongono a malattie muscolo-scheletriche e quindi anche a carico della colonna vertebrale;
- Sedentarietà;
- Alcune attività ricreative (particolarmente se effettuate in flessione, come il giardinaggio o il bricolage);
- Alcune attività sportive che sottopongono la colonna a microtraumi ripetuti come contraccolpi (equitazione, motocross), rotazioni forzate (tennis, golf), flessioni ed estensioni ripetute (ginnastica artistica, nuoto a delfino, ecc.);
- Sovrappeso: l'eccesso ponderale provoca un aumento significativo dell'incidenza delle lombalgie in quanto aumenta la pressione sui dischi intervertebrali.

#### Fattori psico-sociali:

Nella genesi del dolore cronico, alcuni fattori psico-sociali, connessi al disagio personale o professionale rivestono una notevole importanza. L'insufficiente supporto sociale, lo stress psicologico, le frequenti paure e tensioni, l'ansia e l'insoddisfazione sul luogo di lavoro sono fattori di rischio per la lombalgia.

#### Fattori di rischio occupazionali:

- Lavoro fisico pesante: dagli studi epidemiologici di Burdof e Sorock si può notare come i fattori di rischio legati all'occupazione siano le cause più evidenti di algie vertebrali quando si effettuano lavori fisicamente pesanti con ripetitive flessioni e torsioni della colonna, o quando il corpo è sottoposto a vibrazioni. In molti casi l'età sembra ininfluenza sull'insorgere dei disturbi muscolo-scheletrici alla schiena; tuttavia l'invecchiamento, per circa la metà dei casi, è da considerarsi un fattore di rischio rilevante in quanto comporta, associato alle continue ed eccessive sollecitazioni del rachide, la degenerazione discale.(Burdof e Sorock, 1997).
- Movimentazione dei carichi: i lavoratori, impegnati nel sollevamento di carichi, sono affetti da LBP molto frequentemente. Ciò è dimostrato da Snook (Snook et al., 1978) che rilevarono come richieste di indennizzo per LBP dovuto al sollevamento di carichi rappresentassero il 49% del totale delle richieste rispetto

agli altri movimenti effettuati in ambito lavorativo. Il solo chinarsi, senza sollevare carichi, è un problema: maggiore è il grado di flessione a cui la colonna è sottoposta, maggiore è il rischio d'insorgenza di disordini del rachide, in particolare per movimenti di flessione e torsione e se i soggetti non hanno una buona condizione di forma generale (Punnett et al., 1998).

- Vibrazioni;

Anche la postura può avere un suo ruolo: infatti un atteggiamento scorretto che porta ad un vizio posturale ha conseguenze ascendenti o discendenti lungo tutta la colonna vertebrale, provocando ripercussioni a catena sia a livello muscolo-scheletrico che organico. Il dolore dovuto al mantenimento di posizioni incongrue è provocato dalla perdita di elasticità del disco intervertebrale il che impedisce al nucleo polposo di riposizionarsi correttamente dopo essersi spostato in avanti o indietro a seguito di movimenti di flesso-estensione, questo può determinare uno spostamento persistente (protrusione o ernia).

La postura può essere fattore di rischio per attività dinamiche, non è evidente che lo sia anche nel lavoro statico (Bernard et al., 1997).

Tabella II - Evidenza epidemiologica di associazione causale tra fattori di rischio fisico e LBP

Fattori di rischio	Forte evidenza di associazione	Evidenza di associazione	Insufficiente evidenza
Sollevamento/ Movimenti energici	X		
Posture incongrue		X	
Lavoro fisico pesante		X	
Vibrazioni corpo intero	X		
Posture statiche lavorative			X

Nella genesi degli UE WMSDs sono stati dimostrati causalmente rilevanti fattori di origine lavorativa come: elevata ripetitività dei movimenti, forza intensa e posture incongrue dell'arto superiore; sono inoltre stati segnalati altri fattori di rischio (fisici, organizzativi e psicosociali) che agiscono in concorso con i primi. Tra i fattori non lavorativi sono invece considerate: attività domestiche od hobbistiche, caratteristiche antropometriche, esiti di

patologie traumatiche e patologie metaboliche. L'insieme dei fattori di rischio, lavorativi e non, interagiscono a cascata promuovendo o alterando il benessere muscolo scheletrico (Apostoli et al., 2003). Tuttavia non sono ancora chiare le interazioni tra i singoli fattori specifici e le relazioni dose-risposta: mentre esiste netta evidenza di correlazione positiva tra UE WMSDs e fattori di rischio nei casi di elevata esposizione, l'evidenza appare molto modesta nelle basse esposizioni (AAVV, 1999).

Nel 1997 il National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) ha effettuato una revisione bibliografica di oltre 2000 studi che prendevano in considerazione fattori occupazionali e disturbi muscolo-scheletrici (Bernard et al., 1997). Da quanto si può notare nella Tabella III, dai 20 studi epidemiologici che hanno preso in considerazione i fattori occupazionali e i disturbi muscolo-scheletrici alle spalle (MSDs), è emersa una sufficiente evidenza di associazione di questi ultimi con l'alta ripetitività e le posture prolungate della spalla con angoli superiori ai 60 gradi in flessione o abduzione; l'evidenza dell'associazione tra forza e MSDs si è invece rivelata insufficiente. Dagli oltre 30 studi epidemiologici che hanno preso in considerazione i fattori occupazionali e la sindrome del tunnel carpale (STC) è emersa una sufficiente evidenza di associazione di quest'ultima con l'alta ripetitività e con l'uso di forza.

L'evidenza risulta più marcata quando il compito lavorativo richiede la combinazione tra più fattori di rischio (es. alta ripetitività e uso di forza oppure forza e posture incongrue); essa risulta invece insufficiente per la combinazione tra sole posture incongrue e STC. Da 8 studi epidemiologici che hanno preso in considerazione i fattori occupazionali e le tendiniti ai polsi e alle mani, e da una serie di studi clinici che hanno valutato i movimenti con uso di forza in dorsiflessione, flessione, pronazione, supinazione, è emersa una sufficiente evidenza di associazione di ogni singolo fattore (ripetitività, forza e postura) con le tendiniti della mano; tale evidenza risulta più marcata quando il compito lavorativo richiede la combinazione tra più fattori di rischio. Una serie di studi hanno infine preso in considerazione il rischio di epicondiliti e i movimenti ripetitivi con uso di forza in dorsiflessione, flessione, pronazione, supinazione: è emersa un'associazione positiva tra i movimenti con uso di forza (specialmente se eseguiti con l'arto esteso) ed epicondiliti. L'evidenza si è invece dimostrata insufficiente tra movimenti ripetitivi e/o posture estreme ed epicondiliti.

Tabella III. Evidenza di correlazione tra fattori di rischio lavorativi singoli ed in combinazione e patologie dell'arto superiore, classificate secondo la sede anatomica.

	Forte evidenza di associazione	Evidenza di associazione	Insufficiente evidenza
<b>COLLO/SPALLA-COLLO</b>			
Ripetitività		X	
Forza		X	
Postura incongrua	X		
Vibrazioni			X
<b>SPALLA</b>			
Ripetitività		X	
Forza			X
Postura incongrua		X	
Vibrazioni			X
<b>GOMITO</b>			
Ripetitività			X
Forza		X	
Postura incongrua			X
Combinazione dei fattori	X		
<b>MANO-POLSO, STC</b>			
Ripetitività		X	
Forza		X	
Postura incongrua			X
Vibrazioni		X	
Combinazione dei fattori	X		
<b>MANO-POLSO,TENDINITE</b>			
Ripetitività		X	
Forza		X	
Postura incongrua		X	
Combinazione dei fattori	X		

I fattori di rischio vengono classificati dal NIOSH (Bernard et al., 1997). in due categorie separate: fattori di rischio principali e fattori di rischio modificanti.

La prima categoria include fattori di rischio quali la forza, la postura, la ripetitività e le vibrazioni, che la maggior parte dei ricercatori ritiene possano causare o esacerbare le patologie dell'arto superiore.

I fattori modificanti, quali l'intensità, la durata, i tempi di recupero e l'esposizione al freddo, rappresentano invece le caratteristiche di una esposizione specifica ad un fattore di rischio principale, che possono aggravare il livello ed il tipo di danno sulle strutture articolari, muscolari, nervose e vascolari dell'arto superiore.

- Forza: dal punto di vista della plausibilità biologica, l'applicazione elevata di forza è in grado di causare lesioni alle strutture muscolari, tendinee e ligamentose. È stato infatti dimostrato che applicazioni di forza eccessiva determinano danni alle fibre muscolari, per lacerazione delle linee Z tra i singoli sarcomeri e dell'interdigitazione actina-miosina (Faulkner et al., 1995). Le contrazioni muscolari intense, inoltre, determinano un aumento della pressione intramuscolare, che a sua volta si ripercuote anche sulle strutture vascolari e nervose. Studi su animali hanno dimostrato che l'aumento di pressione su queste ultime produce edema neuronale ed altera l'integrità della guaina mielinica, compromettendo così la conduzione nervosa (Rempel et al., 1998).
- Posture incongrue: sperimentalmente in laboratorio è stato dimostrato che posture incongrue determinano un aumento dell'attrito sia fra i tendini che tra tendini e guaine tendinee (Ashton-Miller, 1998). A differenza delle posture incongrue, le posture statiche trovano una loro plausibilità biologica nell'edema intramuscolare e nell'aumento dei radicali liberi e dei mediatori della flogosi, conseguenti alla riduzione del flusso di sangue al muscolo, determinato dalla contrazione statica (Sjogard et al., 1998).
- Ripetitività: la plausibilità biologica della ripetitività come fattore di rischio è stata dimostrata sottoponendo ratti a movimenti ripetitivi degli arti, e riscontrando danni cellulari, depositi di fibrina ed altre attività riparatrici localizzate nell'area delle giunzioni muscolo-tendinee (lesioni tipiche della cosiddetta periartrite) (Rais O, 1961).

Per quanto concerne l'uomo, Hagberg ha dimostrato sperimentalmente che già dopo un'ora di flessioni ripetute della spalla può svilupparsi una tendinite acuta (Hagberg,

1981).

- Durata: l'incremento delle patologie dell'arto superiore, in funzione della durata dell'esposizione, è suffragato da numerosi studi (Molteni et al., 2001).
- Intensità: Punnett ha valutato l'intensità dell'esposizione ad attività che richiedono movimenti ripetitivi e posture incongrue dell'arto superiore, evidenziando un incremento dose-dipendente della prevalenza dei disturbi dei segmenti spalla-braccio e mano-polso (Punnett, 1998).
- Profilo temporale: nei lavori altamente ripetitivi che richiedono un impegno di forza limitato, vengono reclutate prevalentemente fibre muscolari con una bassa soglia di attivazione, ovvero quelle di tipo I, in quanto più lente e meno affaticabili rispetto alle fibre veloci di tipo II. Il loro reclutamento permette un'attività prolungata nel tempo senza l'insorgenza di fatica muscolare, la quale invece svolge una funzione protettiva per il muscolo interrompendone l'attività. Questa situazione può quindi determinare, in lavori altamente ripetitivi, significativi danni muscolari (Lieber et al., 1994).
- Esposizione a freddo: è stato dimostrato sperimentalmente che le attività lavorative con esposizione a freddo determinano una maggiore attivazione muscolare, una ridotta coordinazione e una dilatazione dei tempi di espletamento del compito lavorativo (Hammerskjöld et al., 1992; Vincent et al., 1988). Tali modificazioni possono causare o contribuire ad esacerbare le manifestazioni patologiche a carico degli arti superiori.

## 1.6 PATOLOGIE DEL RACHIDE E LAVORO

Il sovraccarico biomeccanico lavorativo al rachide può agire come causa primaria o concausa rilevante per lo sviluppo di diverse patologie ad etiologia multifattoriale: patologie degenerative del rachide, discopatia lombare, protrusione discale, ernia discale. Esistono inoltre delle patologie non etiologicamente correlabili all'attività lavorativa, ma che tuttavia sono influenzate negativamente dal sovraccarico biomeccanico, per esempio la spondilolisi e la spondilolistesi

Le patologie che più frequentemente coinvolgono il rachide e che generano dolore sono:

- degenerazione del disco;
- spondilosi;
- spondilolisi e spondilolistesi;
- spondiloartrosi;
- ernia del disco.

### DEGENERAZIONE DEL DISCO

La degenerazione discale è un evento che si verifica in tutti gli esseri umani con l'invecchiamento, il quale, associato alle continue ed eccessive sollecitazioni, crea lo stato patologico della degenerazione del disco.

I primi sintomi dell'involutione discale si manifestano con la formazione di fissurazioni delle fibre costituenti l'anello fibroso e poste in prossimità del nucleo, successivamente le lesioni aumentano di numero e di estensione coinvolgendo anche gli strati più esterni dell'anello stesso.

Con l'età, i ripetuti traumi e microtraumi e le forti sollecitazioni a cui la colonna vertebrale viene sottoposta, si creano ulteriori fissurazioni in senso radiale e, a causa della pressione intradiscale, il nucleo viene spinto in queste aperture verso l'esterno, creando delle zone di rigonfiamento. Il disco reagisce alle fissurazioni in diversi modi: sostituendo le fibrille di collagene con tessuto fibroso e riducendo di conseguenza la propria funzionalità; diminuendo la capacità di resistenza, di elasticità e le proprietà idrauliche; generando maggiore instabilità ed incrementando la mobilità delle vertebre. Nel tempo, la degenerazione progredisce aumentando il numero delle fissurazioni e la penetrazione del materiale nucleare fino al contatto con il legamento longitudinale. Esso riuscirà a mantenere il contenimento finché le sue fibre non cederanno e le sue inserzioni non si

scolleranno o finché il materiale nucleare non perforerà il legamento indebolito (Deyo, 1996).

## SPONDILODISCOARTROSI

La spondilodiscoartrosi si è una patologia che può insorgere come conseguenza della degenerazione del disco intervertebrale. Come già detto, durante tale processo le fibre elastiche dell'anello fibroso si rarefanno e vengono sostituite da tessuto fibroso, questo riduce l'elasticità e la flessibilità dei movimenti delle vertebre adiacenti le quali si avvicinano per la riduzione della pressione intradiscale. La capacità di ammortizzare gli urti viene meno ed i legamenti longitudinali si detendono allentando la loro aderenza al periostio. Tutto ciò è ulteriormente incrementato quando il materiale nucleare degenera e protrude. Con lo spostamento del materiale nucleare, diminuisce il tessuto discale fra le vertebre con la conseguenza che queste si avvicinano, incrementando la lassità dei legamenti. Nell'ultima fase di questa patologia, il materiale protruso va incontro a fibrosi e successivamente a calcificazione, generando la formazione di uno sperone osteofitario (Deyo, 1996).

## SPONDILOLISI E SPONDILOLISTESI

La spondilolisi è un difetto del segmento osseo che unisce i processi articolari superiori ed inferiori, ovvero è un'interruzione dell'istmo dell'arco neurale; essa si verifica quasi esclusivamente nelle vertebre lombari con una maggior percentuale di casi a livello dell'ultima vertebra.

Tale interruzione potrebbe essere provocata da un sovraccarico funzionale del rachide, infatti, nei soggetti esposti a tale sovraccarico la percentuale aumenta di molto rispetto alla popolazione generale (5%). Questa situazione favorisce lo scivolamento in avanti del corpo vertebrale creando le condizioni predisponenti di un'altra patologia: la spondilolistesi, la quale può essere conseguenza della spondilolisi (spondilolistesi da spondilolisi) ma anche presentarsi isolatamente (spondilolistesi degenerativa).

La spondilolistesi è la sublussazione anteriore di un corpo vertebrale sul corpo sottostante. Può verificarsi ad ogni livello del rachide ma più frequentemente si manifesta a carico della V<sup>^</sup> vertebra lombare, la quale scivola in avanti rispetto alla base sacrale. Uno dei motivi per cui questa patologia colpisce maggiormente il tratto lombare è perché le vertebre in questa zona sono poste su un piano inclinato. Infatti, la V<sup>^</sup> vertebra lombare essendo appoggiata sul piano sacrale inclinato e subendo la spinta della forza di gravità e tangenziale, tende a scivolare avanti (Deyo, 1996). Tale patologia è inoltre conseguenza

di un'instabilità vertebrale associata ad alterazioni degenerative del disco intervertebrale, dei legamenti gialli e delle articolazioni posteriori.

## ERNIA DEL DISCO

L'ernia discale si verifica quando il nucleo polposo sporge dai limiti dell'involucro fibroelastico (anello fibroso) che ne assicura il contenimento. La degenerazione inizia a partire dalla formazione di fissurazioni delle fibre dell'anello fibroso e dalla disidratazione del materiale nucleare a cui segue la penetrazione di questo fra le fissurazioni fino a determinare la protrusione o l'erniazione. L'ernia del disco può essere conseguenza di sollecitazioni eccessive, di sforzi ripetuti, di alterazioni dell'anello fibroso, di una prolungata tensione o la combinazione di questi fattori.

Le sollecitazioni a cui è sottoposto il disco e che possono generare questo tipo di patologia, possono essere di vario genere:

- sollecitazioni compressive;
- sollecitazioni rotatorie;
- sollecitazioni di taglio.

Le sollecitazioni compressive imposte su un disco intervertebrale sano possono causare distorsioni transitorie e non deformazioni permanenti, come avviene invece in un disco degenerato. In questo caso la degenerazione è favorita da sollecitazioni di intensità e durata superiore al normale. Le sollecitazioni rotatorie creano una sorta di torsione a carico del disco causando nelle fibre una lacerazione; questo avviene perché il liquido nucleare è incompressibile e l'aumento di pressione intradiscale spinge all'esterno le fibre dell'anello fibroso, coinvolgendo i tessuti adiacenti. Le sollecitazioni di taglio sono quelle che provocano i maggiori danni a carico del disco intervertebrale, soprattutto a livello lombo-sacrale dove sono molto intense e favorite dall'anatomia della struttura, caratterizzata da una massima curvatura e da una massima angolazione del rachide (Deyo, 1996).

L'aumento dell'angolo lombo-sacrale determina la maggiore intensità della sollecitazione di taglio a livello della giunzione lombo-sacrale, comportando una iperlordosi lombare. Quindi, qualsiasi sollecitazione compressiva, rotatoria e/o di taglio, se prolungata e ripetuta, riduce la resistenza e l'elasticità del disco danneggiandolo.

## 1.7 PATOLOGIE DELL'ARTO SUPERIORE E LAVORO

I disturbi muscolo-scheletrici dell'arto superiore correlati con il lavoro sono accomunati dal meccanismo patogenetico, che quasi sempre può essere identificato in un sovraccarico biomeccanico (inteso come eccessivo impegno funzionale) dell'apparato osteo-mio-tendineo, in assenza di eventi traumatici.

Nella Tabella IV vengono elencate le più importanti e frequenti affezioni muscolo-scheletriche dell'arto superiore indotte da un sovraccarico biomeccanico.

Tabella IV. Affezioni muscolo-scheletriche dell'arto superiore più frequentemente associate con il lavoro.

- Sindrome da conflitto acromion-coraco-omeroale (o periartrite scapolo omeroale o sindrome della cuffia dei rotatori)
- Tendiniti di inserzione (ad esempio epicondilita laterale e mediale)
- Tenosinoviti (ad esempio morbo di De Quervain e dito a scatto)
- Sindromi canalicolari  
(sindrome del tunnel carpale;  
sindrome del canale di Guyon;  
sindrome da intrappolamento del nervo ulnare al gomito)
- Sindrome dello stretto toracico
- Borsiti
- Cisti tendinee
- Artrosi delle articolazioni metacarpo-falangee

Queste patologie vengono di seguito trattate solo sotto l'aspetto eziopatogenetico.

### SINDROME DA CONFLITTO ACROMION-CORACO-OMERALE

In questa definizione rientrano attualmente tutti i quadri patologici ed invalidanti, di natura non traumatica, delle strutture periarticolari della spalla.

In particolare le strutture che vengono coinvolte in prima istanza sono quelle che si trovano intorno all'articolazione stessa (tendini, entesi, ligamenti, borse di scorrimento). Pertanto, nella definizione di "periartrite scapolo-omeroale" sono state fatte rientrare per molto tempo

tutta una serie di patologie quali: Sindrome da attrito subacromiale, calcificazioni e rotture dei tendini della Cuffia dei rotatori, artrosi acromion-claveare e borsite subacromiale.

In tempi relativamente recenti, si è chiarito che la maggior parte di esse va riferita ad un primitivo conflitto fra cuffia dei rotatori ed acromion, dovuto ad una alterazione della meccanica articolare di tutte le strutture della spalla (ivi compresa non solo l'articolazione gleno-omeroale, ma anche quelle scapolo-toracica, acromion-claveare e sterno-costoclavicolare), che causa dapprima un danno alla borsa subacromiale ed al tendine del muscolo sovraspinato, e quindi ai restanti muscoli della cuffia, per andare talvolta ad interessare anche il bicipite brachiale. Le lesioni a carico delle altre strutture periarticolari sono pertanto da considerarsi secondarie.

Oltre alla fisiologica progressiva degenerazione legata all'età, la causa primaria è quindi di tipo meccanico, per sovraccarico e/o usura da microtraumi continui a carico di un complesso di strutture non correttamente funzionanti e quindi non più in grado di garantire rapporti e meccanica articolari corretti. Naturalmente i microtraumi da movimento ripetitivo, che portano per attrito ad edema e microemorragie, possono coinvolgere sia i tendini in cui sia già iniziato il processo degenerativo età-correlato, sia quelli perfettamente sani.

Attività lavorative che richiedono il mantenimento dell'arto superiore in sospensione al di sopra del piano orizzontale, con il braccio in elevazione anteriore a 90° e l'esecuzione di movimenti ripetuti nella stessa direzione, possono quindi comportare eccessive sollecitazioni delle strutture ligamentose, capsulari e tendinee (Jarvholm et al., 1988), che nei casi estremi possono arrivare a determinare la rottura dei tendini della cuffia dei rotatori (Rolf et al., 2006).

## TENOSINOVITI

Si tratta di un particolare tipo di tendinopatie che colpiscono i tendini provvisti di guaina sinoviale lungo il loro percorso all'interno della guaina stessa. La causa primaria sono i movimenti ripetitivi, che determinano un incremento dell'attrito dei tendini all'interno delle guaine e la loro conseguente infiammazione. Le più frequenti tenosinoviti dell'arto superiore sono rappresentate dal Morbo di De Quervain e dalla tenosinovite dei muscoli flessori del carpo.

Per quanto riguarda la tendinite di De Quervain (forma infiammatoria dei tendini dei muscoli abduuttore lungo ed estensore breve del pollice), alcuni studi epidemiologici dimostrano un elevato rischio nei dipendenti dell'industria manifatturiera in generale e nei

lavoratori delle carni, mettendo in evidenza un'elevata forza di associazione per esposizioni specifiche (Jarvholm et al., 1988; Hagberg, 1981; Sivestrein, 1987).

Nella malattia di Notta, nota come “dito a scatto”, risultano interessati i tendini flessori delle dita nel loro passaggio al di sotto del legamento arciforme, dove l'ispessimento della guaina e talvolta la formazione di noduli, possono ostacolare a tal punto lo scorrimento del tendine che nel passaggio dalla flessione all'estensione è percepibile uno scatto, da cui la denominazione della patologia stessa.

## SINDROMI CANALICOLARI

Le sindromi canalicolari si sviluppano quando una struttura vascolare o nervosa viene compressa al suo passaggio in uno spazio ristretto e limitato da ossa, ligamenti, fasce, aponevrosi, muscoli o tendini. Le più frequenti sindromi canalicolari a carico dell'arto superiore sono la sindrome del tunnel carpale (STC), la sindrome del canale di Guyon e la sindrome da intrappolamento del nervo ulnare al gomito.

Nella STC si verifica una progressiva compromissione della funzionalità del nervo mediano, in seguito all'aumento di pressione che si verifica all'interno del canale osteoligamentoso formato dalle ossa carpali, sulle quali è teso il legamento trasverso del carpo, un nastro fibroso che costituisce il tetto del Tunnel Carpale stesso (Bland, 2007). Nel caso dei movimenti ripetitivi, questi ultimi determinano un'infiammazione delle guaine tendinee dei flessori delle dita, con le quali il nervo mediano condivide lo stretto passaggio all'interno del canale osteoligamentoso. I criteri diagnostici di questa patologia sono stati molto dibattuti e solo recentemente si è giunti ad un consenso sufficientemente condiviso (Jablecki et al., 2002).

Diverse indagini epidemiologiche hanno messo in luce una elevata prevalenza di casi di STC in numerose attività lavorative che richiedono l'esecuzione di movimenti ripetitivi e l'applicazione di forza elevata con l'arto superiore. È stato inoltre dimostrato che posizioni estreme (prolungate o ripetitive) dell'articolazione del polso aumentano la pressione all'interno del tunnel carpale provocando parestesie (Szabo et al., 1989) e che il ripetuto allungamento dei nervi e dei tendini che scorrono al suo interno può dar luogo ad una risposta infiammatoria che riduce le dimensioni del tunnel, determinando la compressione del nervo (Armstrong et al., 1984).

## **1.8 ASPETTI NORMATIVI RELATIVI ALLA MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI**

Attualmente la materia riguardante le norme sulla MMC è contenuta nel Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro (D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 integrato con il D. Lgs. n. 106 del 2009).

Già comunque nella prima metà del secolo scorso esisteva una legge che regolava la materia a tutela del lavoro delle donne e dei fanciulli (Legge 26 aprile 1934 n. 653). Altre leggi si sono poi susseguite nel tempo, anche per recepire varie Direttive Europee relative al miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori.

Un particolare interessante è che oggi, i carichi movimentabili, formulati a seguito di accurati studi psicofisici, sono all'incirca dello stesso valore di pesi di quelli indicati circa 70 anni fa dalla legge 653/1934.

Venendo ora alla attuale regolamentazione di cui al sopra richiamato Testo Unico sulla Sicurezza sul Lavoro, il punto che ci interessa si trova nel Titolo VI che riguarda completamente la MMC. Nel Capo I di tale Titolo vi sono gli articoli 167, 168, 169.

L'articolo 167, al primo comma, definisce il campo di applicazione delle norme ("attività lavorative di MMC che comportano per i lavoratori rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari"), mentre, al secondo comma si specifica che cosa si intende per MMC e patologie da sovraccarico biomeccanico.

L'articolo 168 definisce quali siano gli obblighi del datore di lavoro, cioè innanzitutto di cercare di evitare la necessità di una MMC da parte dei lavoratori. Se questo non fosse possibile, il datore di lavoro deve mettere di atto tutto quanto necessario per ridurre al minimo il rischio derivante dalla MMC e, in caso di valutazione di rischio residuo, deve attivare la sorveglianza sanitaria.

Il tutto tenendo conto dell'allegato XXXIII. Le norme tecniche costituiscono criteri di riferimento in quanto applicabili. Diversamente si deve fare riferimento alla buone prassi e le linee guida. L'articolo 169 stabilisce che il datore di lavoro, anche qui tenendo conto dell'allegato XXXIII, deve dare adeguate informazioni relativamente al peso e alle altre caratteristiche del carico movimentato, nonché assicurare adeguata formazione e addestramento in merito ai rischi lavorativi e alle modalità di corretta esecuzione delle attività.

Nel caso in cui non venissero rispettati gli obblighi imposti al datore di lavoro, nel successivo Capo II sono previste le sanzioni a carico di questi e del dirigente (articolo 170).

L'allegato XXXIII è un punto di riferimento per quanto riguarda le attività di valutazione, di progettazione del posto di lavoro, di miglioramento e di identificazione dei fattori individuali di rischio. Gli elementi di riferimento dell'allegato sono cinque, e precisamente:

- (1) caratteristiche del carico;
- (2) sforzo fisico richiesto;
- (3) caratteristiche dell'ambiente di lavoro;
- (4) esigenze connesse all'attività;
- (5) fattori individuali di rischio.

Successivamente nell'allegato vengono riportate le norme tecniche della serie ISO 11228 (parti 1-2-3) relative alle attività di movimentazione manuale (sollevamento, trasporto, traino, spinta, movimentazione di carichi leggeri ad alta frequenza).

## 1.9 VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Per la valutazione del rischio connesso alla movimentazione manuale dei carichi attualmente viene applicato il metodo proposto dal NIOSH (1993), come previsto dalla ISO 11228 – 1 e dalla EN 1005 - 2. Esso presenta dei limiti sotto il profilo applicativo, in particolare le procedure di valutazione andranno rivolte limitatamente a:

- carichi di peso superiore a 3 Kg
- azioni di movimentazione che vengano svolte in via non occasionale (ad es. con frequenze medie di almeno 1 volta ogni ora nella giornata lavorativa tipo)
- azioni di tipo occasionale ma con valori vicini ai valori massimi consigliati, specie se comportanti posture incongrue del rachide.

Con l'indice NIOSH si riesce a determinare per ogni azione di sollevamento il cosiddetto "Peso Limite Raccomandato" attraverso un'equazione che, a partire dal peso massimo sollevabile in condizioni ideali, applica dei fattori di correzione per ciascuna delle 7 variabili che il metodo contempla.

Il NIOSH nella sua proposta iniziale considera un peso "ideale" di 23 kg valido per entrambi i sessi. Attualmente, per quanto riguarda i valori di riferimento delle costanti di peso, si sono scelti quelli dettati dalla norma EN 1005-2 che propone come valori di riferimento un peso di 25 Kg per i soggetti maschi dai 18 ai 45 anni e di 20 Kg per le femmine dai 18 ai 45 anni, che diventa di 20 Kg per i maschi sotto i 18 anni e sopra i 45 e di 15 per le femmine nelle stesse fasce di età. Tali valori proteggono una uguale proporzione (90%) di soggetti di sesso maschile e femminile.

Il calcolo del Peso Limite Raccomandato prevede poi che a ciascun cofattore coinvolto nella determinazione del rischio, a cui corrispondono i diversi moltiplicatori, vengano attribuiti dei valori quantitativi. E' pertanto possibile attribuire a ciascun cofattore di rischio, un determinato valore del moltiplicatore corrispondente.

Quando il cofattore di rischio potenziale corrisponde ad una condizione ottimale, il relativo moltiplicatore assume il valore di 1 e pertanto non porta ad alcun decremento del Peso Limite Raccomandato. Quando il cofattore di rischio si discosta dalla condizione ottimale, il relativo moltiplicatore assume un valore inferiore a 1, con conseguente decremento del Peso Limite Raccomandato.

Per la valutazione del rischio connesso a movimenti e sforzi ripetuti dell'arto superiore si può procedere attraverso una valutazione composta di tre livelli, come previsto dalla norma ISO 11228 - 3.

Il primo livello è finalizzato all'identificazione del rischio e ad un inquadramento iniziale di esistenza o assenza del problema, dove sia stata verificata l'esistenza di un rischio si procede alla valutazione di secondo livello.

Nel secondo livello si usano le checklist che consentono di approfondire i seguenti elementi:

- individuazione dei compiti caratteristici di un lavoro e fra essi di quelli che si compiono secondo cicli ripetuti uguali a se stessi;
- individuazione dei cicli rappresentativi di ciascun compito;
- descrizione e quantificazione per ciascun ciclo rappresentativo dei fattori di rischio principali e complementari;
- analisi di durata, sequenza e periodi di recupero dei diversi compiti;

La checklist OCRA è utilizzata per l'identificazione di compiti lavorativi con potenziale esposizione a: ripetitività, sovraccarico biomeccanico localizzato, sforzi, posture incongrue, utilizzo di strumenti. Essa non ha validità diagnostica, ha solo una funzione di screening delle postazioni lavorative.

Vi sono poi delle procedure di analisi osservazionale più complesse che rientrano nella valutazione di terzo livello; di queste fa parte il metodo proposto dall'Unità di Ricerca EPM di Milano per il calcolo dell'indice OCRA (Colombini et al., 2000) e consigliato dalla norma ISO 11228 - 3.

L'indice OCRA, che si ottiene al termine dell'analisi di una mansione, è dato dal rapporto tra il numero di azioni tecniche svolte con l'arto superiore durante un turno di lavoro ed il corrispondente numero di azioni raccomandate determinato in funzione delle specifiche richieste di forza, impegno posturale, presenza di rotazioni e di periodi di recupero, presenza di fattori complementari. Per azione tecnica si intende ogni azione comportante attività artro-muscolo-tendinea degli arti superiori: non va identificata col singolo movimento articolare ma il complesso di movimenti, di uno o più segmenti articolari, che consentono il compimento di un'operazione lavorativa semplice.

## **1.10 INTERVENTI ERGONOMICI ED ESERCIZIO FISICO COME STRATEGIA DI PREVENZIONE DEI WORK RELATED MUSCULOSKLETAL DISORDERS DEL RACHIDE E DELL'ARTO SUPERIORE**

Negli ultimi anni il dibattito in letteratura circa il possibile ruolo del sovraccarico bio meccanico nella insorgenza di disturbi muscolo-scheletrici è particolarmente acceso. Alcune recenti pubblicazioni (Wai et al. 2010; Roffey et al. 2010; Wai et al. 2010) hanno messo in discussione il possibile contributo di fattori di rischio occupazionali, il cui ruolo appariva consolidato (Hoogendoorn et al., 2000). Tali pubblicazioni hanno tuttavia suscitato alcune repliche da parte di numerosi autori (McGill, 2011; Kuijer et al, 2011).

Tale dibattito è particolarmente importante in quanto i principali metodi di valutazione del rischio, attualmente impiegati non solo per il risk assessment, ma anche come principale strumento per la riprogettazione delle postazioni di lavoro, utilizzano come determinanti per il calcolo degli indici le variabili occupazionali (come ad esempio i movimenti di torsione o la flessione del tronco) presenti negli ambienti di lavoro. Pur con tutti i limiti propri dei metodi osservazionali, gli strumenti oggi utilizzati costituiscono comunque un valido strumento di valutazione del rischio, se applicati da personale adeguatamente preparato (Takala et al., 2010).

Questi metodi inoltre costituiscono il principale strumento utilizzato nella riprogettazione delle postazioni di lavoro, al fine di contenere l'esposizione al rischio da sovraccarico bio-meccanico. Attualmente sono presenti pochi studi in letteratura che possano permettere di trarre conclusioni in merito alla possibile efficacia degli interventi ergonomici nella riduzione dei disturbi muscolo-scheletrici correlati al lavoro, ed in particolare della lombalgia (Driessen et al., 2010; Van Oostrom et al., 2009). Tuttavia gli interventi ergonomici per quanto non appaiano attualmente efficaci nel ridurre il dolore, risultano comunque essere utili nel ridurre il numero di giorni di assenza per malattia (Driessen et al. 2010; Van Oostrom et al., 2009) e possono essere realizzati se ritenute utili nel favorire una più rapida ripresa del lavoro, come consigliato nelle linee guida europee per il trattamento della lombalgia acuta (Van Tulder, et al. 2006).

L'efficacia dell'esercizio fisico in ambito lavorativo, come strategia contro i WRMSd degli arti superiori e del rachide cervicale, è stata affrontata in diversi studi, la maggior parte dei quali sono realizzati per soggetti impiegati come videoterminalisti in ambito amministrativo.

1. Blangsted et al, 2008.

Scopo dello studio è stato verificare gli effetti di due differenti interventi di attività fisica realizzati sul luogo di lavoro ed ideati per impiegati amministrativi con disturbi a livello di collo e spalla.

Questo studio ha analizzato 3 gruppi di soggetti. Un primo gruppo è stato sottoposto ad un'attività composta da esercizi specifici per tratto cervicale e arti superiori, un secondo gruppo sottoposto ad un'attività fisica soprattutto cardiovascolare, e un gruppo di controllo che ha ricevuto solo informazioni sulla promozione della salute. Al termine dello studio, è stato riscontrato non solo che l'attività motoria specifica è stata quella che ha portato i maggiori benefici, ma anche che l'attività motoria cardiovascolare ha avuto degli effetti positivi sullo stato di salute, rispetto alla "non attività" del gruppo controllo.

2. Tsauo et al, 2004.

Scopo dello studio è stato valutare l'efficacia di tre diversi programmi di esercizio, al fine di promuovere la salute e contrastare la tensione e la rigidità a livello di collo e spalle, associati all'attività lavorativa al videoterminale. In questo studio un gruppo di impiegati amministrativi è stato istruito a livello teorico, su esercizi da eseguire autonomamente durante la pausa lavorativa, con un fisioterapista a cui chiedere spiegazioni in caso di necessità; un gruppo è stato sottoposto ad una seduta giornaliera di esercizi sotto la guida di un fisioterapista e un terzo gruppo sottoposto alla partecipazione a due sedute giornaliere delle quali una condotta da un esperto e una no, e un quarto gruppo controllo. Come risultato dopo due settimane di training si è vista un'evidente relazione dose-risposta: un esercizio intensivo e correttamente eseguito (con l'aiuto di una persona competente), può aiutare a ridurre maggiormente il dolore nei lavoratori sedentari, rispetto a un protocollo di esercizi più leggero. Questo studio, dimostra che svolgere uno specifico esercizio fisico sul luogo di lavoro potrebbe essere una scelta valida per dare sollievo ai sintomi muscolo-scheletrici riscontrabili a livello cervico-brachiale.

3. Van Eijsden-Besseling et al, 2008.

Con lo studio si è inteso verificare se, in un gruppo di operatori al videoterminale che soffrono di disturbi muscolo-scheletrici, risulta maggiormente efficace un protocollo di esercizi posturali oppure di fitness aerobico, al fine di diminuire il dolore. Dei due gruppi, uno prese parte ad un protocollo di esercizi posturali della durata di 10 settimane, l'altro si allenò, per altrettante 10 settimane sulla forza e la resistenza aerobica. Lo studio ha permesso di affermare che un protocollo basato su esercizi posturali, non risulta essere migliore rispetto ad un allenamento della forza e della resistenza aerobica; tuttavia, il 55% dei lavoratori, dopo 12 mesi dall'inizio dello studio, dichiararono di non soffrire più di dolori muscolo-scheletrici agli arti superiori.

4. Ludewig e Borstad, 2003

Scopo dello studio era sperimentare l'efficacia di un programma di esercizi terapeutici ideato al fine di ridurre la sintomatologia dolorosa e migliorare il funzionamento della spalla. In questo studio sono stati considerati tre gruppi di operai edili: un gruppo sperimentale e due gruppi controllo. Il gruppo sperimentale ha svolto autonomamente per 12 settimane esercizi per le spalle a domicilio, previa adeguata formazione da parte di un terapista.

Dopo 8 e 12 settimane dall'inizio del progetto, sono stati valutati: dolore, grado di limitazione funzionale e livello di soddisfazione-partecipazione. Dai dati emersi si è osservato un miglioramento statisticamente significativo per tutte queste variabili considerate, a differenza dei due gruppi di controllo, nei quali non si sono notati particolari cambiamenti.

I dati raccolti suggeriscono che un semplice programma di esercizi svolto a domicilio, anche se di breve durata, può essere efficace nel ridurre i sintomi e nel migliorare la funzionalità in soggetti impiegati nel settore edile con dolore alle spalle.

Il fatto che anche la sintomatologia dolorosa dei disturbi degli arti superiori e del rachide abbia origine multifattoriale (van Eijsden-Besseling et al., 2010; Airaksinen et al., 2006) fa intuire che, un approccio integrato che consideri più fattori, sia la strategia migliore da adottare che dovrebbe essere realizzata con un approccio multidisciplinare. Gli interventi pertanto dovrebbero indirizzarsi verso la valutazione e la modifica del compito o della postazione lavorativa (interventi di tipo ergonomico), verso strategie di informazione e verso

l'esercizio muscolare come canale che permetta di migliorare il proprio stato fisico, migliorando così di conseguenza anche la condizione psicologica del soggetto.

## **2. SCOPO DELLO STUDIO**

Lo scopo di questo studio è di valutare l'efficacia della realizzazione di interventi ergonomici e dello svolgimento di una specifica attività motoria compensativa, in lavoratori esposti rispettivamente al rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi e da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.

### **3. MATERIALI E METODI**

Lo studio è stato eseguito in 2 aziende: una specializzata nel campo della refrigerazione commerciale ed una adibita alla produzione di piani di cottura e forni.

Il lavoro ha preso innanzitutto in considerazione l'aspetto legato alla valutazione dei rischi specifici, presenti nelle diverse aziende, relativi alla movimentazione manuale di carichi ed ai movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori; in secondo luogo ha preso in considerazione l'aspetto clinico dei lavoratori esposti ai rischi menzionati oltre ad un gruppo di lavoratori della stessa azienda non esposti.

L'indagine ha previsto una prima fase di studio trasversale sulla prevalenza dei disturbi e delle patologie da sovraccarico biomeccanico del rachide, ed una seconda fase longitudinale per verificare l'efficacia degli interventi proposti

#### **3.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL CICLO LAVORATIVO DELL' AZIENDA METAL MECCANICA SPECIALIZZATA NEL CAMPO DELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE**

L'attività svolta da questa ditta consiste nell'assemblaggio, prevalentemente manuale, di diverse tipologie di mobili frigoriferi ed impianti di refrigerazione che avviene in linee o isole di lavoro dedicate per i diversi modelli di produzione.

Ciascuna linea è suddivisa in diverse postazioni dove viene completato per fasi successive il prodotto finito.

Per tutte le linee di assemblaggio mobili frigoriferi è presente una fase denominata fase di schiumatura in cui si fissa la struttura in lamiera piegata su dei montanti in legno e si procede alla successiva schiumatura automatizzata. Le diverse fasi che seguono vengono per convenzione distinte e numerate.

Ogni fase (compresa la prefase, ove presente) consiste nell'assemblare i pezzi (lamiere, evaporatori, vetri, ripiani ecc.) utilizzando avvitatori pneumatici e/o elettrici con viti normali e/o autofilettanti e/o autoperforanti. In minor misura vengono praticati fori di diametri diversi sulla struttura; applicati scarichi; utilizzate chiavi per stringere giunzioni e/o bulloni. Vengono inoltre effettuate avviture a mano; viene applicato tramite meccanismo pneumatico il silicone e la plastica autosigillante; viene applicato o tolto il nastro adesivo.

Nelle fasi finali viene montato l'impianto elettrico con inserimento dei corpi illuminanti e dei quadri elettrici che richiedono la cablatura mediante l'utilizzo di pinze, cacciaviti e "spellafili". Le fasi conclusive prevedono il collaudo e l'imballaggio con coperture in plastica e con posizionamento degli accessori in scatole di cartone (Figura 5).

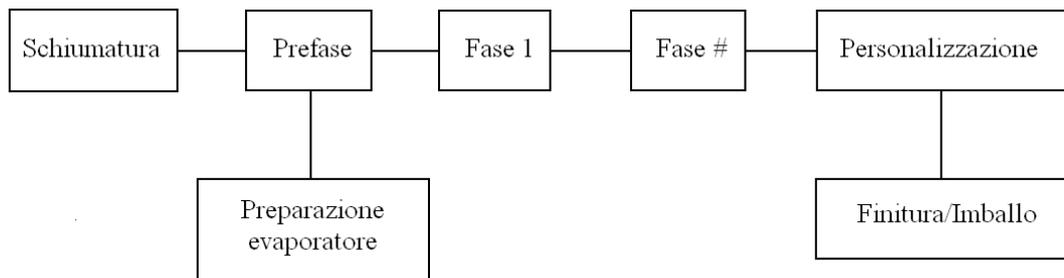


Figura 5 - Rappresentazione schematica di una linea di assemblaggio

Tali prodotti sono soggetti a forti personalizzazioni, ciò nonostante possiamo suddividere i prodotti aziendali, in funzione delle loro dimensioni e caratteristiche tecnico-funzionali, nelle seguenti famiglie:

- (1) Banchi frigo Verticali (h > 1500 mm)
- (2) Banchi frigo Semi Verticali (h max 1500 mm)
- (3) Banchi frigo Vetrine
- (4) Banchi frigo Isole
- (5) Impianti - UCE (Unità Condensatrici Ermetiche)
- (6) Impianti - UCA/UCR (Unità Condensatrici con condensatore ad aria incorporato e remoto)
- (7) Impianti - centrali frigorifere

### **3.2 DESCRIZIONE GENERALE DEL CICLO LAVORATIVO DELL' AZIENDA METAL MECCANICA ADIBITA ALLA PRODUZIONE DI PIANI COTTURA E FORNI**

L'attività svolta da questa azienda consiste nell' assemblaggio di elettrodomestici per cottura dei cibi quali forni e piani da incasso, compresi moduli per cucine e cappe aspiranti, che avviene in 6 linee per i diversi modelli in produzione.

Ciascuna linea è costituita da un nastro trasportatore, con un ritmo imposto predeterminato, ed è suddivisa in diverse postazioni dove viene assemblata la cucina per fasi successive, alcune delle quali vengono tuttavia realizzate fuori-linea

Ogni fase consiste nell'assemblare i pezzi (lamiere, resistenze, ventole, bruciatori ecc.) utilizzando rivettatrici, avvitatori pneumatici con viti normali e/o autofilettanti. Vengono inoltre utilizzate chiavi per stringere giunzioni e/o bulloni; effettuate avviture a mano e vengono applicati lana di vetro e il nastro adesivo. Nelle fasi intermedie viene montato l'impianto elettrico che richiede la cablatura a mano mediante l'inserimento dei fili elettrici nei fastom. Le fasi conclusive prevedono il collaudo dei bruciatori, il posizionamento degli accessori in scatole di cartone e l'imballaggio.

Fasi di Assemblaggio:

- 1) preparazione e assemblaggio muffole
- 2) assemblaggio e centraggio bruciatori
- 3) assemblaggio impianto a gas e termocoppie
- 4) cablaggio cucina
- 5) montaggio raccogli gocce e cruscotto
- 6) collaudo
- 7) pulizia forni e piano
- 8) imballaggio

### 3.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO CON IL METODO NIOSH

Il Metodo NIOSH, nella sua proposta originale utilizzava come riferimento un peso ideale di 23 kg valido per entrambi i sessi, attualmente utilizza i valori di peso proposti dalla UNI EN 1005-2 (vedi tabella V) che vengono successivamente corretti da una serie di moltiplicatori, al fine di calcolare il Peso Limite Raccomandato. Indice di Sollevamento NIOSH (IS) è dato dal rapporto tra il Peso Effettivamente Movimentato ed il Peso Limite Raccomandato per quell'azione nello specifico contesto lavorativo.

$$IS = \frac{\text{Peso Effettivamente Movimentato}}{\text{Peso Limite Raccomandato}}$$

Il calcolo del Peso Limite Raccomandato prevede infatti che a ciascun cofattore coinvolto nella determinazione del rischio, a cui corrispondono i diversi moltiplicatori, vengano attribuiti dei valori quantitativi. E' pertanto possibile attribuire a ciascun cofattore di rischio, un determinato valore del moltiplicatore corrispondente (Figura 6).

Quando il cofattore di rischio potenziale corrisponde ad una condizione ottimale, il relativo moltiplicatore assume il valore di 1 e pertanto non porta ad alcun decremento del Peso Limite Raccomandato. Quando il cofattore di rischio si discosta dalla condizione ottimale, il relativo moltiplicatore assume un valore inferiore a 1, con conseguente decremento del Peso Limite Raccomandato.

Tabella V - Le masse di riferimento in condizioni di sollevamento manuale ideale, per genere e per classe d'età (EN 1005-2)

POPOLAZIONE LAVORATIVA	MASSA DI RIFERIMENTO (Kg)
Maschi (18-45 anni)	25
Femmine (18-45 anni)	20
Maschi giovani (fino 18 anni) ed anziani (oltre 45 anni)	20
Femmine giovani (fino 18 anni) ed anziane (oltre 45 anni)	15

KG 23	X	Peso massimo raccomandato in condizioni ottimali di sollevamento
FATTORE ALTEZZA	X	Altezza da terra delle mani all'inizio del sollevamento
FATTORE DISLOCAZIONE	X	Distanza verticale del peso tra inizio e fine del sollevamento
FATTORE ORIZZONTALE	X	Distanza massima del peso dal corpo durante il sollevamento
FATTORE FREQUENZA	X	Frequenza del sollevamento in atti al minuto (=0 se >12 volte/min)
FATTORE ASIMMETRIA	X	Angolo di asimmetria del peso rispetto al piano sagittale del soggetto
FATTORE PRESA	=	Giudizio sulla presa del carico
		<b>PESO LIMITE RACCOMANDATO</b>

Figura 6 - NIOSH 1993: modello di calcolo per il limite di peso raccomandato.

Applicando la procedura a tutti gli elementi considerati si può pervenire a determinare il Peso Limite Raccomandato nel contesto esaminato.

Il passo successivo consiste nel calcolare il rapporto tra Peso Effettivamente Sollevato (numeratore) e Peso Limite Raccomandato (denominatore) per ottenere un indicatore sintetico del rischio.

In taluni casi particolari, secondo quanto prevede la norma EN 1005-2, all'equazione originaria del NIOSH possono essere aggiunti altri elementi la cui considerazione può risultare importante in determinati contesti applicativi.

Agli stessi corrisponde un ulteriore fattore di demoltiplicazione da applicare alla formula generale prima esposta e comprendono:

- sollevamenti eseguiti con un solo arto: applicare un fattore = 0,6
- sollevamenti eseguiti da 2 persone: applicare un fattore = 0,85 (considerare il peso effettivamente sollevato diviso 2).

La Figura 7 esemplifica il metodo e ne dà uno schema di rapida utilizzazione. In realtà esso non comprende tutti i possibili valori dei singoli fattori, questi vengono calcolati ad ogni diversa valutazione del rischio attraverso formule specifiche (Tabella VI).

Tabella VI - Elementi per il calcolo analitico del peso limite raccomandato.

*Costante di peso (CP) in kg = 25; 20*

*Fattore altezza (A) = 1 - (0,003 · | V - 75 | )*

ove V = altezza delle mani da terra (cm)

*Fattore dislocazione verticale (B) = 0,82 + (4,5 / D)*

ove D = dislocazione verticale (cm)

*Fattore orizzontale (C) = 25/H*

ove H= distanza orizzontale fra corpo e centro del carico (cm)

*Fattore asimmetria (D) = 1 - (0,0032 y)*

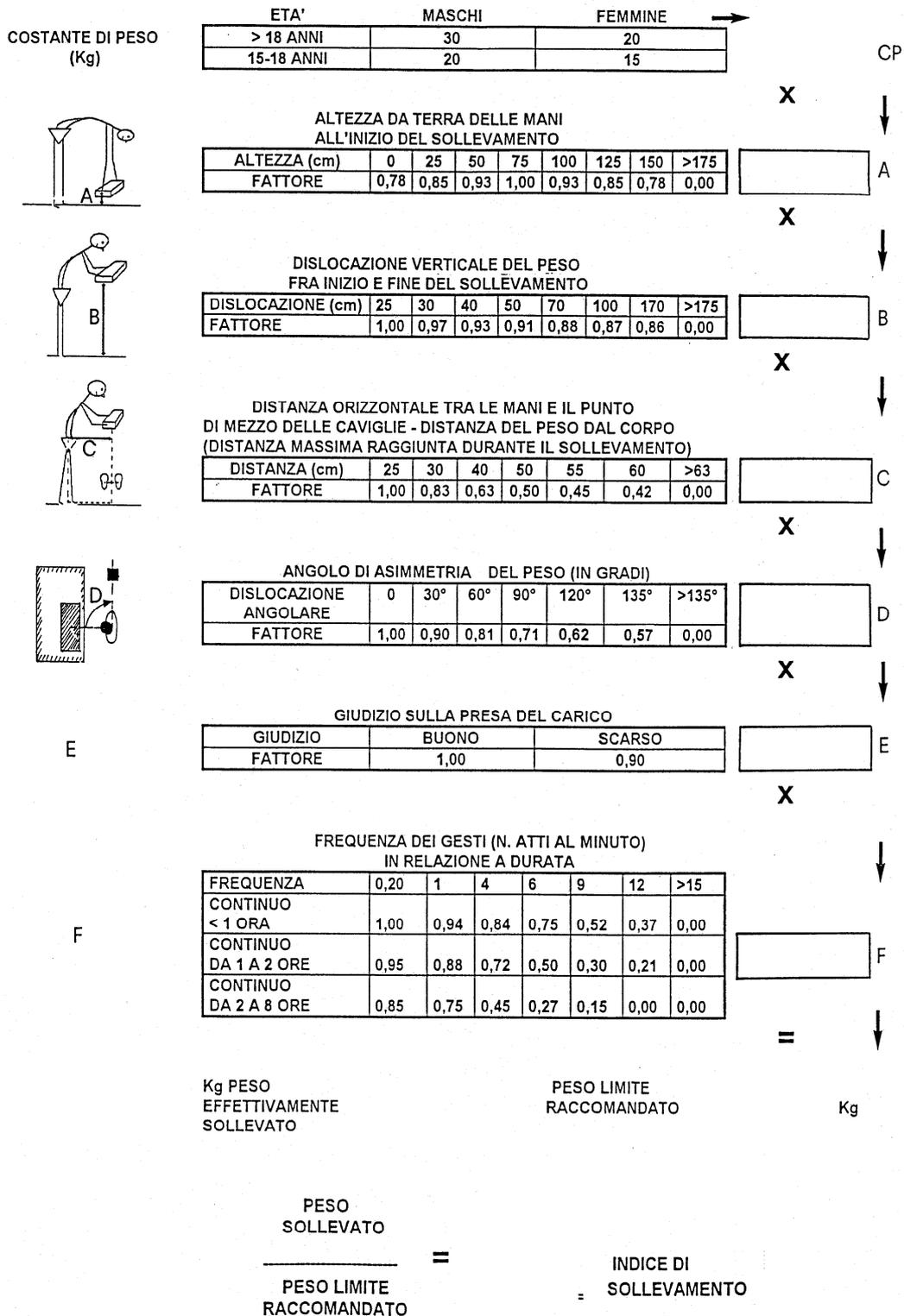
ove Y = angolo di asimmetria (gradi)

*Fattore presa (E) = 1; 0,95; 0,9*

*Fattore frequenza (F) = Desumere da Tabella VI*

Di seguito verranno spiegate nel dettaglio le modalità di analisi dei diversi fattori che compongono la formula.

Figura 7 - Schema semplificato per la valutazione del rischio con formula del NIOSH.



## STIMA DEL FATTORE ALTEZZA (FA)

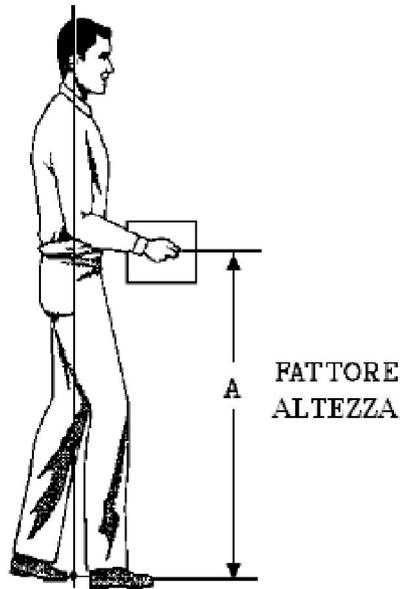


Figura 8 - Valutazione del fattore altezza.

Moltiplicatori verticali (FA) semplificati per fasce:

Altezza cm	0	25	50	75	100	125	150	<175 o <0
FA	0,77	0,85	0,93	1	0,93	0,85	0,78	0

La formula di calcolo di FA:

$$FA = 1 - (0,003 \times |V - 75|)$$

L'altezza da terra delle mani (V) è misurata verticalmente dal piano di appoggio dei piedi al punto di mezzo tra la presa delle mani.

Gli estremi di tale altezza sono dati dal livello del suolo e dall'altezza massima di sollevamento (pari a 175 cm).

Il livello ottimale (FA = 1) è per un'altezza verticale di 75 cm (altezza nocche). Il valore di FA diminuisce allontanandosi (in alto o in basso) da tale livello ottimale.

Se l'altezza supera 175 cm FA = 0.

## STIMA DEL FATTORE DISLOCAZIONE VERTICALE (FB)

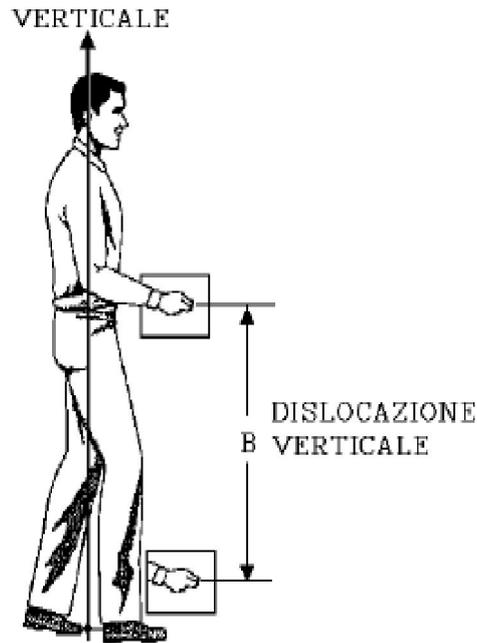


Figura 9- Valutazione del fattore dislocazione verticale.

Moltiplicatori di dislocazione (FB) semplificati per fasce:

Altezza cm	25	30	40	50	70	100	170	>175
FB	1	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	0,86	0

La formula di calcolo di FB:

$$FB = 0,82 + (4,5 / D)$$

La dislocazione verticale di spostamento (D) è data dallo spostamento verticale delle mani durante il sollevamento. Tale dislocazione può essere misurata come differenza del valore di altezza delle mani fra la destinazione e l'inizio del sollevamento. Nel caso particolare in cui l'oggetto debba superare un ostacolo, la dislocazione verticale sarà data dalla differenza tra l'altezza dell'ostacolo e l'altezza delle mani all'inizio del sollevamento (ad esempio, porre un oggetto sul fondo di una gabbia con pareti alte 100 cm; altezza mani = 20 cm. Dislocazione verticale:  $100 - 20 = 80$  cm.

La minima distanza D considerata è di 25 cm (FB = 1). Se la distanza verticale è maggiore di 170 cm FB = 0.

## STIMA DEL FATTORE ORIZZONTALE (FC)

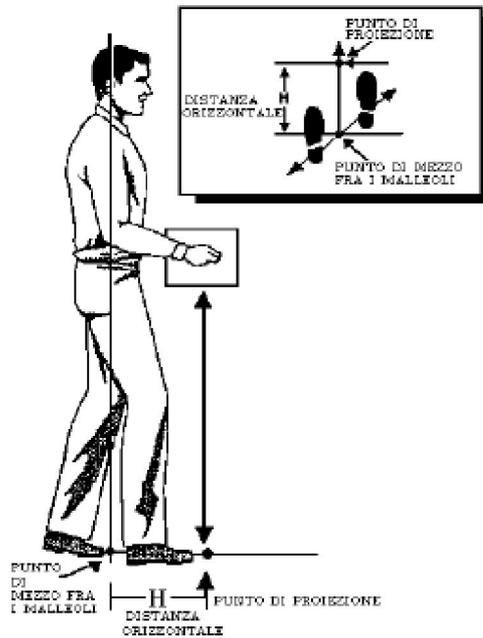


Figura 10 - Valutazione del fattore orizzontale.

Moltiplicatori di dislocazione (FC) semplificati per fasce:

Distanza cm	25	30	40	50	55	60	>63
FC	1	0,83	0,63	0,5	0,45	0,42	0

La formula di calcolo di FC:

$$FC = 25 / H$$

La distanza orizzontale (H) è misurata dalla linea congiungente i malleoli interni al punto di mezzo tra la presa delle mani (proiettata sul terreno).

Se la distanza orizzontale è inferiore a 25 cm considerare comunque il valore di 25 (fattore = 1). Se la distanza orizzontale è superiore a 63 cm il relativo fattore assume valore = 0.

## STIMA DEL FATTORE DISLOCAZIONE ANGOLARE (FD)

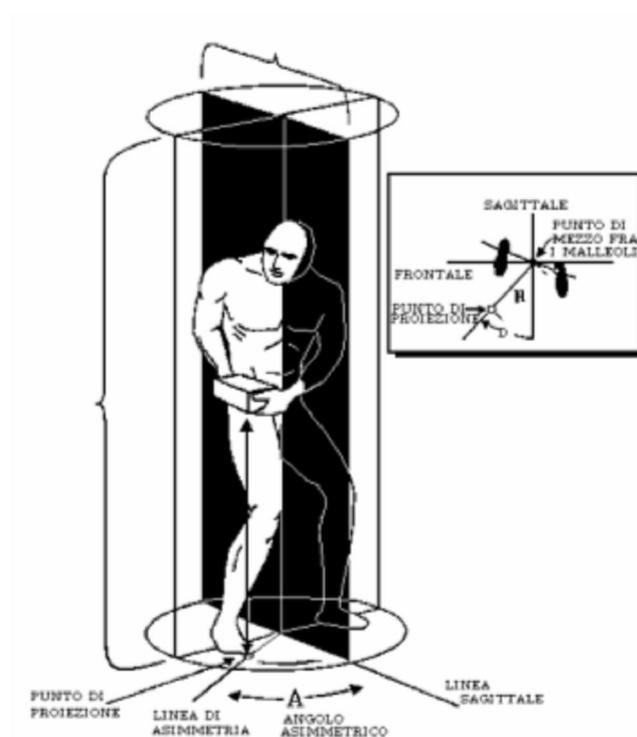


Figura 11 - Valutazione del fattore dislocazione angolare.

Moltiplicatori di asimmetria semplificati per fasce:

Angoli gradi	0	30	60	90	120	135	>135
FD	1	0,9	0,81	0,71	0,62	0,57	0

La formula di calcolo di FD:

$$FD = 1 - (0,0032 Y)$$

L'angolo di asimmetria (Y) è l'angolo fra la linea di asimmetria e la linea sagittale. La linea di asimmetria congiunge idealmente il punto di mezzo tra le caviglie e la proiezione a terra del punto intermedio alle mani all'inizio (o in subordine alla fine) del sollevamento. La linea sagittale è la linea passante per il piano sagittale mediano (dividente il corpo in due emisomi eguali e considerato in posizione neutra).

L'angolo di asimmetria non è definito dalla posizione dei piedi o dalla torsione del tronco del soggetto, ma dalla posizione del carico relativamente al piano sagittale mediano del

soggetto. Se il soggetto per compiere il gesto gira i piedi e non il tronco, il fattore di dislocazione angolare non deve essere più considerato.

L'angolo ( $Y$ ) varia tra  $0^\circ$  ( $FD = 1$ ) e  $135^\circ$  ( $FD = 0,57$ ).

Per valori dell'angolo  $Y > 135^\circ$  porre  $FD = 0$ .

Al fine della determinazione del fattore di dislocazione angolare deve essere considerato l'angolo osservato indipendentemente dalle cause che lo determinano.

Rimane comunque importante l'eliminazione delle cause che determinano l'asimmetria in particolare nella fase di riduzione del rischio.

Nella valutazione dell'angolo di asimmetria è possibile individuare quattro situazioni generali che richiedono differenti modalità di valutazione:

1. *operatore in postazione con totale libertà di movimento*: l'origine e la destinazione possono essere angolate tra loro, ma l'operatore si sposta muovendo i piedi. In genere si osserva questa situazione quando le frequenze di sollevamento sono relativamente basse e la distanza fra l'origine e la destinazione consentono al soggetto di fare dei passi;
2. *operatore in postazione con parziale libertà di movimento* (Figura 12): l'origine e la destinazione sono angolate fra loro di  $180^\circ$ ; si osserva che l'operatore assume diverse torsioni del tronco con differenti angolazioni. Per superare la difficoltà di dover misurare i diversi angoli di torsione osservati, si può utilizzare una misura costante rappresentativa, pari alla metà dell'angolo complessivo (nell'esempio =  $90^\circ$ ). In genere si osserva questa situazione quando le frequenze di sollevamento sono relativamente alte e la distanza fra l'origine e la destinazione non consentono al soggetto di fare alcuni passi. Il fattore di asimmetria corrisponderà in questo caso a:  $FD = 0,71$ ;



Figura 12 - L'angolo di asimmetria con parziale libertà di movimento (origine e destinazione a 180°).

3. *operatore in postazione con posizione obbligata ma simmetrica* (Figura 13): l'origine e la destinazione sono angolate fra loro e l'operatore assume una posizione di partenza mediana fra l'inizio e la fine del sollevamento. In questo caso gli angoli compresi tra piano di asimmetria all'origine/piano sagittale e piano sagittale/piano di asimmetria alla destinazione coincidono e rappresentano l'angolo di asimmetria. L'operatore infatti esegue le movimentazioni partendo dal punto medio tra inizio e fine del sollevamento: ruota di 45° verso l'origine per prelevare il carico, ruota verso il punto di deposito passando nuovamente per il punto di partenza (a 0°) raggiungendo poi con una rotazione di 45° la destinazione. L'angolo di asimmetria all'origine coinciderà con l'angolo di asimmetria alla destinazione e sarà pari a 45°. Il fattore asimmetria corrisponderà in questo caso a :  $FD = 0,86$ ;

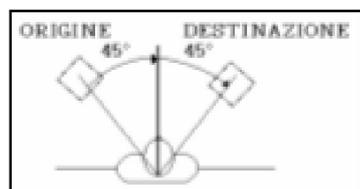


Figura 13 - L'angolo di asimmetria con posizione obbligatoria ma simmetrica.

4. *operatore in postazione con posizione obbligata non simmetrica* (Figura 14): l'origine e la destinazione sono angolate fra loro e l'operatore assume una posizione di partenza non simmetrica tra l'inizio e la fine del sollevamento rispetto al piano sagittale. Nell'esempio riportato l'operatore ruota di 30° verso l'origine per prelevare il carico;

ruota poi verso il punto di deposito, passando nuovamente per il punto di partenza (a  $0^\circ$ ); raggiunge quindi la destinazione con una rotazione di  $60^\circ$ . Dato che gli angoli compresi tra piano di asimmetria all'origine/piano sagittale e piano sagittale/piano di asimmetria alla destinazione non coincidono, il calcolo del peso raccomandato (PR) dovrà essere effettuato sia per l'origine che per la destinazione, ovviamente considerando tutti gli altri fattori corrispondenti. Si stabilirà, come rappresentativo del compito, il peso raccomandato inferiore. L'angolo di asimmetria all'origine risulta qui pari a  $30^\circ$  dando luogo ad un fattore di asimmetria:  $FD_{origine} = 0,90$ . Analogamente l'angolo di asimmetria alla destinazione è di  $60^\circ$  il cui fattore asimmetria risulta:  $FD_{destinazione} = 0,81$ .

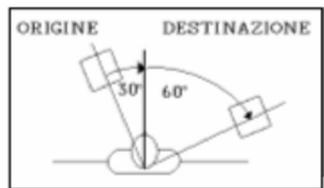


Figura 14 - L'angolo di asimmetria con posizione obbligatoria non simmetrica.

## STIMA DEL FATTORE PRESA (FE)

La presa dell'oggetto può essere classificata sulla scorta di caratteristiche qualitative in: buona (FE = 1), discreta (FE = 0,95), scarsa (FE = 0,9). Per il giudizio sulla presa si considerino le seguenti avvertenze:

- il design ottimale di una maniglia esterna prevede 2-4 cm di diametro, 11,5 cm di lunghezza, 5 cm di apertura, forma cilindrica o superficie morbida non scivolosa;

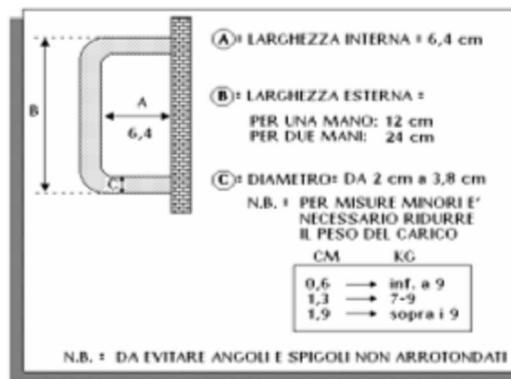


Figura 15- Descrizione della presa ottimale

- le misure ottimali delle scatole sono di 48 cm di lunghezza, 36 cm di larghezza, 12 cm di altezza;



Figura 16 - Misure massime consigliate per un oggetto da trasportare manualmente

- vanno evitate prese con posizioni estreme dell'arto superiore o con eccessiva forza

## STIMA DEL FATTORE FREQUENZA (FF)

Il fattore frequenza è determinato sulla base del numero di sollevamenti per minuto e della durata del tempo in cui si svolgono tali compiti (vedi tabella VII).

La frequenza di sollevamento è calcolabile come il numero medio di sollevamenti per minuto svolti in un periodo rappresentativo di 15 minuti. Se vi è variabilità nei ritmi di sollevamento da parte di diversi operatori, va calcolata la frequenza sulla base del numero di oggetti spostati nel periodo di tempo formalmente assegnato allo specifico compito e non vanno considerate le eventuali pause all'interno dello stesso periodo.

Si considerano di breve durata compiti di sollevamento della durata di 1 ora (o meno) seguiti da periodi di recupero (lavoro leggero) che siano in rapporto di almeno 1,2 con il precedente lavoro di sollevamento. Ad esempio dopo un compito di sollevamento di 45 minuti, per considerare lo stesso come di breve durata, vi è necessità di un periodo di recupero di 54 minuti. Per sollevamenti occasionali (frequenza inferiore a 1 volta ogni 10 minuti) utilizzare sempre la breve durata (in tal caso  $FF = 1$ ).

La media durata comprende compiti di sollevamento di durata compresa tra 1 e 2 ore seguiti da un periodo di recupero in rapporto di almeno 0,3 col precedente periodo di lavoro. Ad esempio dopo un compito di sollevamento di 90 minuti per considerare lo stesso di media durata, vi è bisogno di un periodo di recupero di almeno 30 minuti. Se tale rapporto lavoro/recupero non è soddisfatto utilizzare il criterio di lunga durata.

La lunga durata va scelta per compiti di sollevamento che durano tra 2 ed 8 ore con le normali pause lavorative.

Tabella VII - Fattore frequenza in funzione di numero di azioni e durata del lavoro

FREQUENZA AZ/MIN.	DURATA DEL LAVORO (CONTINUO)		
	≤ 8 ORE (LUNGA)	≤ 2 ORE (MEDIA)	≤ 1 ORA (BREVE)
0.2	0.85	0.95	1.00
0.5	0.81	0.92	0.97
1	0.75	0.88	0.94
2	0.65	0.84	0.91
3	0.55	0.79	0.88
4	0.45	0.72	0.84
5	0.35	0.60	0.80
6	0.27	0.50	0.75
7	0.22	0.42	0.70
8	0.18	0.35	0.60
9	0.15	0.30	0.52
10	0.13	0.26	0.45
11	0.00	0.23	0.41
12	0.00	0.21	0.37
13	0.00	0.00	0.34
14	0.00	0.00	0.31
15	0.00	0.00	0.28
>15	0.00	0.00	0.00

Quanto detto fin qui vale per l'esecuzione di un sollevamento semplice, ma nei contesti lavorativi, non infrequenti, in cui gli addetti svolgono differenti compiti di sollevamento è necessario adottare procedure di valutazione che tengano conto del contributo dei singoli compiti lavorativi nel determinare una condizione di rischio. A tal fine si calcolerà l'Indice di Sollevamento Composto (ISC). In generale l'ISC è determinato dall'indice di sollevamento (IS) del compito maggiormente sovraccaricante, incrementato di una quota determinata dagli IS degli altri compiti.

Nel nostro specifico caso tutte le mansioni analizzate svolgevano compiti multipli, perciò è stato calcolato per ognuna l'Indice di Sollevamento Composto con il metodo di seguito spiegato.

Il presupposto per il calcolo del ISC è fornito dal NIOSH in cui si evidenzia che un compito multiplo può essere rappresentato in generale dalla seguente formula:

$$ISC = IS1 + (IS2_{1+2} - IS2_1)$$

Ciò significa in termini matematici che, nel caso in cui il compito semplice IS1 risulti uguale a IS2, due dei termini dell'equazione si semplificano e la risultanza sarà allora quello di un compito semplice effettuato alle frequenze somma di IS1 e IS2. In linea generale vale la pena ricordare che l'ISC viene calcolato quando i pesi sono movimentati da altezze diverse, quando vi sono pesi di diversa entità ed infine quando cambiano altri parametri come ad esempio la distanza orizzontale (vedi ad esempio un pallet), etc. (Figura 17). In questi casi è bene procedere secondo uno schema ad albero che permette di identificare il numero di compiti semplici che compongono l'ISC.

Per il calcolo dell'ISC la costante di peso utilizzata è pari a 25 kg per gli uomini e 20 kg per le donne.

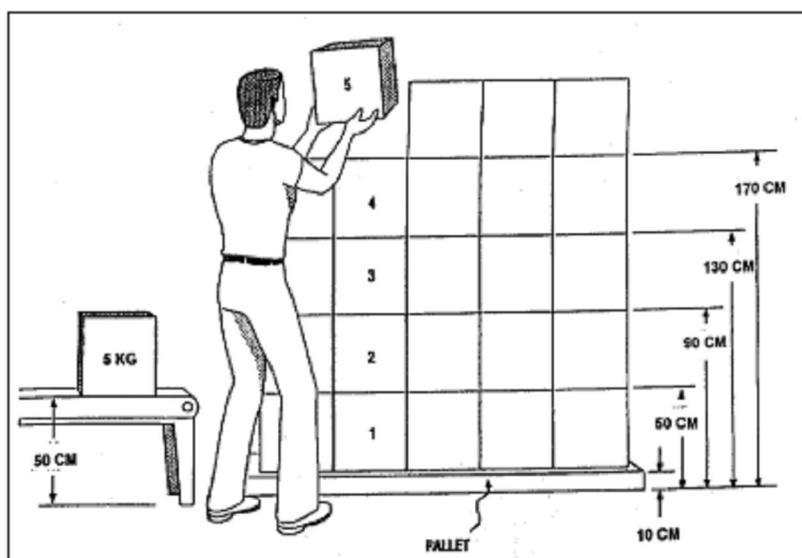


Figura 17 - Esempio di Indice di Sollevamento Composto: scarico da pallet.

Sulla scorta del risultato (Indice di Sollevamento = IS) ottenuto è possibile delineare conseguenti comportamenti in funzione preventiva. Attualmente sono state proposte diverse classificazioni. La norma UNI-EN 1005-2, propone di classificare il rischio in tre fasce (Tabella A). Nel dettaglio valgono i seguenti orientamenti:

- L' Indice di Sollevamento è  $\leq 0,85$  (area verde): la situazione è accettabile e non è richiesto alcuno specifico intervento.
- L' Indice di Sollevamento è compreso tra 0,86 e 0,99 (area gialla): la situazione si avvicina ai limiti, una quota della popolazione (stimabile tra l'1% e il 10% di ciascun sottogruppo di sesso ed età) può essere non protetta e pertanto occorrono cautele anche se non è necessario uno specifico intervento. Si può consigliare di attivare la formazione del personale addetto. Lo stesso personale può essere, a richiesta, sottoposto a sorveglianza sanitaria specifica. Laddove è possibile, è consigliato di procedere a ridurre ulteriormente il rischio con interventi strutturali ed organizzativi per rientrare nell'area verde (indice di rischio  $\leq 0,85$ ).
- L' Indice di Sollevamento è  $\geq 1$  (area rossa). La situazione può comportare un rischio per quote crescenti di popolazione e pertanto richiede un intervento di prevenzione primaria. Il rischio è tanto più elevato quanto maggiore è l'indice. Vi è necessità di un intervento

immediato di prevenzione per situazioni con indice maggiore di 3; l'intervento è comunque necessario anche con indici compresi tra 1 e 3. Programmare gli interventi identificando le priorità di rischio. Riverificare l'indice di rischio dopo ogni intervento. Attivare la sorveglianza sanitaria periodica del personale esposto.

**Tabella A.** Indicatori sintetici di rischio ISC

<b>INDICE DI SOLLEVAMENTO</b> (Valore)	<b>FASCIA</b>	<b>RISCHIO</b>
$\leq 0,85$	VERDE	Accettabile
0,86 – 0,99	GIALLA	Dubbio/Significativo (richiede attenzione)
$\geq 1$	ROSSA	Presente

Una più recente e dettagliata proposta di classificazione dell'indice di sollevamento tutt'ora in discussione nel draft dell'ISO CD 12259 "Application document for ISO standards on manual handling" consente di suddividere gli indicatori di rischio in cinque fasce (Tabella VII).

Tabella B. Proposta di classificazione del Lifting Index (Indice di Sollevamento)

Lifting Index Value	Exposure level	Interpretation	Consequences
<b><math>LI \leq 0,85</math></b>	<b>Acceptable; No risk</b>	Exposure is acceptable for most members of reference working population. Lifting conditions accommodate > 90% of males and females, including younger and older. (Green zone)	<b>Acceptable: no consequences</b>
<b><math>0,85 &lt; LI &lt; 1,0</math></b>	<b>Borderline or very very low exposure</b>	Exposure is acceptable for most members of reference working population but a significant part of it could be exposed to a very low risk level. (Yellow zone)	<b>If possible, improve structural risk factors or take other organizational measures</b>
<b><math>1,0 &lt; LI &lt; 2,0</math></b>	<b>Risk present; low level</b>	A significant part of adult industrial working population could be exposed to a low risk level (Red-light zone)	<b>Redesign tasks and workplaces according to priorities</b>
<b><math>2,0 &lt; LI &lt; 3,0</math></b>	<b>Risk present; significant level</b>	An increased part of adult industrial working population could be exposed to a significant risk level. (Red zone)	<b>Redesign tasks and workplaces as soon as possible</b>
<b><math>LI &gt; 3,0</math></b>	<b>Risk present; high level</b>	Absolutely not suitable for most working population. (Very red - or violet - zone).	<b>Redesign tasks and workplaces immediately</b>

### 3.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO CON IL METODO OCRA

Le informazioni raccolte nel corso dei sopralluoghi ed un'adeguata ripresa video delle varie fasi lavorative studiata a rallentatore, ci hanno permesso di quantificare il contributo di diversi fattori di rischio e di calcolare quindi l'indice OCRA: nello specifico è stato effettuato il rapporto tra il numero di azioni tecniche attualmente svolte nel turno lavorativo e il numero di azioni tecniche raccomandate.

La procedura seguita comprende l'identificazione di un ciclo lavorativo all'interno del quale viene contato il numero di azioni tecniche eseguite, quantificando se necessario il contributo dei seguenti fattori di rischio:

**Frequenza delle azioni tecniche:** è il fattore che, secondo questo metodo di analisi, caratterizza maggiormente l'esposizione.

**Fattore forza:** per la quantificazione della forza si è fatto ricorso ad un'apposita scala (Category Scale for Rating of Perceived Exertion) (Tabella VIII), proposta da Borg (Borg G.A.V, 1982), in grado di descrivere lo sforzo muscolare soggettivamente percepito a carico di un determinato segmento corporeo con un punteggio che va da un minimo di 1 (sforzo del tutto assente) ad un massimo di 10 (sforzo massimo).

Tabella VIII. Valori espressi secondo la Scala di Borg aggettivati

---

<b>0</b>	Del tutto assente
<b>0,5</b>	Estremamente leggero
<b>1</b>	Molto leggero
<b>2</b>	Leggero
<b>3</b>	Moderato (modesto)
<b>4</b>	
<b>5</b>	Forte
<b>6</b>	
<b>7</b>	Molto forte
<b>8</b>	
<b>9</b>	
<b>10</b>	Massimo

---

**Fattore postura:** le posizioni assunte e i movimenti compiuti dai diversi segmenti dell'arto superiore, durante lo svolgimento di lavori ripetitivi, costituiscono gli elementi che più contribuiscono a caratterizzare il rischio complessivo di contrarre le diverse affezioni muscolo-scheletriche dello stesso tratto.

In particolare, in letteratura vi è sufficiente concordanza nel definire come potenzialmente dannose:

- le posizioni e i movimenti estremi di ciascuna articolazione (maggiori del 50% del predefinito range articolare);
- le posizioni (anche non estreme) mantenute a lungo;
- i movimenti specifici dei diversi segmenti quando fortemente ripetitivi e specializzati (ad esempio presa di precisione con la mano).

La descrizione delle posture e dei movimenti è stata operata per ciascun ciclo di lavoro, di ogni postazione analizzata; all'interno di esso si è provveduto a descrivere la frequenza e la durata delle posizioni o dei movimenti fuori dal range articolare predefinito. Sono state prese in esame le seguenti articolazioni e le rispettive posture fuori range: spalla (flessione e/o abduzione  $>80^\circ$ ; abduzione tra  $45$  e  $80^\circ$ ; estensione  $>20^\circ$ ), del gomito (flesso-estensione  $>60^\circ$  e prono-supinazione  $>60^\circ$ ), del polso (flessione  $>45^\circ$ ; estensione  $>45^\circ$ ; deviazione radiale  $>15^\circ$  ed ulnare  $>15^\circ$ ), e della mano (pinch, grip con diametro 3-5 cm; grip con diametro 1-2cm; presa palmare; presa ad uncino; fini movimenti delle dita). A tal fine è stato necessario disporre di un'adeguata ripresa video da visionare a rallentatore e con opportuno temporizzatore.

**Fattori di rischio complementari:** si definiscono complementari quei fattori che possono essere di volta in volta presenti o assenti nel contesto esaminato. Un elenco, sebbene non esaustivo, di tali fattori comprende:

- uso di strumenti vibranti;
- estrema precisione richiesta;
- compressioni localizzate su strutture anatomiche della mano o dell'avambraccio da parte di strumenti;
- esposizione a basse temperature;
- uso di guanti;
- scivolosità della superficie degli oggetti manipolati;
- esecuzione di movimenti bruschi o a "strappo";
- esecuzione di gesti con contraccolpi.

**Fattore periodi di recupero:** è definibile come periodo di recupero quello in cui è presente una sostanziale inattività di uno o più gruppi mio-tendinei altrimenti coinvolti nello svolgimento di precedenti azioni lavorative. Possono essere considerati periodi di recupero:

- le pause di lavoro (ufficiali e non), compresa la pausa per il pranzo;
- lo svolgimento di compiti che comportano il riposo dei gruppi muscolari impegnati in compiti precedenti (ad es. i compiti di controllo visivo);
- i tempi passivi di attesa regolari e protratti, per almeno 10 secondi consecutivi per minuto.

Sono comunque ancora carenti precisi orientamenti relativi ai periodi di recupero da attivare laddove si sia in presenza di azioni dinamiche ripetitive. Nel valutare il contributo relativo di ciascun fattore di rischio, è importante sottolineare che quanto maggiore è il contributo di ciascun fattore, tanto minore è il valore del moltiplicatore relativo.

Dopo l'analisi dei fattori di rischio sopradescritti, per determinare l'RTA (numero complessivo di azioni raccomandate nel turno) si deve procedere nel modo seguente:

- a. si parte per ciascun compito ripetitivo dalla frequenza di riferimento di azioni al minuto ( $CF = 30$  azioni/minuto). Essa vale come costante di riferimento per ogni compito ripetitivo, essendo ottimali o ininfluenti gli altri fattori di rischio (forza, postura, fattori complementari, carenza di periodi recupero) e per durate complessive di lavoro ripetitivo di 7-8 ore nel turno.
- b. La stessa frequenza viene aggiustata in relazione alla presenza ed entità, per ciascun compito, dei fattori di rischio forza, postura, ripetitività (stereotipia) e complementari.
- c. Si moltiplica la frequenza ponderata così ottenuta per ogni compito per il numero di minuti di effettivo svolgimento di ciascun compito per ottenere un parziale di azioni raccomandate (RPA) nel compito, indipendentemente dai fattori di "recupero" e "durata".
- d. Si sommano tra loro i valori RPA ottenuti per diversi compiti (laddove il compito ripetitivo considerato sia unico tale passaggio non è necessario).
- e. Il valore ottenuto (RPA<sub>tot</sub>) che rappresenta il parziale di azioni raccomandate nel turno viene a questo punto "modulato" attraverso i moltiplicatori che considerano: la presenza e sequenza, nell'intero turno lavorativo, dei periodi di recupero; il tempo totale (in minuti), spesi nel turno, nell'esecuzione di (uno o più) compiti ripetitivi degli arti superiori.

- f. Il valore ottenuto (RTA) rappresenta il numero totale di azioni raccomandate per il turno di lavoro. Esso è determinato in funzione dell'intervento dei diversi fattori di rischio influenti nel contesto esaminato. Il valore RTA rappresenta il denominatore della frazione che esprime l'indice sintetico di esposizione (OCRA). Al numeratore andrà invece inserito il numero totale di azioni attualmente svolte nel complesso dei compiti ripetitivi esaminati (ATA);

Conoscendo quindi il numero reale di azioni eseguite per turno di lavoro, calcolato attraverso l'analisi dei filmati, ed il numero di azioni raccomandate, si è potuto procedere al calcolo dell'Indice OCRA:

$$\frac{ATA}{RTA} = OCRA$$

Quando l'indice di esposizione assume valori inferiori o uguali a 1,5 il rischio è assente; per valori dell'indice tra 1,6 e 2,2 il rischio è accettabile e la previsione di rischio di WMSDs è sovrapponibile a quella dei gruppi di riferimento; per valori dell'indice tra 2,3 e 3,5 il rischio è borderline e richiede una verifica e se possibile una riduzione del rischio; per valori maggiori o uguali a 3,6 il rischio è presente ed è tanto più elevato quanto più elevato è l'indice. Nella Tabella IX vengono riportati i valori dell'indice OCRA (Val. OCRA), i criteri di classificazione dell'indice OCRA (Class. Del rischio) e i conseguenti comportamenti preventivi da adottare.

Tabella IX. Criteri di classificazione dell'indice OCRA e conseguenti comportamenti preventivi

<b>AREA</b>	<b>VAL. OCRA</b>	<b>VALORI CHECK-LIST</b>	<b>CLASS. DEL RISCHIO</b>	<b>AZIONI CONSEGUENTI</b>
<b>Verde</b>	Fino a 1,5	fino a 5	Ottimale	Nessuna
giallo verde	1,6 - 2,2	5,1 - 7,59	Accettabile	Nessuna
<b>Giallo</b>	2,3 - 3,5	7,6 - 11	Rischio incerto molto lieve	Riverifica
<b>Rosso lieve</b>	3,6 - 4,5	11,1 - 14	Lieve	Ridurre il rischio + Sorveglianza Sanitaria + Formazione
<b>Rosso medio</b>	4,6 - 9	14,1 - 22,5	Medio	
<b>Rosso alto</b>	Oltre 9	Oltre 22,5	Intenso	Migliorare + Sorveglianza Sanitaria + Formazione

### **3.5 DESCRIZIONE DEL CAMPIONE OGGETTO DI STUDIO**

In riferimento all'azienda metalmeccanica adibita alla produzione di banchi frigo, i dati raccolti nel corso di questo studio si riferiscono a due gruppi di lavoratori posti a confronto per lo studio delle patologie del rachide: lavoratori esposti e non esposti al rischio di movimentazione manuale dei carichi.

Il campione di soggetti considerato è composto complessivamente da 170 lavoratori dipendenti della ditta, dei quali 122 soggetti sono esposti alla movimentazione manuale dei carichi e 48 non esposti. Le mansioni svolte dal primo gruppo sono: l'assemblaggio, la schiumatura, la preparazione carrelli, la finitura/imballo, l'assemblaggio dei gruppi centrali, la preparazione di evaporatori.

Il secondo gruppo è composto da soggetti facenti parte della stessa azienda come personale amministrativo e quindi non esposto alla movimentazione manuale dei carichi.

In riferimento all'azienda metalmeccanica adibita alla produzione di piani di cottura e forni, i dati raccolti nel corso di questo studio si riferiscono a due gruppi di lavoratori posti a confronto per lo studio delle patologie degli arti superiori: lavoratori esposti e non esposti al rischio di movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.

Il campione di soggetti considerato è composto complessivamente da 89 lavoratori dipendenti della ditta, dei quali 75 soggetti sono esposti a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori e 14 non esposti. Le mansioni svolte dal primo gruppo sono: la preparazione e l'assemblaggio muffole, l'assemblaggio fianchi, l'inserimento dello zoccolo frontale, il centraggio della cucina, l'assemblaggio ed il centraggio dei bruciatori, l'assemblaggio dell'impianto a gas e delle termocoppie, il cablaggio della cucina, il montaggio dei raccogli gocce il montaggio del cassetto e del telaio cruscotto, il centraggio dei bruciatori ed il collaudo, la pulizia dei piani e dei forni, l'assemblaggio delle ghiera e l'imballaggio

Anche in questo caso, il secondo gruppo è composto da soggetti facenti parte della stessa azienda come personale amministrativo e quindi non esposto a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.

In entrambe le aziende i gruppi dei soggetti non esposti sono stati scelti all'interno delle ditte stesse, in modo tale da poter assumere che il campione di soggetti non esposti provenisse dalla medesima popolazione generale dei soggetti esposti.

### 3.6 RACCOLTA DEI DATI CLINICI

L'aspetto clinico è stato valutato con un'intervista composta da tre grossi ambiti: una parte anagrafica, una parte clinica con raccolta dei sintomi e una parte con raccolta delle informazioni riguardanti le patologie già note.

L'intervista è stata effettuata in entrambi i due gruppi, esposti e non esposti, seguendo il medesimo protocollo.

- Nella parte anagrafica sono state raccolte: data di nascita, età, sesso, altezza, peso, abitudine al fumo, data di assunzione, l'anzianità lavorativa, mansione attuale e pregressa, la presenza di precedenti lavori a rischio (MMC, vibrazioni e movimenti ripetuti arti superiori), precedenti infortuni, traumi/fratture e sport.
- La raccolta della sintomatologia è stata eseguita utilizzando come schema quello fornito negli allegati delle linee guida per l'arto superiore (Apostoli et al., 2003) e per il rachide (Colombini et al., 2004). È stata indagata la presenza di sintomi negli ultimi 6/12 mesi rispettivamente al rachide o all'arto superiore; sono state effettuate domande relative alla presenza di dolore alla spalla, al gomito, alla mano/polso, alla presenza di parestesia notturne e diurne; la medesima indagine è stata eseguita per il rachide (cervicale, dorsale e lombare), per il quale oltre al dolore è stata valutata anche la presenza di fastidio o rigidità.

All'interno di tutti i soggetti sintomatici è stata fatta una distinzione tra quelli con soglia positiva rispetto a quelli con disturbi minori. Per soglia anamnestica positiva agli arti superiori si intende la presenza di: dolore continuo oppure almeno 1 settimana di dolore negli ultimi 12 mesi oppure dolore presente almeno una volta al mese negli ultimi 12 mesi. Per soglia anamnestica positiva al rachide si intende la presenza di: dolore/fastidio pressoché tutti i giorni negli ultimi 12 mesi o dolore a episodi (3-4 episodi di 2-3 giorni; 10 episodi di 1 giorno; 8 episodi di 2 giorni; 2 episodi di 30 giorni; 1 episodio di 90 giorni).

- L'ultima parte dell'indagine clinica verteva sulla raccolta della documentazione sanitaria relativa a patologie già note del rachide (ernia del disco, protrusioni discali, spondilolisi e/o spondilolistesi, spondilodiscoartrosi) e dell'arto superiore (Sindrome della cuffia dei rotatori, epicondilite, Sindrome di De Quervain, Sindrome del tunnel carpale), con data di insorgenza e relativo referto.

### **3.7 SCHEMI DI REALIZZAZIONE DEL PROGETTO E DEGLI INTERVENTI PROPOSTI**

In riferimento all'azienda metalmeccanica adibita alla produzione di banchi frigo, il progetto è stato realizzato in tre fasi successive.

Nella prima fase è stata eseguita una valutazione del rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi ed una prima indagine clinica, che ha coinvolto complessivamente 170 dipendenti, 122 dei quali esposti al rischio oggetto dell'indagine e 48 non esposti. In questa fase è stato fatto un confronto tra i due gruppi (esposti e non esposti), al fine di valutare l'effetto dell'esposizione al suddetto fattore di rischio.

Nella seconda fase sono stati realizzati degli interventi di tipo ergonomico, mediante la realizzazione di ausili meccanici per il sollevamento, che hanno consentito una riduzione del rischio nelle postazioni di lavoro caratterizzate da Indici di Sollevamento Composto più elevati.

Nella terza fase, dopo sei mesi dalla realizzazione degli interventi, è stata eseguita una nuova indagine clinica, che ha coinvolto solo il gruppo dei 122 soggetti esposti. In particolare è stato fatto il confronto tra 14 soggetti che nei 6 mesi antecedenti alla valutazione clinica hanno lavorato nelle postazioni modificate (Gruppo di Intervento), con 108 soggetti che nel medesimo periodo di tempo hanno lavorato nelle postazioni che non sono state sottoposte a modifiche (Gruppo di Controllo).

Anche nel caso dell'azienda metalmeccanica adibita alla produzione di piani di cottura e forni, il progetto è stato realizzato in tre fasi successive.

Nella prima fase è stata eseguita una valutazione del rischio derivante da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori ed una prima indagine clinica, che ha coinvolto complessivamente 89 dipendenti, 75 dei quali esposti al rischio oggetto dell'indagine e 14 non esposti. Anche in questo caso è stato fatto un confronto tra i due gruppi, al fine di valutare l'effetto dell'esposizione al suddetto fattore di rischio.

Nella seconda fase è stato identificato, tra i soggetti esposti, un gruppo di 24 volontari che per 5 mesi (3 volte alla settimana, per 30 minuti) ha svolto, presso l'azienda stessa, un programma di attività motoria compensativa ed adattata, con la guida di personale qualificato.

Nel corso di tale programma, definito in base a quanto emerso dalla valutazione del rischio, sono stati proposti esercizi base di rilassamento, mobilizzazione, percezione e rieducazione motoria, stretching ed allungamento muscolare, forza sia per l'arto superiore che

per la colonna cervicale. In particolare per ciascun volontario sono stati identificati alcuni esercizi considerati più idonei ed utili, con i quali è stata realizzata una scheda personale, da seguire durante le lezioni, sempre sotto la supervisione dell'insegnante.

Nella terza fase, al termine del programma di attività motoria (conclusosi dopo 12 mesi dalla prima valutazione clinica), è stata eseguita una nuova indagine clinica, che ha coinvolto solo il gruppo dei 75 soggetti esposti. In particolare è stato fatto il confronto tra i 24 soggetti che ha partecipato al programma di attività motoria (Gruppo Attività Motoria), con i 51 soggetti che non ha partecipato al programma di attività motoria (Gruppo di Controllo). Entrambi i gruppi hanno sempre continuato a lavorare nelle medesime condizioni di rischio precedentemente valutate.

### 3.8 ANALISI STATISTICA

Nell'analisi statistica si sono descritte le variabili quantitative mediante media aritmetica e deviazione standard, con l'indicazione del valore mediano nel caso di non normalità della distribuzione. La normalità della distribuzione delle variabili quantitative è stata verificata mediante l'applicazione del test di Shapiro-Wilk. Per le variabili qualitative si sono costruite le distribuzioni di frequenza.

Le analisi sono state eseguite separatamente per soggetti esposti e non esposti, o per soggetti trattati e non trattati. La significatività delle differenze tra medie è stata valutata mediante l'applicazione del test  $t$  di Student, applicato per dati indipendenti o per dati appaiati, o mediante il test non parametrico di Wilcoxon della somma dei ranghi (nel primo caso) o dei ranghi con segno (nel secondo caso), applicato quando opportuno. La differenza tra distribuzioni di frequenza, per campioni indipendenti, è stata valutata mediante il test  $\chi$  quadrato o mediante il test di Fisher (quando il test precedente risultava non applicabile), mentre per campioni appaiati è stato applicato il test di Mc Nemer. Ove opportuno, anche in assenza di significatività mediante questi due test, si è potuto dimostrare un trend lineare statisticamente significativo mediante il test trend di Cochran-Armitage.

Lo studio ha prodotto stime di prevalenza per le patologie da sovraccarico biomeccanico del rachide e dell'arto superiore e per i sintomi associati nei due gruppi di soggetti utilizzando i dati relativi al momento dell'intervista (fase trasversale). Sugli stessi dati sono stati calcolati gli Odds Ratio (OR) (con Intervallo di Confidenza al 95%, IC95%) per le patologie oggetto di studio confrontando i soggetti esposti (a movimentazione manuale dei carichi, movimenti e a sforzi ripetuti dell'arto superiore) con i soggetti impegnati in attività amministrative. Gli OR e i relativi IC95% sono stati calcolati mediante l'applicazione di modelli di regressione logistica. Gli OR sono stati aggiustati per età, sesso, BMI (Body Mass Index) e precedenti lavori a rischio.

L'analisi statistica dei dati è stata effettuata utilizzando il software SAS versione 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA). In tutti i test la significatività statistica è stata individuata mediante valori di  $p < 0,05$ .

## **RISULTATI**

### **4.1 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO NELL'AZIENDA METALMECCANICA SPECIALIZZATA NEL CAMPO DELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE**

In fase preliminare sono state individuate le linee e le postazioni di assemblaggio dei modelli maggiormente rappresentativi della produzione aziendale. In particolare:

1. in rappresentanza della famiglia Banchi Frigo Verticali è stata valutata tutta la linea di produzione del modello Berlino (tale modello costituisce il 26% dei prodotti realizzati appartenenti a tale famiglia);
2. in rappresentanza della famiglia Banchi Frigo Vetrine è stata valutata tutta la linea di produzione del modello Sydney (tale modello costituisce il 44% dei prodotti realizzati appartenenti a tale famiglia);
3. in rappresentanza della famiglia Banchi Frigo Isole è stata valutata tutta la linea di produzione del modello Malmoe (tale modello costituisce il 20% dei prodotti realizzati appartenenti a tale famiglia).

La famiglia Banchi Frigo Semi Verticali viene ricompresa nella famiglia Banchi Frigo Verticali. Inoltre, è necessario evidenziare che, a titolo cautelativo, sono stati valutati i modelli nella versione di maggiore dimensione e cioè quelli di lunghezza pari a 3,75 metri pur essendo presenti nella produzione versioni di lunghezza inferiore (metri 2,5 – 1,8 – 1,25).

Durante i sopralluoghi sono stati raccolti i dati relativi agli oggetti movimentati, in particolare sono stati presi in considerazione i pesi superiori ai 3 Kg e il numero di oggetti movimentati nel turno da un singolo operatore o da più operatori. Per ciascuna postazione lavorativa sono state rilevate le variabili necessarie per il calcolo dell'indice NIOSH. Inoltre con l'ausilio di riprese filmate effettuate durante le attività di movimentazione, sono stati studiati con maggior precisione i compiti eseguiti.

La valutazione relativa al rischio da movimentazione manuale dei carichi è stata eseguita nelle seguenti postazioni:

#### ASSEMBLAGGIO BANCHI VERTICALI

Berlino 3750 preparazione evaporatore  
Berlino 3750 Preparazione carrello schiumatura  
Berlino 3750 Schiumatura  
Berlino 3750 Preparazione carrello F1 F4  
Berlino 3750 Prefase  
Berlino 3750 Fase 1  
Berlino 3750 Fase 2  
Berlino 3750 Fase 3  
Berlino 3750 Fase 4  
Berlino 3750 Personalizzazione  
Berlino 3750 Finitura - Imballo  
Berlino 3750 Montaggio spalla vetrocamera

#### ASSEMBLAGGIO LINEE VETRINE

Sidney 3750/90, Assemblaggio evaporatori peso medio e peso massimo  
Sidney 3750/90, Schiumatura  
Sidney 3750/90, Fase I  
Sidney 3750/90, Fase II  
Sidney 3750/90, Fase III  
Sidney 3750/90, Personalizzazione  
Sidney 3750/90, Finitura – Imballo

#### PRODUZIONI IMPIANTI

Assemblaggio centrali, centrale HPF 4 ventilatori  
Assemblaggio centrali, unità chiusa  
Assemblaggio centrali, unità aperta  
Assemblaggio gruppi UCE, preparazione materiale

#### LAVORAZIONE LAMIERA

Rivettatura

Lavorazione lamiera – cambio coltelli pressa P 11

Lavorazione lamiera – piegatura pressa P11

### ASSEMBLAGGIO LINEE BASSA TEMPERATURA

Assemblaggio evaporatori linee BT

Malmoe 3750 Schiumatura

Malmoe 3750 Prefase

Malmoe 3750 Fase 1

Malmoe 3750 Fase 2

Malmoe 3750 Fase 3

Malmoe Preparazione carrello personalizzazione

Malmoe 3750 Fase 4 personalizzazione

Malmoe 3750 Finitura - Imballo

Perth 3750 Fase 1

Perth 3750 Fase 2

Perth 3750 Fase 3

Perth 3750 Fase 4

Perth 3750 Fase 5

Perth 2500 Personalizzazione

Perth 3750 Finitura – Imballo

Magazzino BT Preparazione carrelli Carico commissionatore

Magazzino BT Preparazione carrelli Scarico commissionatore

Magazzino BT Sbancamento paracolpi

Magazzino BT Sbancamento ventilatori

Movimentazione Vetrocamere

## INDICATORI SINTETICI DI RISCHIO NIOSH

La Tabella X riassume gli indici di sollevamento composto, per postazione e per linea, suddivisi per sesso. I risultati riportati indicano il sub-compito che ha contribuito in modo preponderante alla determinazione l'Indice di Sollevamento Composto (ISC), per ciascun sub-compito sono state evidenziate le variabili e i relativi fattori moltiplicativi. Tali risultati sono stati successivamente analizzati per singola linea.

Tabella X - Indici di Sollevamento Composto (e relative variabili) suddivisi per linea e sesso delle postazioni analizzate.

Postazione	Peso	Fattore Altezza	Fattore Dislocazione Verticale	Fattore Distanza Orizzontale	Indice NIOSH	
					Uomini	Donne
<b>ASSEMBLAGGIO BANCHI VERTICALI</b>						
Berlino 3750 preparazione evaporatore**	34,5	0,75	0,9	0,66	1,93	2,41
Berlino 3750 preparazione carrello schiumatura**	20,5	0,73	0,92	0,71	1,06	1,32
Berlino 3750 schiumatura**	18,5	0,87	0,91	0,42	1,4	1,75
Berlino 3750 preparazione carrello F1- F4	17	0,72	1	0,63	1,6	2
Berlino 3750 prefase	17	0,84	0,97	0,83	1,06	1,33
Berlino 3750 fase 1	13,5	0,72	0,9	0,71	1,24	1,55
Berlino 3750 fase 2**	15	0,75	1	0,83	0,6	0,75
Berlino 3750 fase 3**	13	0,81	1	0,63	0,64	0,8
Berlino 3750 fase 4	5,5	0,81	0,93	0,83	0,37	0,46
Berlino 3750 personalizzazione**	36,5	0,87	1	0,83	1,24	1,55
Berlino 3750 finitura/imballo	8,5	0,98	0,94	0,45	0,86	1,07
Berlino 3750 montaggio spalla vetrocamera**	40	0,96	0,99	0,71	1,46	1,83
<b>ASSEMBLAGGIO LINEE VETRINE</b>						
Sydney 3750/90 assemblaggio evaporatori peso medio**	17,5	0,75	0,92	0,76	0,84	1,05
Sydney 3750/90 assemblaggio evaporatori peso massimo **	28	0,75	0,92	0,76	1,34	1,67
Sydney 3750/90 schiumatura**	19,5	0,97	0,97	0,71	0,72	0,9
Sydney 3750/90 fase 1*	6,5	0,78	1	0,52	1,12	1,40
Sydney 3750/90 fase 2	7	0,75	0,87	0,4	1,13	1,41
Sydney 3750/90 fase 3	8,5	0,78	1	0,45	1,02	1,27
Sydney 3750/90 personalizzazione	19,5	0,88	1	0,63	0,88	1,1
Sydney 3750/90 finitura/imballo	26	0,99	1	0,5	2,22	2,78

Continua alla pagina successiva

Postazione	Peso	Fattore Altezza	Fattore Dislocazione Verticale	Fattore Distanza Orizzontale	Indice NIOSH	
					Uomini	Donne
<b>ASSAMBLAGGIO LINEE BASSA TEMPERATURA</b>						
Assemblaggio evaporatori linee BT**	25,5	0,87	0,87	0,63	1,34	1,67
Malmoe 3750 schiumatura	13,5	0,87	1	0,83	0,79	0,99
Malmoe 3750 prefase	11,5	0,72	0,89	0,68	1,11	1,39
Malmoe 3750 fase 1**	42,5	0,89	1	0,71	1,66	2,07
Malmoe 3750 fase 2	10	0,79	0,88	0,71	0,84	1,05
Malmoe 3750 fase 3**	48	0,9	1	0,63	2,13	2,66
Malmoe preparazione carrello personalizzazione	17	0,79	1	0,83	1,09	1,36
Malmoe 3750 fase 4 personalizzazione**	23	0,81	0,97	0,56	1,31	1,64
Malmoe 3750 finitura/imballo	10,5	0,90	0,92	0,42	1,29	1,61
Perth fase 1	13,5	0,97	0,89	0,50	1,32	1,65
Perth fase 2	10,5	0,75	0,87	0,50	1,35	1,68
Perth fase 3	19	0,96	0,93	0,71	0,74	0,92
Perth fase 4**	48	0,83	1	0,42	3,45	4,32
Perth fase 5	7,5	0,88	0,95	0,42	0,91	1,13
Perth personalizzazione**	33	0,7	1	0,76	1,54	1,93
Perth finitura - imballo	20	0,93	0,97	0,83	0,66	0,83
Magazzino BT preparazione carrelli Carico commissionatore	11	0,81	1	0,45	1,27	1,58
Magazzino BT preparazione carrelli Scarico commissionatore	11	0,85	0,95	0,45	1,26	1,58
Magazzino BT sbancamento paracolpi	11,5	0,96	0,99	0,63	0,82	1,03
Magazzino BT sbancamento ventilatori	12	0,96	0,88	0,42	1,44	1,8
Movimentazione vetrocamere BT**	32	0,93	1	0,5	1,81	2,26
<b>PRODUZIONI IMPIANTI</b>						
Assemblaggio centrali, centrale HPF 4 ventilatori	15	0,78	1	0,63	1,3	1,63
Assemblaggio centrali, unità chiusa	12,5	0,97	1	0,42	1,31	1,63
Assemblaggio centrali, unità aperta	11,5	0,99	1	0,5	0,98	1,23
Assemblaggio gruppi UCE, preparazione materiale	21,5	0,88	0,90	0,46	2,71	3,39
<b>LAVORAZIONE LAMIERA</b>						
Rivettatura**	19	0,75	0,91	0,63	1,11	1,39
Lavorazione lamiera - cambio coltelli pressa P11 (cambio lame TAB)	36,5	0,86	1	0,71	2,5	3,13
Lavorazione lamiera – piegatura pressa P11	21	0,82	0,93	0,93	0,92	1,15

LEGENDA:\* operatore movimentata il carico con un solo arto; \*\* due operatori sono coinvolti nella movimentazione del carico.

Nella Tabella XI sono riportate le medie dei singoli fattori che hanno contribuito a determinare l'ISC.

Tabella XI - Valori medi di Fattore Altezza (FA), Fattore Dislocazione Verticale (FB), Fattore Distanza Orizzontale (FC) calcolati su tutte le linee.

	Fattore Altezza (FA)	Fattore Dislocazione Verticale (FB)	Fattore Distanza Orizzontale (FC)
Linea Berlino	0,82	0,96	0,7
Linea Malmoe	0,86	0,95	0,6
Linea Perth	0,87	0,95	0,57
Linea Sydney	0,83	0,95	0,6
Assembl centr	0,91	0,98	0,5
Lavorazione lam	0,81	0,95	0,76

### **Linea Berlino**

Di questa linea sono state analizzate 12 postazioni relative a diverse mansioni (denominate): preparazione evaporatore; preparazione carrello schiumatura; preparazione carrello F1 - F4; schiumatura; prefase; 4 fasi di assemblaggio; personalizzazione; finitura/imballo e montaggio della vetrocamera. Per otto postazioni è risultato un rischio presente ( $> 1$ ) per entrambi i sessi, 1 postazione con rischio dubbio/significativo per i maschi e presente per le femmine e 3 postazioni con rischio tollerabile.

Da quanto si evince dalla Tabella X, la postazione maggiormente a rischio è risultata essere quella denominata “preparazione evaporatore” (eseguita da due operatori) con un ISC di pari a 1,93 per i maschi e 2,41 per le femmine. Questo risultato è dovuto principalmente al peso rilevante dell’evaporatore movimentato (peso = 34,5 Kg) ed al fatto che tale oggetto viene tenuto a 38 cm di distanza dal corpo (fattore orizzontale = 0,66).

Anche la mansione denominata “preparazione del carrello F1 - F4” è una mansione alla quale è opportuno prestare attenzione, in quanto l'Indice di Sollevamento Composto è pari a 1,6 per i maschi e pari a 2 per le femmine. Tale risultato è imputabile al peso di alcuni oggetti movimentati (compreso tra i 12 ed i 17 Kg) ed alla distanza da corpo con cui vengono tenuti tali oggetti.

Un'altra mansione non trascurabile è quella denominata "montaggio spalla vetrocamera" (peso = 40 Kg), che sebbene movimentata da due operatori, è caratterizzata da un ISC pari a 1,46 per i maschi e 1,83 per le femmine.

Le postazioni a minor rischio sono quelle relative alle fasi 2 - 3 - 4 dell'assemblaggio, caratterizzate da un ISC che assume valori compresi tra 0,37 e 0,8, comunque inferiori a 0,85 sia per gli uomini che per le donne.

Il fattore che ha influenzato maggiormente i risultati in questa la linea, è stato il Fattore Distanza Orizzontale (FC).

Da quanto appare evidente dalla Tabella XI questo ha un valore medio pari a 0,7 calcolata su tutte le postazioni della Linea Berlino, con un valore demoltiplicativo massimo pari a 0,42 e un valore demoltiplicativo minimo pari a 0,93.

Anche il Fattore Altezza (FA) ha inciso nel calcolo degli Indici di Sollevamento Composto in quanto il suo valore medio pari a 0,82, con valore demoltiplicativo massimo di 0,73 e minimo di 0,92.

## **Linea Malmoe**

Questa linea si trova all'interno del Magazzino BT ed è caratterizzata dallo svolgimento di 14 mansioni denominate: preparazione evaporatore; preparazione carrelli carico e scarico commissionatore; sbancamento paracolpi e ventilatori; movimentazione vetrocamere; schiumatura; preparazione carrello personalizzazione; prefase; fasi dalla 1 alla 4 e finitura/imballo. Per 6 postazioni è risultato un rischio presente ( $> 1$ ) per entrambi i sessi, 1 postazione con rischio tollerabile per i maschi e dubbio/significativo per le femmine, 1 postazione con rischio tollerabile per i maschi e presente per le femmine.

Alcune di queste mansioni vengono svolte anche da operatori addetti alla Linea Perth, anch'essa contenuta all'interno del Magazzino BT.

La postazione maggiormente a rischio è risultata essere quella denominata la "Fase 3", caratterizzata da ISC pari a 2,13 per i maschi e 2,66 per le femmine. In particolare questo risultato è dovuto alla movimentazione della vetrocamera (peso = 48 Kg), che viene tenuta a 40 cm dal corpo (Fattore Distanza Orizzontale = 0,63).

In generale la movimentazione delle vetrocamere, all'interno del Magazzino BT, risulta essere un compito al quale prestare particolare attenzione in quanto caratterizzato da un ISC pari a 1,81 per i maschi e 2,26 per le femmine. Questo risultato è dovuto sia al peso delle

vetrocamere sia alla distanza dal corpo con cui queste vengono movimentate (Fattore Distanza Orizzontale = 0,50).

Un'altra mansione da non trascurare è quella denominata "Fase 1", in quanto l'ISC per i maschi è pari a 1,66 mentre quello per le femmine è pari a 2,07. Tale valore è determinato principalmente dalla movimentazione, da parte di due operatori, dell'evaporatore (peso = 42,5 Kg) che viene tenuto ad una distanza di 35 cm dal corpo (Fattore Distanza Orizzontale = 0,71).

La postazione con minor rischio è quella denominata "Schiumatura", con un ISC pari a 0,79 per gli uomini e di 0,99 per le donne, mentre tutte le altre postazioni hanno un ISC > 1 sia per i maschi che per le femmine, ad eccezione delle postazioni denominate "Fase 2" e "Sbancalamiento paracolpi" in cui l'ISC è risultato essere < 0,85 per i maschi, mentre è > 1 per le femmine.

Lungo tutta questa linea, il Fattore Distanza Orizzontale (FC) ha influenzato negativamente la determinazione dell'Indice di Sollevamento in maniera determinante. Infatti suddetto fattore ha un valore medio, calcolato su tutte le postazioni, pari a 0,6, con un valore demoltiplicativo massimo pari a 0,42 ed un valore demoltiplicativo minimo di 0,83.

## **Linea Perth**

Questo modello di banco-frigo viene prodotto all'interno del medesimo Magazzino BT in cui viene prodotto il precedente. Per tale motivo entrambi i modelli hanno delle fasi in comune.

Anche questa linea consiste di 13 fasi, di cui 6 sono in comune con la linea descritta in precedenza, le altre 7 fasi indipendenti sono quelle denominate: le fasi di assemblaggio dalla 1 alla 5; la personalizzazione e la finitura/imballo. Per 4 postazioni è risultato un rischio presente (> 1) per entrambi i sessi, 1 postazione tollerabile per entrambi i sessi, 1 postazione con rischio tollerabile per i maschi e dubbio/significativo per le femmine, 1 postazione con rischio dubbio/significativo per i maschi e presente per le femmine.

Da quanto si evince dalla Tabella X, la postazione più a rischio è quella denominata "fase 4" in cui l'ISC è pari a 3,45 per i maschi e 4,32 per le femmine. Nella determinazione di un valore così elevato è risultata essere particolarmente importante la movimentazione della vetrocamera (peso = 48 Kg), che viene tenuta ad una distanza pari a 60 cm dal corpo (Fattore Distanza Orizzontale = 0,42).

Anche la postazione denominata “Personalizzazione” costituisce una mansione da non trascurare in quanto caratterizzata da un ISC pari a 1,54 per i maschi e 1,93 per le femmine. Tale valore è dovuto alla movimentazione della spalla (peso = 33 Kg), sebbene venga eseguita da due operatori. Nella postazione denominata “Fase 5” il valore dell’indicatore di rischio per i maschi (ISC = 0,91) è tale da richiedere attenzione, mentre per la femmine (ISC = 1,13) indica la presenza di un rischio.

Nella postazione denominata “finitura/imballo” il rischio è assente per entrambi i sessi, così come nella postazione denominata “Fase 3”, per quanto in quest’ultima il rischio sia comunque tale da richiedere attenzione per le femmine (ISC = 0,92). In generale per questa linea gli Indici di Sollevamento Composto sono stati influenzati negativamente dal Fattore Distanza Orizzontale che, per questa linea, ha un valore medio pari a 0,57.

## **Linea Sydney**

Questa linea prevede 7 fasi: la Preparazione di Evaporatori, la Schiumatura, le fasi di assemblaggio comprese tra la Fase 1 e 3, la Personalizzazione e la Finitura/imballo. Per 5 postazioni è risultato un rischio presente ( $> 1$ ) per entrambi i sessi, 1 postazione con rischio tollerabile per i maschi e dubbio/significativo per le femmine, 1 postazione con rischio tollerabile per i maschi e presente per le femmine, 1 postazione con rischio dubbio/significativo per i maschi e presente per le femmine.

Per questa linea l'indice di Sollevamento Composto (ISC) della Preparazione Evaporatori è stato calcolato, sia con il peso medio degli evaporatori sia con il peso massimo. L'ISC più elevato è quello della Fase di Finitura/imballo, esso risulta essere di 2,22 per gli uomini di 2,78 per le donne. Il risultato di questa postazione è dovuto alla movimentazione della vetrocamera (peso = 26 Kg), che viene depositata ad una distanza orizzontale di 50 cm dal corpo (Fattore Distanza Orizzontale = 0,50).

L'assemblaggio degli evaporatori con peso medio ha un ISC tale da non costituire un rischio per i maschi (0,84), mentre per le femmine l'ISC è pari a 1,05. Anche la Schiumatura non costituisce una mansione rischio per i maschi (ISC  $< 0,85$ ) mentre per le femmine il rischio è tale da richiedere attenzione (ISC = 0,90). La Personalizzazione è una mansione con un ISC tale da richiedere attenzione per i maschi (ISC = 0,88), mentre per le femmine l'ISC è

pari a 1,1. L'ISC in questa linea è influenzato in maniera particolare dal Fattore Distanza Orizzontale, che ha un valore medio di 0,6.

## **Produzione Impianti**

Qui avviene l'assemblaggio delle centrali per tutte e 4 le linee sopraindicate. Vengono assemblate 4 tipologie di centrali: quelle ad unità aperta, quelle ad unità chiusa, quelle a 4 ventilatori e l'assemblaggio dei gruppi UCE. Per 3 postazioni è risultato un rischio presente ( $> 1$ ) per entrambi i sessi, 1 postazione con rischio dubbio/significativo per i maschi e presente per le femmine.

La postazione più a rischio è risultata essere quella che prevede l'assemblaggio dei gruppi UCE, in quanto ha un ISC che è risultato essere pari a 2,71 per gli uomini e a 3,39 per le donne. Questo risultato è dovuto principalmente alla movimentazione del compressore del peso di 21,5 kg che viene tenuto a 54 cm di distanza dal corpo (Fattore Distanza Orizzontale = 0,46) e che viene prelevato ad una altezza minima da terra di 35 cm (Fattore Altezza = 0,88).

L'assemblaggio delle centrali ad unità aperta è caratterizzato da un ISC tale da non costituire un rischio per gli uomini (ISC = 0,98), ma comunque tale da richiedere attenzione; mentre per le femmine l'ISC è risultato essere pari a 1,23. Questo risultato è dovuto alla movimentazione del basamento (peso = 16 kg) e del ricevitore (peso = 11,5 kg). Quest'ultimo in particolare viene tenuto a 50 cm di distanza dal corpo (Fattore Distanza Orizzontale) = 0,50. Complessivamente l'ISC è risultato essere influenzato principalmente dal Fattore Distanza Orizzontale con valore medio di 0,50.

## **Lavorazione Lamiera**

Qui vengono preparate, rivettate e piegate le lamiere per le 4 linee sopra descritte; vengono inoltre cambiate manualmente le lame della pressa.

Sono presenti 3 postazioni: rivettatura, lavorazione lamiera - cambio coltelli pressa P11, lavorazione lamiera - piegatura pressa P11. Per 2 postazioni è risultato un rischio presente ( $> 1$ ) per entrambi i sessi, 1 postazione con rischio dubbio/significativo per i maschi e presente per le femmine.

La postazione con ISC maggiore è la lavorazione lamiera - cambio coltelli pressa P11; qui l'ISC è risultato essere pari a 2,50 per i maschi e a 3,13 per le femmine. Questo risultato è dovuto alla movimentazione della lama "cava da 50 per tonni" (peso = 36,5 kg) che viene tenuta, da un solo operatore, a 35 cm di distanza dal corpo (FC = 0,71).

La lavorazione lamiera - piegatura pressa P11 è caratterizzata da un rischio tale da richiedere attenzione per i maschi (ISC = 0,92) e da un ISC pari a 1,15 per le femmine. In questa linea ci sono due fattori che influenzano significativamente l'ISC: il peso dei pezzi che mediamente è di 25,5 kg e il Fattore Distanza Orizzontale che assume il valore medio di 0,76.

Nella tabella XII sono riportati Indici di Sollevamento Composto (ISC) suddivisi per sesso delle postazioni analizzate, prima e dopo la realizzazione degli interventi di tipo ergonomico. Da quanto si può notare dalla tabella: in tre casi il rischio è stato ridotto a valori inferiori a 1,15 per gli uomini e a 1,44 per le donne, in un caso i valori di ISC sono passati da 2,13 a 0,38 per gli uomini e da 2,66 a 0,47 per le donne, mentre in due casi il rischio è stato annullato.

Tabella XII: Indici di Sollevamento Composto (ISC) suddivisi per sesso delle postazioni analizzate, prima e dopo la realizzazione degli interventi di tipo ergonomico

<b><i>INTERVENTIO di tipo ERGONOMICO:</i></b>	Indice NIOSH (ISC)			
	<b>PRE INTERVENTO</b>		<b>POST INTERVENTO</b>	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Perth fase 4	3.45	4.32	1.07	1.34
Assemblaggio UCE, Preparazione materiale	2.71	3.39	1.12	1.41
Malmoe 3750 fase 3	2.13	2.66	0.38	0.47
Movimentazione vetrocamere BT	1,81	2,26	0	0
Assemblaggio Evaporatori linee BT	1.34	1.67	0	0
Malmoe 3750 fase 4 Personalizzazione	1.31	1.64	1.15	1.44

## 4.2 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE CLINICA NELL'AZIENDA METALMECCANICA SPECIALIZZATA NEL CAMPO DELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE PRE INTERVENTO

In questa fase, antecedente alla realizzazione degli interventi ergonomici proposti, è stato fatto il confronto tra un gruppo di 122 soggetti esposti alla movimentazione manuale dei carichi, con un gruppo di 48 soggetti non esposti (impiegati amministrativi).

Attraverso l'analisi statistica sono state descritte le caratteristiche generali dei soggetti studiati, separatamente per gruppo di esposizione, verificando la significatività delle differenze tra i due gruppi.

I risultati di questa prima fase di analisi relativi a dati quantitativi sono stati riportati in Tabella XIII, dalla quale si evince che non sono emerse differenze statisticamente significative per quanto riguarda l'età e l'altezza. Più significative sono le differenze di peso e Body Mass Index, risultati essere più elevati nel gruppo di persone esposte.

Tabella XIII - Variabili quantitative

	ESPOSTI n = 122 media (DS)	NON ESPOSTI n = 48 media (DS)	p
Età (anni)	37.2 ± 9.5	37.6 ± 6.6	0.94
Altezza (cm)	174.4 ± 8.6	172.4 ± 8.2	0.35
Peso (Kg)	77.3 ± 14.1	68.9 ± 11.5	0.001
BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	25.6 ± 4.00	23.1 ± 2.6	0.0002
Anzianità aziendale (mesi) [mediana]	78 (Q <sub>1</sub> = 45; Q <sub>3</sub> = 138)	128,5 (Q <sub>1</sub> = 86; Q <sub>3</sub> = 169)	0,003

I risultati dell'analisi statistica relativi alle caratteristiche qualitative dei due gruppi di soggetti sono riportati in Tabella XIV.

Dal confronto è emersa una differenza statisticamente significativa per quanto concerne il sesso ( $p = 0,01$ ) e lo svolgimento di pregresse attività lavorative con esposizione a fattori di rischio ( $p < 0,0001$ ), in particolare a Movimentazione Manuale dei Carichi ( $p < 0,0001$ ). Infatti, tra i lavoratori esposti, vi è un rapporto maschi/femmine (97:25) maggiore rispetto ai non esposti (29:19). Un'altro dato che è distintivo della popolazione degli esposti è che il 42,6% di essi hanno svolto precedenti lavori a rischio, in particolare Movimentazione Manuale dei Carichi (41,8%).

Tabella XIV - Variabili qualitative

	ESPOSTI n = 122 n %	NON ESPOSTI n = 48 n %	p
Sesso (M/F)	97 : 25	29 : 19	0.01
Fumo	27.9	27.1	0.92
Hobby/Sport	46.9	62.8	0.08
Familiarità ernia al disco	23.0	20.8	0.77
Precedenti infortuni	48.7	60.5	0.19
Precedenti lavori a rischio	42.6	10.4	< 0.0001
MMC	41.8	10.4	< 0.0001
Vibrazioni	3.3	0.0	0.99

La Tabella XV descrive le distribuzioni per classi di età nei due gruppi. I lavoratori esposti presentano una distribuzione omogenea per le varie classi di età, mentre per quanto riguarda i soggetti non esposti le fasce di età più rappresentate sono quelle tra i 30 e i 36 anni (45,8%) e tra i 37 e i 45 anni (37,5%). Pertanto la distribuzione in classi di età è risultata significativamente differente tra esposti e non esposti, con un valore di p pari a 0,001 (calcolato su dati dicotomizzati sulla base della classe mediana, a causa della scarsa numerosità di ciascuna classe).

Tabella XV - Classi di età (p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana)

CLASSI DI ETA'	ESPOSTI n = 122 n (%)	NON ESPOSTI n = 48 n (%)
21 - 29	32 (26.2)	3 (6.3)
30 - 36	28 (23.2)	22 (45.8)
37 - 45	35 (28.7)	18 (37.5)
46 - 49	27 (22.1)	5 (10.4)
p = 0.001		

In Tabella XVI è stata riportata la distribuzione di frequenza in base all'anzianità aziendale calcolata in mesi. Da questa tabella si nota come il 54,2% dei soggetti non esposti si concentri nella fascia di chi lavora da più di 128 mesi in questa ditta, mentre il gruppo dei lavoratori esposti si distribuisce omogeneamente tra le varie fasce di anzianità lavorativa. I due gruppi sono quindi differenti per anzianità aziendale (p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana).

Tabella XVI - Classi di anzianità aziendale

CLASSI DI ETA'	ESPOSTI n = 122 n (%)	NON ESPOSTI n = 48 n (%)
≤ 44 mesi	27 (22.1)	7 (14.6)
45 - 88 mesi	36 (29.5)	6 (12.5)
89 - 127 mesi	27 (22.1)	9 (18.8)
≥ 128 mesi	32 (26.2)	26 (54.2)
p = 0.005		

Qui di seguito vi sono alcune tabelle che riguardano unicamente il gruppo dei lavoratori esposti.

Nella Tabella XVII è stata riportata l'esposizione lavorativa in ditta, tale tabella esprime in fasce di mesi il periodo in cui i lavoratori hanno svolto mansioni a rischio.

Tabella XVII - Esposizione lavorativa in ditta

CLASSI DI ESPOSIZIONE LAVORATIVA	ESPOSTI n = 122 n (%)
≤ 44 mesi	49 (40.2)
45 – 88 mesi	31 (25.4)
89 – 127 mesi	18 (14.8)
≥ 128 mesi	24 (19.7)

In Tabella XVIII è stata riportata la distribuzione di frequenza in base all'esposizione lavorativa complessiva al rischio, quest'ultima è stata calcolata in base alla somma dei mesi nei quali un soggetto ha lavorato in determinate mansioni a rischio, all'interno dell'azienda nella quale sono attualmente impiegati, sommate con i mesi in cui il medesimo soggetto ha svolto precedenti lavori a rischio.

Tabella XVIII - Esposizione lavorativa complessiva

CLASSI DI ESPOSIZIONE LAVORATIVA	ESPOSTI n = 122 n (%)
≤ 44 mesi	30 (24.6)
45 – 88 mesi	23 (18.9)
89 – 127 mesi	29 (23.8)
≥ 128 mesi	40 (32.8)

Nella tabella XIX sono riportati i dati relativi alla prevalenza dei sintomi con soglia anamnestica positiva (relativa al dolore, al fastidio o alla rigidità), a carico dei diversi tratti del rachide. Da quanto appare evidente dalla tabella, non sono presenti tra i due gruppi differenze statisticamente significative sia per quanto riguarda i sintomi cervicali, sia per quanto riguarda i sintomi dorsali. Esiste tuttavia una differenza statisticamente significativa in riferimento ai sintomi lombari. In particolare il 35,3% dei soggetti esposti e l'8,3% dei soggetti non esposti riferiscono una sintomatologia con soglia anamnestica positiva.

Tabella XIX - Prevalenza dei sintomi con soglia positiva

	ESPOSTI n = 122 n (%)	NON ESPOSTI n = 48 n (%)	p
Sintomi Cervicali	23 (18,9%)	8 (16,7%)	0,74
Sintomi Dorsali	17 (13,9%)	2 (4,2%)	0,07
Sintomi Lombari	43 (35,3%)	4 (8,3%)	0,0004

La tabella XX mostra quanti tra i soggetti esposti e non esposti, che hanno soglia anamnestica positiva e che hanno accettato la visita, sono positivi anche all'esame obiettivo del rachide. Si può notare come, in generale, non ci siano differenze statisticamente rilevanti tra i due gruppi.

Tabella XX - Prevalenza della positività all'esame obiettivo tra i soggetti con soglia anamnesticamente positiva

	ESPOSTI n = 122		NON ESPOSTI n = 48		p
	Soglia positiva	EO + n (%)	Soglia positiva	EO + n (%)	
Sintomi cervicali	18	13 (72.2)	6	4 (66.7)	0.99
Sintomi dorsali	14	10 (71.4)	1	1 (100)	0.99
Sintomi lombari	35	24 (68.6)	3	2 (66.7)	0.99

\* non sono stati inclusi i soggetti, con soglia anamnesticamente positiva, che hanno rifiutato la visita

La tabella XXI riporta i dati relativi alla percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia nel gruppo dei soggetti esposti e nel gruppo dei soggetti non esposti. Da quanto appare evidente non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, per quanto riguarda il ricorso a terapie per sintomi cervicali o dorsali. Esiste tuttavia una differenza statisticamente significativa ( $p = 0,001$ ), relativamente al consumo di farmaci e/o al ricorso a fisiokinesiterapia, per i sintomi lombari. In particolare il 38,5% dei soggetti esposti ed il 12,5% dei soggetti non esposti ricorrono a terapie per disturbi a carico del tratto lombare del rachide.

Tabella XXI - Percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia nei due gruppi

	ESPOSTI N = 122	NON ESPOSTI n = 48	p
	Terapia n %	Terapia n %	
Terapia per sintomi cervicali	24.6	25.0	0.96
Terapia per sintomi dorsali	11.5	2.3	0.40
Terapia per sintomi lombari	38.5	12.5	0.001

Infine è stato calcolato l' Odds Ratio (OR) per valutare il ruolo dell'esposizione nella sintomatologia lombare aggiustandolo per età, sesso, BMI e precedenti lavori a rischio mediante la regressione logistica multivariata. Da quanto appare evidente dalla tabella XXII, i soggetti esposti a movimentazione manuale dei carichi hanno un rischio 8 (IC = 2,56 – 25,02) volte superiore, rispetto ai non esposti, di sviluppare disturbi (dolore, fastidio o rigidità) a carico del tratto lombare del rachide.

Tabella XXII - Odds Ratio (OR) aggiustato per età, sesso, BMI e precedenti lavori a rischio

Esposizione: Si vs No	Sintomi Tratto Lombare OR = 8,00 - IC (2,56 – 25,02)
-----------------------	---

In riferimento alla presenza di patologie nei due gruppi, in Tabella XXIII è riportata la prevalenza di patologie, in particolare: discopatie (ernia e protrusione discale) e la spondilodiscoartrosi. La prevalenza di patologie è risultata essere significativamente superiore nel gruppo dei soggetti esposti, il 17,2 % di essi presenta patologie a carico del rachide, contro il 4,2 % dei soggetti non esposti (p = 0,03). In particolare, da quanto si evince dalla tabella XXIV, le discopatie risultano essere più frequenti nei soggetti esposti (14,8 %) rispetto ai non esposti (4,2 %).

Tabella XXIII - Prevalenza di patologie a carico del rachide.

	ESPOSTI	NON ESPOSTI	p
Non Patologici	101 (82,8%)	46 (95,8 %)	0,03
Patologici	21 (17,2%)	2 (4,2 %)	
Totale	122 (100 %)	48 (100 %)	

Tabella XXIV - Prevalenza delle singole patologie a carico del rachide (entrambe le patologie possono essere presenti in un singolo soggetto)

	ESPOSTI n = 122	NON ESPOSTI n = 48	p
Discopatie	18 (14,8 %)	2 (4,2 %)	0,05
Spondilodiscoartrosi	7 (5,7 %)	0 (0,0 %)	0,19

Nella tabella XXV si possono notare i giorni di assenza dal lavoro nei due gruppi (esposti e non esposti) per disturbi a carico dei diversi tratti del rachide, nei sei mesi antecedenti alla valutazione clinica. Da quanto appare evidente non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, per quanto riguarda il numero di giorni di assenza dal lavoro per disturbi del rachide cervicale e del tratto dorsale. Esiste tuttavia una differenza statisticamente significativa ( $p = 0,0004$ ), relativamente ai giorni di assenza a causa di sintomi lombari. In particolare i soggetti esposti, nei sei mesi antecedenti alla valutazione clinica, hanno accumulato complessivamente 178 giorni di assenza dal lavoro per disturbi del rachide lombare, mentre i soggetti non esposti non si sono assentati dal lavoro per tale motivo.

Tabella XXV - Giorni complessivi di assenza dal lavoro nei due gruppi (esposti e non esposti) per disturbi a carico dei diversi tratti del rachide, nei sei mesi antecedenti alla valutazione clinica.

	ESPOSTI n = 122	NON ESPOSTI n = 48	p
Sintomi cervicali	45	25	0.90
Sintomi dorsali	45	0	0.16
Sintomi lombari	178	0	0.0004

#### 4.3 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE CLINICA NELL'AZIENDA METALMECCANICA SPECIALIZZATA NEL CAMPO DELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE POST INTERVENTO

In questa fase, successiva alla realizzazione degli interventi ergonomici proposti, è stato fatto il confronto tra un gruppo di 14 soggetti (Gruppo di Intervento) esposti alla movimentazione manuale dei carichi, che hanno lavorato per 6 mesi nelle postazioni modificate mediante interventi ergonomici, con un gruppo di 108 soggetti (Gruppo di Controllo) esposti al medesimo fattore di rischio, che hanno lavorato per 6 mesi nelle loro abituali postazioni di lavoro.

Attraverso l'analisi statistica sono state descritte le caratteristiche generali dei soggetti studiati, separatamente per ciascun gruppo, verificando la significatività delle differenze tra i due gruppi.

I risultati di questa fase di analisi, relativi a dati quantitativi, sono stati riportati in Tabella XXVI, dalla quale si evince l'assenza di significatività della differenza per tali caratteristiche nei due gruppi, ad eccezione del peso ( $Kg = 78.2 \pm 14.3$  nel gruppo di controllo,  $p = 0.05$ ).

Tabella XXVI - Variabili quantitative

	GRUPPO DI INTERVENTO n = 14 media (DS)	GRUPPO DI CONTROLLO n = 108 media (DS)	P
Età (anni)	41.5 ± 10.3	36.6 ± 9.3	0.09
Altezza (cm)	170.6 ± 9.7	173.7 ± 8.4	0.36
Peso (Kg) [media]	70.1 ± 10.8	78.2 ± 14.3	0.05
BMI (Kg/m <sup>2</sup> ) [media]	24.0 ± 2.2	25.9 ± 4.1	0.15
Anzianità aziendale (mesi) [mediana]	92 (Q <sub>1</sub> = 42; Q <sub>3</sub> = 180)	94,5 (Q <sub>1</sub> = 48; Q <sub>3</sub> = 150)	0,74

I risultati dell'analisi statistica relativi alle caratteristiche qualitative dei due gruppi di soggetti sono riportati in Tabella XXVII.

Anche per quanto riguarda tali caratteristiche, non esistono differenze statisticamente significative tra il gruppo di intervento ed il gruppo di controllo.

Tabella XXVII - Variabili qualitative

	GRUPPO DI INTERVENTO n = 14 n %	GRUPPO DI CONTROLLO n = 108 n %	P
Sesso (M/F)	3:11	22:86	0.93
Fumo	50.0	25.0	0.06
Hobby/Sport	61.5	45.0	0.26
Familiarità ernia al disco	21.4	23.2	0.99
Precedenti infortuni	61.5	46.9	0.32
Precedenti lavori a rischio	35.7	43.5	0.58
MMC	35.7	42.6	0.62
Vibrazioni	0.0	3.7	0.99

La Tabella XXVIII descrive le distribuzioni per classi di età nei due gruppi. I lavoratori facenti parte del gruppo di controllo presentano una distribuzione omogenea per le varie classi di età, mentre per quanto riguarda i soggetti appartenenti al gruppo di intervento le fasce di età più rappresentate sono quelle tra i 37 e i 45 anni e tra i 46 e i 49 anni. Tuttavia tale differente distribuzione in classi di età non è risultata significativamente differente tra i due gruppi, con un valore di p pari a 0,15 (calcolato su dati dicotomizzati sulla base della classe mediana, a causa della scarsa numerosità di ciascuna classe).

Tabella XXVIII - Classi di età (\* p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana)

CLASSI DI ETA'	GRUPPO DI INTERVENTO n = 14 n (%)	GRUPPO DI CONTROLLO n = 108 n (%)
21 – 29	3 (21.4)	29 (26.9)
30 – 36	1 (7.1)	27 (25.0)
37 – 45	6 (42.9)	29 (26.9)
46 – 49	4 (28.6)	23 (21.3)
p = 0.15 *		

In Tabella XXIX è stata riportata la distribuzione di frequenza in base all'anzianità aziendale calcolata in mesi. Da questa tabella si nota come, anche in questo caso, non ci siano differenze statisticamente significative tra il gruppo di intervento ed il gruppo di controllo (p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana).

Tabella XXIX - Classi di anzianità aziendale

CLASSI DI ETA'	GRUPPO DI INTERVENTO n = 14 n (%)	GRUPPO DI CONTROLLO n = 108 n (%)
≤ 44 mesi	5 (35.7)	22 (20.4)
45 – 88 mesi	0 (0.0)	36 (33.3)
89 – 127 mesi	6 (42.9)	21 (19.4)
≥ 128 mesi	3 (21.4)	25 (26.9)
p = 0.21		

Nella tabella XXX sono riportati i dati relativi alla prevalenza di sintomi con soglia anamnestica positiva (dolore, fastidio o rigidità), a carico dei diversi tratti del rachide. In particolare i dati fanno riferimento alla prevalenza della soglia anamnestica positiva, prima e dopo la realizzazione degli interventi ergonomici proposti. In questa tabella è stato fatto il confronto tra i 122 soggetti esposti al rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi, prima e dopo della realizzazione degli interventi ergonomici.

Da quanto appare evidente, non sono presenti tra i due gruppi differenze statisticamente significative sia per quanto riguarda i sintomi cervicali, sia per quanto riguarda i sintomi lombari. Esiste tuttavia una differenza statisticamente significativa ( $p = 0,001$ ) in riferimento ai sintomi dorsali. Prima della realizzazione degli interventi ergonomici, la prevalenza di soggetti con una soglia anamnestica positiva riferita ai sintomi dorsali era pari a 13,9%, 6 mesi dopo la realizzazione degli stessi la prevalenza è diventata pari a 5,7%.

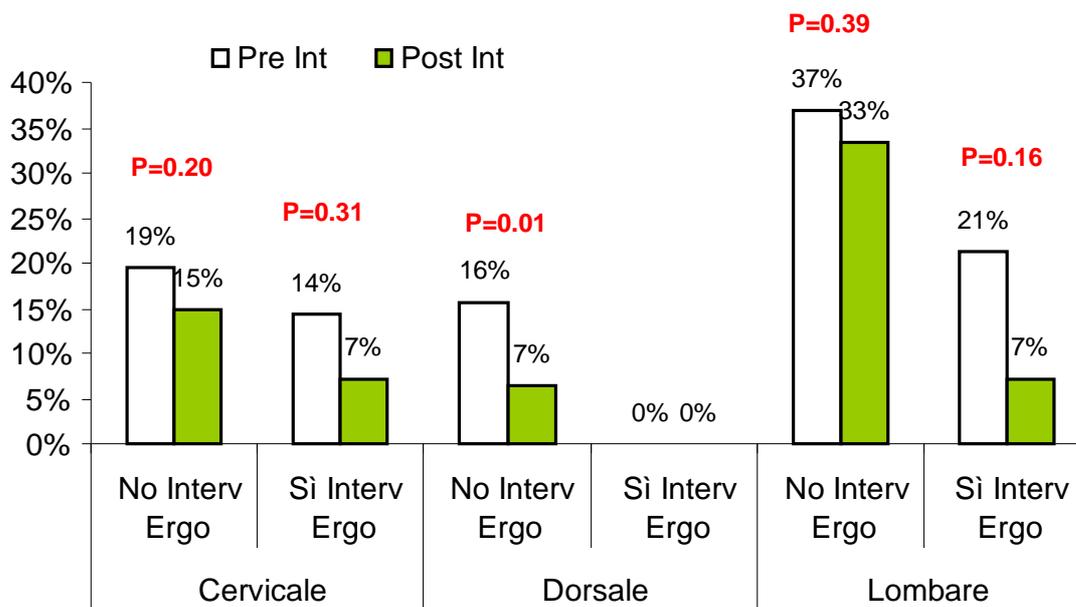
Tabella XXX - Prevalenza dei sintomi con soglia positiva n (%)

	ESPOSTI N=122 n (%)		P
	PRE INTERVENTO	POST INTERVENTO	
Sintomi Cervicali	23 (18,9%)	12 (13,9%)	0,13
Sintomi Dorsali	17 (13,9%)	4 (5,7%)	0,001
Sintomi Lombari	43 (35,3%)	28 (30,3%)	0,22

Nella Figura 18 sono presentate le prevalenze dei sintomi con soglia anamnestica positiva, per i diversi tratti del rachide, nel gruppo di soggetti che ha lavorato nelle postazioni modificate (14 soggetti) e nel gruppo di soggetti che non ha lavorato nelle postazioni modificate (108 soggetti), prima e dopo la realizzazione delle modifiche proposte. Entrambi i gruppi sono costituiti da soggetti esposti al rischio da movimentazione manuale dei carichi (Tot = 122 persone). Da quanto appare dalla figura, non sono presenti differenze

statisticamente significative di prevalenza dei sintomi con soglia anamnestica positiva, a carico del rachide cervicale e lombare, nei due gruppi prima e dopo la realizzazione degli interventi ergonomici. In riferimento al tratto dorsale del rachide, nel gruppo di controllo, c'è stata una riduzione statisticamente significativa ( $p = 0,01$ ) di tale prevalenza passata dal 16 % al 7 %, rispettivamente prima e dopo la realizzazione degli interventi ergonomici.

Figura 18 - Prevalenze dei sintomi con soglia anamnestica positiva, per i diversi tratti del rachide, nel gruppo di soggetti che ha lavorato nelle postazioni modificate e nel gruppo di soggetti che non ha lavorato nelle postazioni modificate, prima e dopo la realizzazione delle modifiche proposte



La tabella XXXI riporta i dati relativi alla percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia nei due gruppi (gruppo di intervento e gruppo di controllo) prima dell'intervento. Da quanto appare evidente non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, per quanto riguarda il ricorso a terapie per sintomi cervicali, dorsali o lombari.

Tabella XXXI - Percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia nei due gruppi (gruppo di intervento e gruppo di controllo) prima dell'intervento

	GRUPPO DI INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	p
	n = 14	n = 108	
	Terapia n %	Terapia n %	
Terapia per sintomi cervicali	28.6	24.1	0.74
Terapia per sintomi dorsali	7.1	12.0	0.99
Terapia per sintomi lombari	28.6	39.8	0.42

La tabella XXXII riporta i dati relativi alla percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia nei due gruppi (gruppo di intervento e gruppo di controllo) dopo la realizzazione degli interventi ergonomici proposti. Da quanto appare evidente non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, per quanto riguarda il ricorso a terapie per sintomi cervicali, dorsali o lombari.

Tabella XXXII - Percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia nei due gruppi (gruppo di intervento e gruppo di controllo) dopo l'intervento

	GRUPPO DI INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	p
	n = 14	n = 108	
	Terapia n %	Terapia n %	
Terapia per sintomi cervicali	7.1	13	0.99
Terapia per sintomi dorsali	0	5,6	0.99
Terapia per sintomi lombari	7.1	27.8	0.11

In riferimento alla presenza di patologie del rachide nei due gruppi, in Tabella XXXIII è riportata la prevalenza di patologie, in particolare: discopatie (ernia e protrusione discale) e la spondilodiscoartrosi. Nel gruppo di intervento il 28,6 % dei soggetti è portatore di patologie a carico del rachide, rispetto al 15,7 % dei soggetti del gruppo di controllo. Tuttavia tale differenza non è statisticamente significativa ( $p = 0,26$ ).

Tabella XXXIII - Prevalenza di patologie a carico del rachide

	GRUPPO DI INTERVENTO	GRUPPO DI CONTROLLO	p
Non Patologici	10 (71,4%)	91 (84,3%)	0,26
Patologici	4 (28,6%)	17 (15,7 %)	
Totale	14 (100 %)	108 (100 %)	

Nella tabella XXXIV si possono notare i giorni di assenza dal lavoro per disturbi a carico dei diversi tratti del rachide, nei sei mesi antecedenti alla valutazione clinica, nel gruppo dei soggetti esposti, prima e dopo la realizzazione degli interventi ergonomici. Da quanto appare c'è una riduzione dei giorni di assenza per disturbi ai diversi tratti del rachide. In particolare per quanto riguarda il rachide lombare, i giorni di assenza per disturbi a questo distretto anatomico sono: 178 prima della realizzazione degli interventi ergonomici e 119 dopo la realizzazione dei medesimi

Tabella XXXIV - Giorni complessivi di assenza dal lavoro per disturbi a carico dei diversi tratti del rachide, nei sei mesi antecedenti alla valutazione clinica, nel gruppo di soggetti esposti (prima e dopo la realizzazione degli interventi ergonomici).

SOGGETTI ESPOSTI n = 122		
	PRE Intervento	POST Intervento
Sintomi Cervicali	45	3
Sintomi Dorsali	45	18
Sintomi Lombari	178	119

Nella tabella XXXV si possono notare i giorni di assenza dal lavoro per disturbi a carico dei diversi tratti del rachide, nei sei mesi antecedenti alla valutazione clinica, nel gruppo dei soggetti esposti (prima e dopo la realizzazione degli interventi ergonomici), suddivisi per gruppo di intervento. Da quanto appare c'è una riduzione dei giorni di assenza per disturbi ai diversi tratti del rachide, in entrambi i gruppi. In particolare, dopo la realizzazione degli interventi proposti: per il gruppo di controllo i giorni di assenza sono passati da 151 a 119, mentre per il gruppo di intervento sono passati da 27 a 0.

Tabella XXXV - Giorni complessivi di assenza dal lavoro per disturbi a carico dei diversi tratti del rachide, nei sei mesi antecedenti alla valutazione clinica, nel gruppo di soggetti esposti (prima e dopo la realizzazione degli interventi ergonomici), suddivisi per gruppo di intervento.

SOGGETTI ESPOSTI n = 122			
		PRE Intervento	POST Intervento
Gruppo di Controllo n = 108	Sintomi Cervicali	38	3
	Sintomi Dorsali	30	18
	Sintomi Lombari	151	119
Gruppo di Intervento n = 14	Sintomi Cervicali	7	0
	Sintomi Dorsali	15	0
	Sintomi Lombari	27	0

#### **4.4 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO NELL'AZIENDA METALMECCANICA ADIBITA ALLA PRODUZIONE DI PIANI DI COTTURA E FORNI**

E' stata eseguita presso tale azienda una valutazione del rischio da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.

Preliminarmente è stato effettuato un sopralluogo presso i reparti produttivi al fine di poter identificare le postazioni di lavoro da analizzare.

L'attività svolta da questa Azienda consiste nell' assemblaggio di diversi tipi di cucine, forni e piani di cottura, che avviene in 6 linee per i diversi modelli in produzione.

La gamma delle cucine prodotte è estremamente varia, ed ogni linea è adibita alla produzione di diversi modelli di cucina I lavoratori compiono manualmente le operazioni di assemblaggio dei pezzi (lamiere, resistenze, ventole, bruciatori ecc.) utilizzando rivettatrici, avvitatori pneumatici con viti normali e/o autofilettanti. Vengono inoltre utilizzate chiavi per stringere giunzioni e/o bulloni; effettuate avviture a mano e vengono applicati lana di vetro e il nastro adesivo in ciascuna delle postazioni di cui è composta ogni linea.

Abbiamo analizzato una linea scelta tra le tipologie produttive più rappresentative e considerando il fatto che per tutte le attività, il lavoro risulta sovrapponibile, a tal fine sono state analizzate le 16 postazioni della linea 5. Sono state inoltre analizzate 11 postazioni fuori-linea, che sono state successivamente integrate, a completamento del tempo di lavoro ripetitivo, nelle postazioni della linea 5.

E' inoltre importante evidenziare che all'interno della medesima linea di produzione, i lavoratori addetti ad una determinata postazione possono coadiuvare gli operatori di altre postazioni, nel corso del medesimo turno di lavoro.

Sono state raccolte le informazioni relative all'orario di lavoro, ai compiti lavorativi svolti nel turno; alla presenza di pause programmate o di altre interruzioni di attività; la presenza di significativi tempi di attesa o tempi passivi interni al ciclo. I dati relativi alla forza sono stati raccolti tramite interviste ai lavoratori impiegati nelle diverse postazioni secondo la scala di Borg.

Basandoci su questi dati abbiamo effettuato la valutazione applicando il metodo OCRA.

Per ogni postazione sono stati definiti quanti pezzi devono essere prodotti in un turno da un singolo operatore.

Gli indici OCRA sono stati calcolati applicando i tempi comportanti movimenti e sforzi ripetuti per ciascuna postazione. Per quanto riguarda i tempi di recupero molte fasi di quelle analizzate presentano pause estremamente variabili legate all'approvvigionamento. Tutti gli addetti alle diverse postazioni, dispongono della medesima distribuzione delle pause: una pausa pranzo (fuori orario di lavoro) e due pause, di 10 min ciascuna, una alla mattina ed una al pomeriggio. In ogni postazione sono state quindi considerate 4 ore senza adeguato recupero. Nella linea analizzata sono presenti due persone che lavorano part – time e pertanto nelle postazioni 12a e 12b sono stati considerati turni di lavoro da 360 min complessivi con 2 ore senza adeguato recupero.

#### *INDICATORI SINTETICI DI RISCHIO OCRA*

Nella Tabella XXXVI viene riportato il numero delle azioni tecniche attualmente svolte (ATA), per ciascun arto, nelle 16 postazioni analizzate. Il numero di ATA per l'arto destro varia da 3 per il task B della postazione 11 denominata Centraggio bruciatori e collaudo a 64 per il task A della postazione 12b denominata pulizia piano e assemblaggio ghiere. In undici postazioni viene superato il valore di riferimento di 30 azioni tecniche al minuto.

Il numero di ATA per l'arto superiore sinistro varia da 4 per il task C della postazione 5 denominata inserimento zoccolo frontale a 48 per la postazione 8 denominata Assemblaggio impianto a gas e termocoppie. In cinque postazioni viene superato il valore di riferimento di 30 azioni tecniche al minuto.

Tabella XXXVI: Numero delle azioni tecniche attualmente svolte (ATA), per ciascun arto, nelle 16 postazioni analizzate.

POSTAZIONI	NUMERO DI AZIONI TECNICHE AL MINUTO (ATA)	
	DESTRA	SINISTRA
Post 1 Preparazione muffola 70 cm	Task A <b>14</b>	Task A <b>24</b>
Post 2 Preparazione muffola piccola 40 cm	Task A <b>29</b>	Task A <b>18</b>
Post 3 Assemblaggio muffole	Task A <b>32</b>	Task A <b>45</b>
	Task B <b>31</b>	Task B <b>32</b>
Post 4 Assemblaggio fianchi	Task A <b>18</b>	Task A <b>32</b>
	Task B <b>28</b>	Task B <b>26</b>
	Task C <b>21</b>	Task C <b>10</b>
Post 5 Inserimento zoccolo frontale	Task A <b>36</b>	Task A <b>28</b>
	Task B <b>24</b>	Task B <b>23</b>
	Task C <b>8</b>	Task C <b>4</b>
	Task D <b>11</b>	Task D <b>29</b>
Post 6 a Centraggio cucina	Task A <b>35</b>	Task A <b>27</b>
Post 6 b Centraggio cucina	Task A <b>20</b>	Task A <b>16</b>
Post 7 Assemblaggio e centraggio bruciatori	Task A <b>32</b>	Task A <b>28</b>
	Task B <b>24</b>	Task B <b>17</b>
Post 8 Assemblaggio impianto a gas e termocoppie	Task A <b>64</b>	Task A <b>48</b>
Post 9 Cablaggio cucina	Task A <b>48</b>	Task A <b>35</b>
Post 10 a Montaggio raccogli gocce	Task A <b>45</b>	Task A <b>29</b>
Post 10 b Montaggio cassetto telaio cruscotto	Task A <b>34</b>	Task A <b>29</b>
	Task B <b>33</b>	Task B <b>28</b>
Post 11 Centraggio bruciatori e collaudo	Task A <b>32</b>	Task A <b>20</b>
	Task B <b>3</b>	Task B <b>17</b>
Post 12 a Pulizia forni	Task A <b>48</b>	Task A <b>31</b>
	Task B <b>40</b>	Task B <b>22</b>
	Task C <b>26</b>	Task C <b>22</b>
	Task D <b>24</b>	Task D <b>27</b>
Post 12 b Pulizia piano e assemblaggio ghiera	Task A <b>64</b>	Task A <b>22</b>
	Task B <b>37</b>	Task B <b>22</b>
Post 13 Imballaggio	Task A <b>27</b>	Task A <b>20</b>
	Task B <b>10</b>	Task B <b>7</b>

Tabella XXXVII. Range dei valori di forza dichiarati per le azione tecniche svolte (secondo la Scala di Borg), per ciascun arto, delle 16 postazioni analizzate. Il moltiplicatore per la forza è ponderato per il tempo.

POSTAZIONI	RANGE DEI VALORI MEDI DICHIARATI		MULTIPLCATORE FORZA	
	DESTRA	SINISTRA	DESTRA	SINISTRA
Post 1 Preparazione muffola 70 cm	A 0.5 – 2.5	A 0.5 - 2.5	A 1	A 1
Post 2 Preparazione muffola piccola 40 cm	A 0.5 – 3	A 0.5 – 2.5	A 1	A 1
Post 3 Assemblaggio muffole	A 0.5 - 5 B 1 - 7	A 0.5 - 5 B 1 - 7	A 0.85 B 0.72	A 0.90 B 0.87
Post 4 Assemblaggio fianchi	A 0.5 - 3 B 2 C 0.5 - 2	A 0.5 - 3 B 1 - 2 C 0.5 - 2	A 0.99 B 0.80 C 0.99	A 0.96 B 0.78 C 1
Post 5 Inserimento zoccolo frontale	A 0.5 – 2.5 B 0.5 - 3 C 0.5 - 2 D 0.5	A 0.5 – 2.5 B 0.5 - 2 C 0.5 - 2 D 0.5 - 2	A 0.92 B 0.97 C 1 D 1	A 0.98 B 0.99 C 1 D 1
Post 6 a Centraggio cucina	A 0.5 – 7	A 0.5 – 4	A 0.89	A 0.89
Post 6 b Centraggio cucina	A 1–7	A 0.5 – 2	A 1	A 0.97
Post 7 Assemblaggio e centraggio bruciatori	A 0.5 - 7 B 1 - 4	A 0.5 - 7 B 1 - 4	A 0.01 B 0.84	A 0.96 B 0.96
Post 8 Assemblaggio impianto a gas e termocoppie	A 0.5 - 3	A 0.5 - 3	A 0.76	A 0.82
Post 9 Cablaggio cucina	A 0.5 - 4	A 0.5 - 3	A 0.87	A 0.90
Post 10 a Montaggio raccogli gocce	A 0.5 - 5	A 0.5 - 3	A 0.83	A 0.89
Post 10 b Montaggio cassetto telaio cruscotto	A 0.5 - 3 B 1 - 4	A 0.5 - 3 B 0.5 – 2.5	A 0.84 B 0.92	A 0.88 B 0.91
Post 11 Centraggio bruciatori e collaudo	A 1 - 3 B 0.5 - 1	A 0.5 - 3 B 0.5 - 1	A 0.86 B 1	A 0.91 B 1
Post 12 a Pulizia forni	A 0.5 - 3 B 0.5 - 2 C 0.5 - 3 D 0.5 - 3	A 0.5 - 3 B 0.5 - 2 C 0.5 - 2 D 0.5 - 3	A 0.89 B 0.84 C 0.93 D 0.71	A 0.92 B 0.96 C 0.97 D 0.72
Post 12 b Pulizia piano e assemblaggio ghiere	A 0.5 - 3 B 0.5 - 1	A 0.5 - 3 B 0.5 - 1	A 0.96 B 1	A 1 B 1
Post 13 Imballaggio	A 0.5 - 3 B 0.5 - 1	A 0.5 - 3 B 0.5 - 1	A 0.92 B 1	A 1 B 1

Nella Tabella XXXVII sono descritti i range dei valori di forza dichiarati per le azioni tecniche svolte (secondo la Scala di Borg) per ciascun arto superiore. È importante evidenziare il fatto che in alcune postazioni il range è particolarmente ampio, in quanto ci possono essere, all'interno di uno stesso ciclo, azioni tecniche che richiedono applicazioni di forze diverse.

Nella medesima tabella vengono inoltre sintetizzati, per ogni postazione, i moltiplicatori forza relativi a ciascun arto. Il valore di tale moltiplicatore varia da 1 a 0,01, quanto maggiore è il "peso" della forza come cofattore, tanto più il valore del moltiplicatore forza è prossimo allo 0.

I range variano da 0,5 - 1 per entrambi gli arti nelle postazioni 11 (task B) – 12b (task B) – 13 (task B) a 0,5 - 7 per entrambi gli arti nella postazione 7 (task A) e per l'arto superiore destro nella postazione 6a (task A).

I valori dei moltiplicatori forza variano da 0,01, relativamente all'arto superiore destro della postazione 7 denominata assemblaggio e centraggio bruciatori (task A), a 1,00 relativamente:

- ad entrambi gli arti, nelle postazioni 1 - 2 - 5 (task C e D) – 11 (task B) – 12b (task B) – 13 (task B)-
- all'arto superiore destro, nella postazione 6b
- all'arto superiore sinistro, nelle postazioni 12b (task A) e 13 (task A)

Al fine di calcolare il moltiplicatore forza va sottolineato che le variabili che entrano in gioco sono: l'intensità della forza (valore medio delle forze dichiarate) e la durata dell'applicazione della forza stessa, non l'ampiezza del range.

Per questo motivo, anche postazioni con il medesimo range di valori, sia per l'arto superiore destro che per il sinistro, possono avere valori di moltiplicatori forza diversi.

Ad esempio nel caso della postazione 7, denominata assemblaggio e centraggio bruciatori, sia l'arto destro che il sinistro hanno il medesimo range (0,5 - 7) ai quali corrispondono però moltiplicatori forza diversi, rispettivamente pari 0,01 e 0,96.

Tabella XXXVIII. Posture con relativo impegno articolare (significativo per Spalla > 10%; altre articolazioni >25%) e relativo Moltiplicatore per la postura (P<sub>OM</sub>).

POSTAZIONI	P <sub>OM</sub>		POSTURA E MOVIMENTO	POSTURA E MOVIMENTO
	Dx	Sn	DESTRA	SINISTRA
Post 1 Preparazione muffola 70 cm	<b>A</b> 1	<b>A</b> 1	Pinch = 30 %	Grip = 34 %
Post 2 Preparazione muffola piccola 40 cm	<b>A</b> 0.7	<b>A</b> 1	Grip = 38 %	Pinch = 32 %
Post 3 Assemblaggio muffole	<b>A</b> 0.70	<b>A</b> 0.70	Grip = 34 % Pinch = 39 %	Pinch = 45 %
	<b>B</b> 0.70	<b>B</b> 0.70	Fless e/o abduz >80° del braccio = 12% Grip = 35 %	Fless e/o abduz >80° del braccio = 10%
Post 4 Assemblaggio fianchi	<b>A</b> 1	<b>A</b> 0.70	Pinch = 37 %	Grip = 33 %
	<b>B</b> 1	<b>B</b> 0.70	Grip = 62 %	Fless e/o abduz >80° del braccio = 14% Pinch = 71 %
	<b>C</b> 1	<b>C</b> 1	Grip = 40 %	
Post 5 Inserimento zoccolo frontale	<b>A</b> 0.70	<b>A</b> 0.70	Fless e/o abduz >80° del braccio = 11% Grip = 34 % Pinch = 28 %	Pinch = 38 %
	<b>B</b> 1	<b>B</b> 0.70	Pinch = 41 %	Pinch = 57 %
	<b>C</b> 1	<b>C</b> 1		
	<b>D</b> 1	<b>D</b> 1	Pinch = 25 %	
Post 6 a Centraggio cucina	<b>A</b> 0.70	<b>A</b> 1	Fless e/o abduz >80° del braccio = 18% Grip = 52%	Pinch = 26 %
Post 6 b Centraggio cucina	<b>A</b> 1	<b>A</b> 1		Pinch = 25 %
Post 7 Assemblaggio e centraggio bruciatori	<b>A</b> 0.70	<b>A</b> 0.70	Fless e/o abduz >80° del braccio = 18% Pinch = 56 %	Pinch = 50 %
	<b>B</b> 1	<b>B</b> 1		
Post 8 Assemblaggio impianto a gas e termocoppie	<b>A</b> 0.70	<b>A</b> 0.70	Grip = 27% Pinch = 44%	Fless e/o abduz >80° del braccio = 12% Pinch = 79%

Tabella XXXVIII bis. Posture con significativo impegno articolare (Spalla >10%; altre articolazioni >25%) e relativo Moltiplicatore per la postura (P<sub>OM</sub>).

POSTAZIONI	P <sub>OM</sub>		POSTURA E MOVIMENTO	POSTURA E MOVIMENTO
	Dx	Sn	DESTRA	SINISTRA
Post 9 Cablaggio cucina	<b>A</b> 0.7	<b>A</b> 0.7	Pinch = 56%	Pinch = 34%
Post 10 a Montaggio raccogli gocce	<b>A</b> 0.6	<b>A</b> 1	Fless e/o abduz >80° del braccio = 14% Pinch = 54%	Pinch = 37%
Post 10 b Montaggio cassetto telaio cruscotto	<b>A</b> 0.70	<b>A</b> 0.70	Fless e/o abduz >80° del braccio = 14% Grip = 39% Pinch = 30%	Pinch = 36%
	<b>B</b> 0.70	<b>B</b> 1	Fless e/o abduz >80° del braccio = 14% Grip = 44%	Pinch = 44%
Post 11 Centraggio bruciatori e collaudo	<b>A</b> 0.70	<b>A</b> 1	Fless e/o abduz >80° del braccio = 16% Pinch = 50%	
	<b>B</b> 1	<b>B</b> 0.70		Fless e/o abduz >80° del braccio = 13% Pinch = 27%
Post 12 a Pulizia forni	<b>A</b> 1	<b>A</b> 1	Pinch = 29%	Pinch = 34%
	<b>B</b> 0.07	<b>B</b> 0.7	Fless e/o abduz >80° del braccio = 52% Pinch = 37%	Fless e/o abduz >80° del braccio = 11%
	<b>C</b> 1	<b>C</b> 1	Pinch = 40%	
	<b>D</b> 0.70	<b>D</b> 1	Pinch = 43% Presa ad uncino= 26%	Pinch = 39%
Post 12 b Pulizia piano e assemblaggio ghiere	<b>A</b> 0.6	<b>A</b> 1	Fless e/o abduz >80° del braccio = 22%	
	<b>B</b> 1	<b>B</b> 1	Pinch = 33%	Pinch = 33%
Post 13 Imballaggio	<b>A</b> 0.7	<b>A</b> 0.7	Fless e/o abduz >80° del braccio = 10%	Fless e/o abduz >80° del braccio = 10% Pinch = 26%
	<b>B</b> 1	<b>B</b> 1		



- nella postazione 5  
inserimento zoccolo frontale - task A, entrambe le mani e la spalla destra  
- task B, la mano sinistra
- nella postazione 6a  
centraggio cucina - task A, la spalla destra
- nella postazione 7  
assemblaggio  
e centraggio bruciatori - task A, entrambe le mani e la spalla destra
- nella postazione 8  
assemblaggio impianto a gas  
e termocoppie - task A, entrambe le mani e la spalla sinistra
- nella postazione 9  
cablaggio cucina - task A, entrambe le mani
- nella postazione 10a  
montaggio raccogli gocce - task A, la spalla destra e la mano destra
- nella postazione 10b  
montaggio telaio cassetto  
e cruscotto - task A, entrambe le mani e la spalla destra  
- task B, la spalla destra
- nella postazione 11  
centraggio bruciatori  
e collaudo - task A, la spalla destra  
- task B, la spalla sinistra
- nella postazione 12a  
pulizia forni - task B, entrambe le spalle e la mano destra  
- task D, la mano destra
- nella postazione 12b  
pulizia piano e  
assemblaggio ghiera - task A, la spalla destra
- nella postazione 13  
imballaggio - task A, entrambe le spalle

Tabella XXXIX. Indice di rischio OCRA per ciascun arto nelle 16 postazioni analizzate. La classificazione del rischio prende in considerazione l'arto peggiore.

POSTAZIONI	OCRA ARTO DESTRO	OCRA ARTO SINISTRO	CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO
Post 1 Preparazione muffola 70 cm	0.8	1.3	Ottimale
Post 2 Preparazione muffola piccola 40 cm	2.3	1.0	Molto lieve
Post 3 Assemblaggio muffole	3.3	3.2	Molto lieve
Post 4 Assemblaggio fianchi	1.1	2.3	Molto lieve
Post 5 Inserimento zoccolo frontale	2.4	2.1	Molto lieve
Post 6 a Centraggio cucina	3.1	1.7	Molto lieve
Post 6 b Centraggio cucina	1.1	0.9	Ottimale
Post 7 Assemblaggio e centraggio bruciatori	5.4	1.8	Medio
Post 8 Assemblaggio impianto a gas e termocoppie	6.7	4.7	Medio
Post 9 Cablaggio cucina	4.3	3.1	Lieve
Post 10 a Montaggio raccogli gocce	5.0	1.8	Medio
Post 10 b Montaggio cassetto telaio cruscotto	3.0	1.9	Molto lieve
Post 11 Centraggio bruciatori e collaudo	2.4	1.2	Molto lieve
Post 12 a Pulizia forni	1.7	1.1	Ottimale
Post 12 b Pulizia piano e assemblaggio ghiera	2.5	0.8	Molto lieve
Post 13 Imballaggio	1.8	1.3	Ottimale

La valutazione del rischio è stata effettuata per ciascuna postazione calcolando l'indice OCRA che fornisce una stima del rischio per gli operatori che lavorano nelle postazioni identificate (Tabella XXXIX).

I risultati evidenziano un rischio per l'arto destro da ottimale a medio con valori compresi tra 0.8 e 6.7, rispettivamente nella postazione 1 preparazione muffola 70 cm e nella postazione 8 assemblaggio impianto a gas e termocoppie.

Per l'arto sinistro il rischio oscilla da ottimale a medio con valori compresi tra 0.8 e 4.7, rispettivamente nella postazione 12b pulizia piano e assemblaggio ghiere e nella postazione 8 assemblaggio impianto a gas e termocoppie.

Per quanto nella maggior parte delle postazioni analizzate il rischio sia molto lieve, alcune postazioni richiedono una particolare attenzione:

- La postazione 7 Assemblaggio e centraggio bruciatori, per l'impegno posturale di entrambe le mani, della spalla destra e per l'uso di forza (specialmente nell'utilizzo del cacciavite e del cricchetto).
- La postazione 8 Assemblaggio impianto a gas e termocoppie, per l'impegno posturale di entrambe le mani, della spalla sinistra e per l'elevato impegno dinamico: la frequenza d'azione risulta pari a 64 azioni/minuto a destra e 48 azioni/minuto a sinistra (valore di riferimento 30 azioni/minuto) e per l'uso di forza a destra.
- La postazione 9 Cablaggio cucina, per l'impegno posturale di entrambe le mani e per l'apprezzabile impegno dinamico pari a 48 azioni/minuto a destra e 35 azioni/minuto a sinistra (valore di riferimento delle 30 azioni/minuto).
- La postazione 10a Montaggio raccogli gocce, per l'impegno posturale della spalla e della mano destra, per l'elevato impegno dinamico: la frequenza d'azione risulta pari a 45 azioni/minuto a destra (valore di riferimento delle 30 azioni/minuto) e per l'uso di forza (in particolare nell'inserire i cavi nel termostato).

In generale l'analisi evidenzia che, nella maggior parte delle postazioni analizzate, le articolazioni più frequentemente sollecitate sono le spalle e le mani.

E' importante inoltre ricordare che alcuni operatori svolgono più compiti all'interno del turno di lavoro, alcune delle quali vengono eseguite per tempi molto variabili, compresi tra i 10 ed i 330 min.

#### 4.5 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE CLINICA NELL'AZIENDA METALMECCANICA ADIBITA ALLA PRODUZIONE DI PIANI DI COTTURA E FORNI PRE ATTIVITA' MOTORIA

In questa fase, antecedente allo svolgimento dell' attività motoria proposta, è stato fatto il confronto tra un gruppo di 75 soggetti esposti a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori, con un gruppo di 14 soggetti non esposti (impiegati amministrativi).

Attraverso l'analisi statistica sono state descritte le caratteristiche generali dei soggetti studiati, separatamente per gruppo di esposizione, verificando la significatività delle differenze tra i due gruppi.

I risultati di questa prima fase di analisi relativi a dati quantitativi sono stati riportati in Tabella XL, dalla quale si evince che non sono emerse differenze statisticamente significative per quanto concerne questo tipo di variabili, ad eccezione dell' anzianità aziendale, per cui si evince che il gruppo dei non esposti ha lavorato mediamente per  $190,9 \pm 114,2$  mesi rispetto ai  $142,5 \pm 76,5$  mesi del gruppo di soggetti esposti ( $p = 0,003$ ).

Tabella XL - Variabili quantitative

	ESPOSTI n = 75 media (DS)	NON ESPOSTI n = 14 media (DS)	p
Età (anni)	$39,2 \pm 7,1$	$41,9 \pm 10,6$	0,18
Altezza (cm)	$175,3 \pm 7,0$	$179,9 \pm 7,1$	0,65
Peso (Kg)	$77,0 \pm 12,4$	$73,6 \pm 9,9$	0,34
BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	$25,0 \pm 3,5$	$24,0 \pm 2,5$	0,26
Anzianità aziendale (mesi)	$142,5 \pm 76,5$	$190,9 \pm 114,2$	0,003

I risultati dell'analisi statistica relativi alle caratteristiche qualitative dei due gruppi di soggetti sono riportati in Tabella XLI.

Dal confronto non sono emerse differenze statisticamente significative per quanto concerne questo tipo di variabili, ad eccezione dei precedenti infortuni ( $p = 0,02$ ), che sono risultati essere più frequenti nel gruppo degli esposti (55%), rispetto ai non esposti (21%).

Tabella XLI - Variabili qualitative

	ESPOSTI n = 75 n (%)	NON ESPOSTI n = 14 n (%)	P
Sesso (M)	66 (88,0%)	11 (78,6%)	0,39
Fumo	23 (30,7%)	1 (7,1%)	0,10
Hobby/Sport	48 (64,3%)	9 (66,7%)	0,99
Gravidanze (F)	7 (9,3%)	1 (7,1%)	0,90
Precedenti infortuni	41 (55%)	3 (21%),	0,02
Precedenti lavori a rischio	33 (44%)	3 (21,4%)	0,11
Movimenti ripetitivi	30 (40%)	3 (21,4%)	0,19
Vibrazioni	2 (2,7%)	0 (0%)	0,99

La Tabella XLII descrive le distribuzioni per classi di età nei due gruppi. In riferimento al gruppo dei lavoratori esposti le fasce di età più rappresentate sono quelle tra i 31 ed i 40 anni e tra i 41 ed i 50 anni, mentre per quanto riguarda i soggetti non esposti la fascia di età più rappresentata è quella tra i 41 ed i 50 anni. La differenza tra le distribuzioni tuttavia non è statisticamente significativa (calcolata su dati dicotomizzati sulla base della classe mediana, a causa della scarsa numerosità di ciascuna classe).

Tabella XLII - Classi di età ( p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana)

CLASSI DI ETA'	ESPOSTI n = 75 n (%)	NON ESPOSTI n = 14 n (%)
<30	10 (13,3%)	2 (14,3%)
31 – 40	32 (42,7%)	4 (28,6%)
41 – 50	29 (38,7%)	5 (35,7%)
>51	4 (5,3%)	3 (21,4%)
p = 0,37		

In Tabella XLIII è stata riportata la distribuzione di frequenza in base all'anzianità aziendale calcolata in mesi.

Da questa tabella si nota come il 52% dei soggetti esposti ed il 78,6 % dei soggetti non esposti si concentrino nella fascia di chi lavora da più di 128 mesi in questa ditta. Tali differenze tuttavia non sono statisticamente significative (p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana).

Tabella XLIII - Classi di anzianità aziendale (\* p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana)

	ESPOSTI n = 75 n (%)	NON ESPOSTI n = 14 n (%)
≤ 44 mesi	2 (2,7)	1 (7,1)
45 - 88 mesi	14 (18,7)	1 (7,1)
89 - 127 mesi	20 (26,7)	1 (7,1)
≥ 128 mesi	39 (52)	11 (78,6)
p = 0,73		

Nella tabella XLIV sono riportati i dati relativi alla prevalenza di sintomi a carico dell'arto superiore e del tratto cervicale nel gruppo dei soggetti esposti e nel gruppo dei soggetti non esposti. In particolare i dati fanno riferimento alla prevalenza della sintomatologia, prima dello svolgimento dell'attività motoria svolta presso l'azienda stessa. Da quanto appare evidente dalla tabella, non sono presenti tra i due gruppi differenze statisticamente significative sia per quanto riguarda la totalità dei sintomi (Sintomi arto superiore e cervicali) sia per quanto riguarda i soli sintomi cervicali. Esiste tuttavia una differenza statisticamente significativa ( $p = 0,05$ ) in riferimento ai sintomi dell'arto superiore (dolore alle spalle, ai gomiti, ai polsi/mani o parestesie), che sono presenti nel 49,3 % dei soggetti esposti e nel 21,4 % nei soggetti non esposti.

Tabella XLIV - Prevalenza di sintomi a carico dell'arto superiore e del tratto cervicale, nel gruppo dei soggetti esposti e nel gruppo dei soggetti non esposti

	ESPOSTI	NON ESPOSTI	P
	n = 75	n = 14	
	n (%)	n (%)	
Sintomi Arto Sup. e/o Cervicali	46(61,3%)	6 (42,9%)	0,20
Sintomi Cervicali	26 (34,7%)	5 (35,7%)	0,54
Sintomi Arto Superiore	37 (49,3%)	3 (21,4%)	0,05

Nella tabella XLV sono riportati i dati relativi alla prevalenza di sintomi con soglia anamnestica positiva a carico dell'arto superiore e del tratto cervicale, nel gruppo dei soggetti esposti e nel gruppo dei soggetti non esposti.

Anche in questo caso i dati fanno riferimento alla prevalenza di sintomi con soglia anamnestica positiva, prima dello svolgimento dell'attività motoria svolta presso l'azienda stessa. Da questo confronto non emergono differenze statisticamente significative tra i due gruppi.

Tabella XLV - Prevalenza di sintomi, con soglia anamnestica positiva, a carico dell'arto superiore e del tratto cervicale, nel gruppo dei soggetti esposti e nel gruppo dei soggetti non esposti.

	ESPOSTI	NON ESPOSTI	P
	n = 75	n = 14	
	n (%)	n (%)	
Sintomi Arto Sup. e/o Cervicali	38 (50,7%)	6 (42,9%)	0,59
Sintomi Cervicali	20 (26,7%)	4 (28,6%)	0,99
Sintomi Arto Superiore	31 (41,3%)	3 (21,4%)	0,16

Nella Tabella XLVI viene riportato in numero di soggetti con sintomi, con soglia anamnestica positiva, e con segni positivi all'esame obiettivo. Il 42,9 % dei soggetti esposti che riferiscono sintomi, con soglia anamnestica positiva, presenta segni positivi a carico dell'arto superiore, mentre nessuno dei soggetti non esposti che riferisce sintomi, con soglia anamnestica positiva, presenta segni positivi a carico dell'arto superiore

Tabella XLVI – Numero di soggetti con sintomi, con soglia anamnestica positiva, e con segni positivi all'esame obiettivo.

	ESPOSTI n = 75		NON ESPOSTI n = 14	
	Soglia positiva	EO +	Soglia positiva	EO +
Rachide cervicale	17	13 (76,5 %)	3	3 (100)
Arto superiore	28	12 (42,9 %)	3	0 (0)

\* non sono stati inclusi i soggetti, con soglia anamnestica positiva, che hanno rifiutato la visita

La tabella XLVII riporta i dati relativi alla percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia farmacologica e/o fisiokinesesi terapia nel gruppo dei soggetti esposti e nel gruppo dei soggetti non esposti, prima dello svolgimento dell'attività motoria. Da quanto appare evidente non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, per quanto riguarda il ricorso a terapie per sintomi a carico dell'arto superiore e/o del tratto cervicale del rachide.

Tabella XLVII - Percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia per sintomi a carico dell'arto superiore e/o del tratto cervicale del rachide negli esposti e nei non esposti

	ESPOSTI n = 75	NON ESPOSTI N = 14	p
	Terapia n (%)	Terapia n (%)	
Terapia per sintomi art. sup.	16 (21,3%)	3 (21,4%)	0,99
Terapia per sintomi cervicali	16 (21,3%)	3 (21,4%)	0,99
Terapia per sintomi art. sup. + cervicali	24 (32%)	5 (35,7%)	0,76

Nella tabella XLVIII è indicata la prevalenza di soggetti patologici, affetti da patologie a carico dell'arto superiore e/o del tratto cervicale, nei due gruppi. La prevalenza di patologie nel gruppo dei soggetti esposti è pari al 18,7%, mentre nel gruppo dei soggetti non esposti non ci sono soggetti patologici. Questa differenza però non è statisticamente significativa.

Tabella XLVIII - Prevalenza di patologie a carico dell'arto superiore e/o del tratto cervicale

	ESPOSTI	NON ESPOSTI	p
Non Patologici	61 (81,3%)	14 (100 %)	0,11
Patologici	14 (18,7%)	0 (0%)	
Totale	75 (100 %)	14 (100 %)	

Nella tabella XLIX si possono notare i giorni di assenza dal lavoro nei due gruppi (esposti e non esposti) per disturbi a carico dell'arto superiore e del rachide cervicale, nei 12 mesi antecedenti alla valutazione clinica. Da quanto appare evidente il gruppo dei soggetti esposti ha accumulato complessivamente 22 giorni di assenza dal lavoro a causa di disturbi a carico dell'arto superiore e 32 a causa di disturbi a carico del tratto cervicale del rachide, mentre il gruppo di soggetti non esposti ne ha accumulati rispettivamente 5 ed 1.

Tabella XLIX - Giorni di assenza dal lavoro a causa di disturbi a carico dell'arto superiore e del rachide cervicale, nel gruppo dei soggetti esposti e nel gruppo dei soggetti non esposti.

	ESPOSTI n = 75	NON ESPOSTI n = 14
	Giorni Assenza	Giorni Assenza
Sintomi Arto Sup.	22	5
Sintomi Cervicali	32	1

#### 4.6 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE CLINICA NELL'AZIENDA METALMECCANICA ADIBITA ALLA PRODUZIONE DI PIANI DI COTTURA E FORNI POST ATTIVITA' MOTORIA

In questa fase, successiva allo svolgimento dell' attività motoria proposta, è stato fatto il confronto tra un gruppo di 24 soggetti esposti a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori, che ha svolto il programma di attività motoria, con un gruppo di 51 soggetti esposti al medesimo rischio che non ha svolto tale programma (gruppo di controllo).

Attraverso l'analisi statistica sono state descritte le caratteristiche generali dei soggetti studiati, separatamente per gruppo di esposizione, verificando la significatività delle differenze tra i due gruppi.

In questa seconda fase viene riportato il confronto tra i due gruppi, relativi a dati quantitativi (riportati in tabella L) e a dati qualitativi (riportati in tabella LI), dal quale si evince che non sono emerse differenze statisticamente significative per quanto concerne questo tipo di variabili.

Tabella L - Variabili quantitative

	GRUPPO DI CONTROLLO n = 51 media (DS)	ATTIVITA' MOTORIA n = 24 media (DS)	p
Età (anni)	39,1 ± 7,0	39,4 ± 7,6	0,96
Altezza (cm)	174,3 ± 6,9	177,2 ± 6,9	0,16
Peso (Kg)	76,3 ± 12,9	78,6 ± 11,3	0,48
BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	25,1 ± 3,8	25,0 ± 3,0	0,87
Anzianità aziendale (mesi)	131,1 ± 50,3	166,7 ± 111,5	0,31

Tabella LI - Variabili qualitative

	GRUPPO DI CONTROLLO n = 51 n (%)	ATTIVITA' MOTORIA n = 24 n (%)	p
Sesso (M/F)	43 (84,3%)	23 (95,8%)	0,26
Fumo	17 (33,3%)	6 (25%)	0,47
Hobby/Sport	32 (66,7%)	13 (59,1%)	0,54
Gravidanze (F)	6 (11,8%)	1 (4,7%)	0,42
Precedenti infortuni	27 (52,9%)	14 (58,3%)	0,66
Precedenti lavori a rischio	24 (47,1%)	9 (37,5%)	0,44
Movimenti ripetitivi	22 (43,1%)	8 (33,3%)	0,42
Vibrazioni	2 (3,9%)	0 (0%)	0,99

La tabella LII descrive le distribuzioni per classi di età nei due gruppi. Da quanto appare evidente dalla tabella non ci sono differenze per quanto riguarda questo tipo di distribuzione, tra coloro che hanno svolto l'attività motoria ed il gruppo di controllo.

Tabella LII - Classi di età ( p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana)

CLASSI DI ETA'	GRUPPO DI CONTROLLO n = 51 n (%)	ATTIVITA' MOTORIA n = 24 n (%)
<30	7 (13,7%)	3 (12,5%)
31 – 40	22 (43,1%)	10 (41,7%)
41 – 50	20 (39,2%)	9 (37,5%)
>51	2 (3,9%)	2 (8,3%)
p = 0,83		

Nella Tabella LIII è stata riportata la distribuzione di frequenza in base all'anzianità aziendale calcolata in mesi. Non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi (p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana).

Tabella LIII - Classi di anzianità aziendale (\* p calcolata su dati dicotomizzati sulla classe mediana)

	GRUPPO DI CONTROLLO n = 51 n (%)	ATTIVITA' MOTORIA n = 24 n (%)
≤ 44 mesi	0 (0)	2 (8,4)
45 - 88 mesi	10 (19,6)	4 (16,7)
89 - 127 mesi	15 (29,4)	5 (20,8)
≥ 128 mesi	26 (51)	13 (54,2)
p = 0,76		

Nella tabella LIV sono riportati i dati relativi alla prevalenza di sintomi a carico dell'arto superiore e del tratto cervicale tra i soggetti esposti, prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria. In particolare è stato fatto il confronto tra i 75 soggetti esposti al rischio derivante da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori, prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria.

Da quanto appare evidente dalla tabella, non sono presenti nei due gruppi differenze statisticamente significative, sia per quanto riguarda i sintomi dell'arto superiore (Dolore alle spalle, gomiti polsi/mani e parestesie), sia per quanto riguarda i soli sintomi cervicali. Anche per la totalità dei sintomi (Sintomi arto superiore e cervicali) non esistono differenze statisticamente significative prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria.

Tabella LIV - Prevalenza dei sintomi tra i soggetti esposti, prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria.

	ESPOSTI N=75 n (%)		p
	PRE ATTIVITA' MOTORIA	POST ATTIVITA' MOTORIA	
Sintomi Arto Sup. e/o Cervicali	46(61,3%)	41 (54,6%)	0,22
Sintomi Cervicali	26 (34,7%)	24 (32%)	0,64
Sintomi Arto Superiore	37 (49,3%)	36 (48%)	0,81

Nella tabella LV sono riportati i dati relativi alla prevalenza di soggetti con soglia anamnestica positiva a carico dell'arto superiore e del tratto cervicale, tra i soggetti esposti prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria.

In questa fase è stato fatto il confronto tra i 75 soggetti esposti al rischio derivante da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori, prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria.

Da quanto appare evidente dalla tabella, esiste una differenza statisticamente significativa, per quanto riguarda i sintomi cervicali, presenti nel 26,7% e nel 10,7% dei soggetti esposti rispettivamente prima dello svolgimento dell'attività motoria ( $p = 0,003$ ), ed i sintomi dell'arto superiore e/o cervicali, presenti nel 50,7% e nel 34,7% dei soggetti esposti rispettivamente prima dello svolgimento dell'attività motoria ( $p = 0,0001$ ). Non esistono invece differenze statisticamente significative per quanto riguarda la prevalenza di soggetti con soglia anamnestica positiva a carico del solo arto superiore.

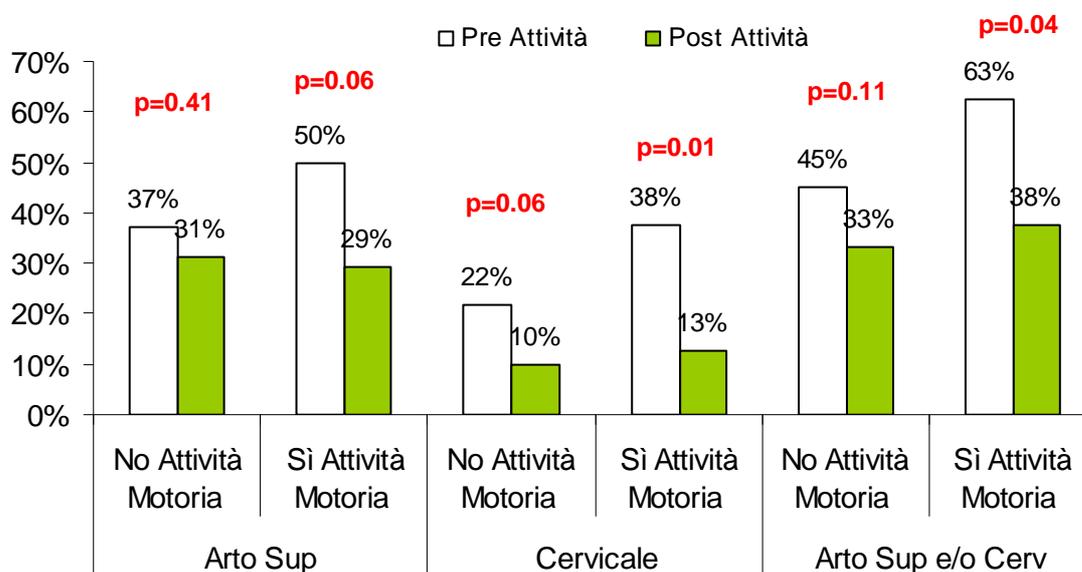
Tabella LV - Prevalenza dei sintomi, con soglia anamnesticamente positiva, tra i soggetti esposti prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria.

	ESPOSTI N=75 n (%)		p
	PRE ATTIVITA' MOTORIA	POST ATTIVITA' MOTORIA	
Sintomi Arto Sup. e/o Cervicali	38 (50,7%)	26 (34,7%)	0,0001
Sintomi Cervicali	20 (26,7%)	8 (10,7%)	0,003
Sintomi Arto Superiore	31 (41,3%)	23 (30,7%)	0,07

Nella Figura 19 sono presentate le prevalenze di sintomi con soglia anamnesticamente positiva, per i diversi distretti anatomici, nel gruppo di soggetti che ha svolto l'attività motoria e nel gruppo di controllo, prima e dopo lo svolgimento della medesima. Entrambi i gruppi sono costituiti da soggetti esposti al rischio da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori (Tot = 75 persone). Da quanto appare dalla figura, è possibile notare una riduzione generale della prevalenza di soggetti con soglia anamnesticamente positiva, a carico dei diversi distretti anatomici, nel gruppo di coloro che hanno svolto l'attività motoria. In particolare tale differenza, nel gruppo dei soggetti che hanno svolto l'attività motoria, è statisticamente significativa per quanto riguarda la soglia anamnesticamente positiva a carico del rachide cervicale e dell'arto superiore e/o del tratto cervicale.

In particolare la prevalenza di sintomi con soglia anamnesticamente positiva, a carico del tratto cervicale, nel gruppo di soggetti che ha svolto l'attività motoria è pari al 38 % prima dello svolgimento dalla stessa e pari al 13% dopo ( $p = 0,01$ ); mentre la prevalenza di sintomi con soglia anamnesticamente positiva, a carico dell'arto superiore e/o del tratto cervicale, nel gruppo di soggetti che ha svolto l'attività motoria è pari al 63% prima dello svolgimento dalla stessa e pari al 38% dopo ( $p = 0,04$ ).

Figura 19 - Prevalenze dei sintomi con soglia anamnestica positiva, per i diversi distretti anatomici, nel gruppo di soggetti che ha svolto l'attività motoria e nel gruppo di controllo, prima e dopo lo svolgimento della medesima.



La tabella LVI riporta i dati relativi alla percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia nei due gruppi (gruppo attività motoria e gruppo di controllo) prima dell'intervento. Da quanto appare evidente non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, per quanto riguarda il ricorso a terapie per sintomi per disturbi cervicali, dell'arto superiore o di entrambi i distretti anatomici.

Tabella LVI - Percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia nei due gruppi (gruppo attività motoria e gruppo di controllo) prima dello svolgimento dell'attività fisica.

	GRUPPO DI CONTROLLO n = 51	ATTIVITA' MOTORIA n = 24	p
	Terapia n (%)		
Terapia per sintomi art. sup.	8 (15,7%)	8 (33,3%)	0,08
Terapia per sintomi cervicali	8 (15,7%)	8 (33,3%)	0,08
Terapia per sintomi art. sup. + cervicali	13 (25,5%)	11 (45,8%)	0,08

La tabella LVII riporta i dati relativi alla percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia nei due gruppi (gruppo attività motoria e gruppo di controllo) dopo lo svolgimento dell'attività fisica. Da quanto appare evidente non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, per quanto riguarda il ricorso a terapie per sintomi per disturbi cervicali, dell'arto superiore o di entrambi i distretti anatomici.

Tabella LVII - Percentuale di lavoratori che si sottopongono a terapia nei due gruppi (gruppo attività motoria e gruppo di controllo) dopo lo svolgimento dell'attività fisica

	GRUPPO DI CONTROLLO n = 51	ATTIVITA' MOTORIA n = 24	p
	Terapia n (%)		
Terapia per sintomi art. sup.	9 (17,7%)	6 (25%)	0,54
Terapia per sintomi cervicali	4 (7,8%)	2 (8,4%)	0,99
Terapia per sintomi art. sup. + cervicali	10 (19,6%)	7 (29,2%)	0,37

Nella tabella LVIIIa e LVIIIb si possono notare i giorni di assenza dal lavoro, nei 12 mesi antecedenti alla valutazione clinica, per disturbi a carico dell'arto superiore o del rachide cervicale, nel gruppo che ha svolto l'attività motoria e nel gruppo di controllo, prima (LVIIIa) e dopo (LVIIIb) lo svolgimento dell'attività fisica. Da quanto appare evidente nel gruppo dei soggetti esposti ha svolto l'attività motoria, i giorni di assenza dal lavoro a causa di disturbi a carico dell'arto superiore sono passati da 7 a 3, mentre quelli a causa di disturbi a carico del tratto cervicale del rachide sono passati da 22 a 3. Nel gruppo di controllo i giorni di assenza dal lavoro sono passati rispettivamente da 15 a 4 e da 10 a 0.

Tabella LVIIIa - Giorni di assenza dal lavoro a causa di disturbi a carico dell'arto superiore e del rachide cervicale, nel gruppo che ha svolto l'attività motoria e nel gruppo di controllo, prima dello svolgimento dell'attività fisica.

	GRUPPO DI CONTROLLO	ATTIVITA' MOTORIA
	n = 51	n = 24
	Giorni Assenza	Giorni Assenza
Sintomi Arto Sup.	15	7
Sintomi Cervicali	10	22

Tabella LVIIIb - Giorni di assenza dal lavoro a causa di disturbi a carico dell'arto superiore e del rachide cervicale, tra coloro che hanno svolto l'attività motoria e nel gruppo di controllo, dopo dello svolgimento dell'attività fisica.

	GRUPPO DI CONTROLLO	ATTIVITA' MOTORIA
	n = 51	n = 24
	Giorni Assenza	Giorni Assenza
Sintomi Arto Sup.	4	3
Sintomi Cervicali	0	3

## DISCUSSIONE

In riferimento alla prima azienda, in base a quanto emerso dalla valutazione del rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi, si può notare che due linee presentano mediamente un rischio complessivo più basso (Berlino e Sydney), mentre le altre due sono a rischio complessivo più consistente (Malmoe e Perth).

In particolare, la linea Berlino ha indici di rischio maggiori rispetto alla linea Sydney specialmente nelle postazioni relative alla preparazione degli evaporatori, alla schiumatura e alla preparazione dei carrelli; mentre l'indice di rischio è minore, sempre rispetto al Sydney, nelle postazioni di assemblaggio e finitura/imballo.

Le linee Malmoe e Perth presentano mediamente indici di rischio più alti e confrontando le postazioni si nota che gli indici di rischio sono sovrapponibili, in particolare essi sono identici per le fasi di preparazione degli evaporatori e di schiumatura. Complessivamente quindi il rischio è presente, sia per gli uomini che per le donne, nella maggior parte delle postazioni analizzate ed è dovuto in particolare al peso degli oggetti che vengono sollevati ed alla distanza dal corpo con cui vengono movimentati (Fattore Distanza Orizzontale).

In riferimento all'aspetto clinico, in questa azienda in cui è stata condotta la valutazione del rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi, sono stati raccolti i dati clinici di 170 persone complessivamente. Di queste 122 soggetti sono adibiti a mansioni che comportano l'esposizione a questo fattore di rischio, mentre 48 soggetti non sono esposti (impiegati amministrativi).

In una prima fase, antecedente alla messa in opera degli interventi ergonomici proposti, è stato fatto il confronto tra questi due gruppi, al fine di verificare la corrispondenza tra i dati clinici raccolti e quanto emerso dalla valutazione del rischio.

Per quanto riguarda le variabili quantitative sono emerse differenze statisticamente significative tra i due gruppi, sia in relazione al Body Mass Index che al peso, risultati maggiori negli esposti.

Anche per quanto riguarda le variabili qualitative ci sono delle differenze statisticamente significative tra i due gruppi, sia in relazione al rapporto maschi/femmine (i primi sono più numerosi tra i soggetti esposti), sia per quanto riguarda i precedenti lavori a rischio (che sono stati svolti dal 42,6 % dai soggetti esposti). In particolare il 41,8 % di questi

ultimi ha svolto precedentemente delle mansioni caratterizzate dalla movimentazione manuale dei carichi.

In riferimento all'età dei soggetti coinvolti in questo studio, pur non essendoci differenze statisticamente significative per quanto riguarda l'età media, ci sono invece delle differenze statisticamente significative ( $p = 0,001$ ) per quanto riguarda la distribuzione nelle diverse classi di età: nel gruppo dei soggetti non esposti le fasce di età più rappresentate sono quelle tra i 30 e i 36 anni e tra i 37 e i 45 anni. Anche per quanto riguarda la distribuzione di frequenza in base all'anzianità aziendale calcolata in mesi, la maggior parte dei soggetti non esposti si concentra nella fascia di chi lavora da più di 128 mesi in questa azienda, mentre il gruppo dei lavoratori esposti si distribuisce omogeneamente tra le varie fasce di anzianità lavorativa.

In riferimento all'esposizione a movimentazione manuale dei carichi, è stato inoltre calcolato che il 40,2 % dei soggetti esposti ha lavorato per meno di 44 mesi nell'azienda in esame. Mentre se all'esposizione attuale aggiungiamo la pregressa esposizione, la classe di esposizione lavorativa complessiva più rappresentata è quella maggiore ai 128 mesi.

Per quanto riguarda la sintomatologia (relativa al dolore, al fastidio ed alla rigidità), a carico dei diversi tratti del rachide, esiste una differenza statisticamente significativa ( $p = 0,0004$ ) in riferimento ai sintomi lombari: il 35,3% dei soggetti esposti e l'8,3% dei soggetti non esposti riferiscono una sintomatologia con soglia anamnestica positiva. Dei primi inoltre in particolare 68,6% presenta segni positivi all'esame obiettivo del rachide lombare. Anche in riferimento al ricorso a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia esiste una differenza statisticamente significativa per i sintomi lombari: il 38,5% dei soggetti esposti i ricorre a terapie per disturbi a carico del tratto lombare del rachide, mentre tale percentuale è del 12,5% nei soggetti non esposti.

E' importante inoltre sottolineare il fatto che i soggetti esposti hanno accumulato complessivamente 178 giorni di assenza dal lavoro, per questo tipo di disturbi, nei sei mesi antecedenti alla valutazione clinica, mentre i soggetti non esposti non ne hanno accumulati.

E' stato calcolato l'Odds Ratio (OR) per valutare il ruolo dell'esposizione nell'insorgenza della sintomatologia lombare aggiustandolo per età, sesso, BMI e precedenti lavori a rischio mediante la regressione logistica multivariata. Da quanto appare evidente, i soggetti esposti a movimentazione manuale dei carichi in questa azienda hanno un rischio 8 volte superiore, rispetto ai non esposti, di sviluppare disturbi (dolore, fastidio o rigidità) a carico del tratto lombare del rachide.

E' stata inoltre calcolata la prevalenza di soggetti patologici, sia per quanto riguarda le discopatie (ernia e protrusione discale) che la spondilodiscoartrosi. Da quanto è emerso nel gruppo dei soggetti esposti, il 17,2 % di essi presenta patologie a carico del rachide, contro il 4,2 % dei soggetti non esposti ( $p = 0,03$ ). In particolare le discopatie risultano essere più frequenti nei soggetti esposti rispetto ai non esposti ( $p=0,05$ ).

Dal calcolo del numero di giorni di assenza per lombalgia, è infine emerso che i soggetti esposti si sono assentati dal lavoro, a causa di questo tipo di disturbo, in maniera significativamente superiore, rispetto ai non esposti.

In questa prima fase è pertanto emersa una correlazione statisticamente significativa tra esposizione al rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi e sviluppo di disturbi a carico del tratto lombare del rachide.

In seguito a quanto emerso dalla valutazione del rischio, sono state identificate 6 postazioni di lavoro caratterizzate da un indice di sollevamento particolarmente elevato. Queste postazioni sono state pertanto modificate, mediante l'acquisto di ausili meccanici di sollevamento, al fine di ridurre al massimo il rischio stesso, che in 3 casi su 6 è stato praticamente annullato.

Successivamente, tra i soggetti esposti (tot = 122), è stato individuato un gruppo di lavoratori ( $n = 14$ ) che ha lavorato per 6 mesi in queste postazioni modificate (Gruppo di Intervento). E' stato inoltre identificato un secondo gruppo di persone, che ha continuato a lavorare nelle postazioni di lavoro abituali, in qualità di Gruppo di Controllo ( $n = 108$ ).

Trascorsi i 6 mesi, è stata condotta una nuova valutazione clinica nei due gruppi: dal confronto dei dati non sono emerse differenze statisticamente significative per quanto riguarda sia le variabili quantitative che qualitative (ad eccezione del peso, che è risultato essere più elevato nel gruppo di controllo) e sia la suddivisione in classi di età, che la suddivisione in classi di anzianità aziendale. L'unica differenza emersa riguarda il peso, risultato maggiore nel gruppo di controllo. Per quanto riguarda il Body Mass Index invece non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi. Si segnala inoltre un valore ai limiti della significatività per quanto riguarda il fumo ( $p = 0,06$ ), presente nel 50 % dei soggetti facenti parte del gruppo di intervento, rispetto al 25 % del gruppo di controllo. I due gruppi pertanto risultano essere perfettamente confrontabili, per questo tipo di variabili.

In riferimento alla prevalenza di soggetti con soglia anamnestica positiva (dolore, fastidio o rigidità), a carico dei diversi tratti del rachide, è stato fatto il confronto nei 122 soggetti esposti al rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi, prima e dopo

della realizzazione degli interventi ergonomici. Da quanto appare evidente esiste una differenza statisticamente significativa in riferimento ai sintomi dorsali. Prima della realizzazione degli interventi ergonomici, la prevalenza di soggetti con una soglia anamnestica positiva riferita ai sintomi dorsali era pari a 13,9%, 6 mesi dopo la realizzazione degli stessi la prevalenza è diventata pari a 5,7%.

Analizzando le medesime prevalenze (riportate in Figura 1), distinguendo i dati del gruppo di soggetti che ha lavorato nelle postazioni modificate (14 soggetti) con quelle del gruppo di controllo (108 soggetti), è possibile notare una riduzione generale della prevalenza di soggetti con soglia anamnestica positiva, a carico dei diversi tratti del rachide, nel gruppo di coloro che hanno lavorato nelle postazioni modificate, per quanto non statisticamente significativa. In particolare tale prevalenza è passata dal 21 al 7 % ( $p = 0,16$ ) per i disturbi a carico del tratto lombare (nel Gruppo di Intervento), mentre è rimasta pressoché costante dal 37 % al 33% ( $p = 0,39$ ), rispettivamente prima e dopo la realizzazione degli interventi ergonomici, nel Gruppo di Controllo.

La scarsa numerosità del Gruppo di Intervento ha molto probabilmente contribuito alla scarsa significatività ( $p = 0,16$ ) dell'importante miglioramento, ottenuto a carico dei sintomi lombari. E' possibile notare inoltre (nella Figura 1) una riduzione generale della prevalenza di soggetti con soglia anamnestica positiva, a carico dei diversi tratti del rachide, anche nel gruppo di controllo. E' importante sottolineare che non si può escludere che anche gli appartenenti a questo gruppo di fatto non abbiano utilizzato gli ausili meccanici di sollevamento, nel corso dei 6 mesi antecedenti alla seconda valutazione clinica.

Per quanto riguarda il ricorso a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia, sebbene sia prima che dopo della realizzazione degli interventi ergonomici, non siano presenti differenze statisticamente significative tra il gruppo di intervento ed il gruppo di controllo, è importante notare che nel gruppo di intervento il ricorso a terapie, per quanto riguarda i disturbi del tratto lombare, si è comunque ridotto. Mentre prima dell'utilizzo degli ausili meccanici di sollevamento, il 28,6 % dei soggetti del gruppo di intervento ed il 39,8 % dei soggetti del gruppo di controllo faceva ricorso a terapie ( $p = 0,42$ ), dopo l' intervento tali percentuali sono passate rispettivamente al 7,1% e 27,8% ( $p = 0,11$ ).

Per quanto concerne la prevalenza di patologie nei due gruppi, è importante evidenziare il fatto che esiste una maggiore prevalenza di soggetti patologici nel gruppo di intervento, per quanto non statisticamente significativa.

Anche per quanto riguarda i giorni di assenza dal lavoro per disturbi a carico del tratto lombare del rachide, c'è stato un miglioramento soprattutto nel gruppo di intervento, rispetto

al gruppo di controllo, che dopo la realizzazione degli interventi ergonomici, non ha accumulato giorni di assenza per disturbi a carico del rachide lombare.

In riferimento alla seconda azienda la valutazione del rischio, derivante da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori, è stata effettuata per ciascuna postazione calcolando l'indice OCRA che fornisce una stima del rischio per gli operatori che lavorano nelle postazioni identificate.

I risultati evidenziano un rischio per l'arto destro da ottimale a medio con valori compresi tra 0.8 e 6.7, rispettivamente nella postazione 1 preparazione muffola 70 cm e nella postazione 8 assemblaggio impianto a gas e termocoppie.

Per l'arto sinistro il rischio oscilla da ottimale a medio con valori compresi tra 0.8 e 4.7, rispettivamente nella postazione 12b pulizia piano e assemblaggio ghiere e nella postazione 8 assemblaggio impianto a gas e termocoppie.

Per quanto nella maggior parte delle postazioni analizzate il rischio sia molto lieve, alcune postazioni richiedono una particolare attenzione:

- La postazione 7 Assemblaggio e centraggio bruciatori,
- La postazione 8 Assemblaggio impianto a gas e termocoppie,
- La postazione 9 Cablaggio cucina,
- La postazione 10a Montaggio raccogli gocce,

Queste postazioni sono infatti caratterizzate da un apprezzabile impegno sia posturale che dinamico (frequenza d'azione) e da un significativo uso di forza.

In generale l'analisi evidenzia che, nella maggior parte delle postazioni analizzate, le articolazioni più frequentemente sollecitate sono le spalle e le mani.

In riferimento all'aspetto clinico, in quest'azienda in cui è stata condotta la valutazione del rischio derivante da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori, sono stati raccolti i dati clinici di 89 persone complessivamente. Di queste 75 soggetti sono adibiti a mansioni che comportano l'esposizione a questo fattore di rischio, mentre 14 soggetti non sono esposti (impiegati amministrativi).

In una prima fase, antecedente allo svolgimento dell'attività motoria proposta, è stato fatto il confronto tra questi due gruppi, al fine di verificare la corrispondenza tra i dati clinici raccolti e quanto emerso dalla valutazione del rischio. Per quanto riguarda le variabili

quantitative, non sono emerse differenze statisticamente significative tra i due gruppi, ad eccezione dell'anzianità aziendale: i soggetti appartenenti al gruppo di controllo (non esposti) è impiegato mediamente da più tempo, nell'azienda coinvolta in questo studio. Per quanto riguarda le variabili qualitative non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi, ad eccezione dei precedenti infortuni, che sono più frequenti tra i soggetti esposti. In particolare in riferimento all'età dei soggetti coinvolti in questo studio, ci sono delle leggere differenze solo per quanto riguarda la distribuzione nelle diverse classi di età, che non vengono confermate facendo il confronto tra i valori medi dell'età. Anche per quanto concerne l'anzianità lavorativa, non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi. Pertanto i due gruppi risultano essere perfettamente confrontabili.

Per quanto riguarda la sintomatologia, esiste una differenza statisticamente significativa di prevalenza di sintomi a carico dell'arto superiore: più frequenti nei soggetti esposti, che nei soggetti non esposti. Questa differenza non è stata confermata dal confronto della prevalenza dei sintomi con soglia anamnestica positiva, nei due gruppi ( $p = 0,16$ ).

Si segnala inoltre che dei 28 soggetti con soglia anamnestica positiva tra i soggetti esposti, 12 hanno presentato segni positivi all'esame obiettivo dell'arto superiore, mentre dei 3 soggetti con soglia anamnestica positiva tra i soggetti non esposti nessuno ha presentato segni positivi all'esame obiettivo dell'arto superiore. Tale differenza però non è statisticamente significativa.

Non sono presenti inoltre differenze statisticamente significative, tra il gruppo dei soggetti esposti rispetto al gruppo dei soggetti non esposti, in riferimento al ricorso a terapia farmacologica e/o fisiokinesiterapia a causa di disturbi dell'arto superiore, del tratto cervicale del rachide o di entrambi i distretti anatomici. È importante inoltre sottolineare che, per quanto il valore di  $p$  sia pari a 0,11, il 18,7 % dei soggetti esposti ha presentato patologie documentate a carico dell'arto superiore e/o del rachide cervicale, mentre nessuno dei soggetti non esposti è portatore di patologie a carico dei medesimi distretti anatomici.

Si segnala inoltre che, nei 12 mesi antecedenti alla valutazione clinica, il gruppo dei soggetti esposti ha accumulato complessivamente 22 giorni di assenza dal lavoro a causa di disturbi a carico dell'arto superiore e 32 a causa di disturbi a carico del tratto cervicale del rachide, mentre il gruppo di soggetti non esposti ne ha accumulati rispettivamente 5 e 1.

Al termine di questa prima fase, è possibile pertanto concludere che esiste una buona correlazione tra quanto emerso dalla valutazione del rischio derivante da movimenti e sforzi

ripetuti degli arti superiori (risultato essere complessivamente incerto o molto lieve), con quanto appare evidente dalla valutazione clinica dei soggetti esposti.

Successivamente, tra i soggetti esposti (tot = 75), è stato individuato un gruppo di soggetti che, su base volontaria, ha svolto uno specifico programma di attività motoria compensativa-adattata della durata di 5 mesi, presso l'azienda stessa, sulla base da quanto emerso dalla valutazione del rischio.

Al termine dello svolgimento di tale programma di attività motoria, è stata eseguita una nuova valutazione clinica dei soggetti esposti. In particolare sono stati confrontati i dati di coloro che hanno aderito a tale iniziativa (Gruppo di Attività Motoria, tot = 24)), con quanti non hanno aderito (Gruppo di Controllo, tot = 51).

Dal confronto non sono emerse differenze statisticamente significative per quanto riguarda sia le variabili quantitative che qualitative e la suddivisione in classi di età. Anche per quanto concerne l'anzianità, non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi. I due gruppi pertanto risultano essere perfettamente confrontabili.

I riferimenti alla presenza di disturbi a carico dell'arto superiore, del rachide cervicale e/o di entrambi i distretti anatomici, non sono emerse differenze statisticamente significative, prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria, all'interno del gruppo dei soggetti esposti. Per quanto riguarda la prevalenza di sintomi con soglia anamnestica positiva invece, prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria, all'interno del gruppo dei soggetti esposti, c'è stato un miglioramento staticamente significativo sia per quanto riguarda i sintomi cervicali che per i sintomi a carico dell'arto superiore e/o del rachide cervicale. Tale prevalenza, nel gruppo dei 75 soggetti esposti, è passata infatti dal 26,7% al 10,7% nel primo caso (valore di  $p = 0,003$ ) e dal 50,7% al 34,7% nel secondo caso (valore di  $p = 0,0001$ ).

In particolare tale miglioramento è risultato statisticamente significativo nel gruppo dei 24 soggetti che hanno eseguito l'attività motoria: sia per quanto riguarda la prevalenza di soggetti con soglia anamnestica positiva, prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria, è passata dal 38% al 13% nel caso dei sintomi cervicali (valore di  $p = 0,01$ ) e dal 63% al 38% nel caso dei sintomi a carico dell'arto superiore e/o del rachide cervicale (valore di  $p = 0,04$ ). Nel gruppo di controllo invece, prima e dopo lo svolgimento dell'attività motoria, la prevalenza di soggetti con soglia anamnestica positiva è passata dal 22 % al 10 % nel caso dei sintomi cervicali (valore di  $p = 0,06$ ) e dal 45% al 33% nel caso dei sintomi a carico dell'arto superiore e/o del rachide cervicale (valore di  $p = 0,11$ ).

In riferimento al ricorso a terapie, a causa di disturbi a carico dei diversi distretti anatomici oggetto di interesse, nei due gruppi: prima dello svolgimento dell'attività fisica, il gruppo di attività motoria faceva un maggiore ricorso a farmaci o fisiokinesiterapia rispetto al gruppo di controllo (valore di  $p = 0,08$ ), mentre successivamente tale differenza si è ridotta, in particolare per quanto riguarda il ricorso a terapie a causa di disturbi a carico del rachide cervicale (valore di  $p = 0,99$ ).

## CONCLUSIONI

In relazione al rischio derivante da movimentazione manuale dei carichi è possibile concludere che esiste una buona correlazione tra quanto emerso dalla valutazione del rischio, eseguita con metodo NIOSH, e quanto riscontrato dalla valutazione clinica dei soggetti esposti e dei soggetti non esposti.

Infatti rischio è risultato essere presente nella maggior parte delle postazioni analizzate, sia per gli uomini che per le donne. La prevalenza di sintomi con soglia anamnestica positiva, a carico del tratto lombare, è risultata essere pari al 35,3% dei soggetti esposti e al 8,3% dei soggetti non esposti ( $p = 0,0004$ ). Questo risultato è coerente con quanto emerso dal Fourth European Working Conditions Survey del 2005, nel quale viene riportato che la lombalgia costituisce il disturbo più frequentemente riportato dai lavoratori (25 %). Tale risultati inoltre avallano le recenti repliche del 2011 di McGill e di Kuijer agli arti articolari del 2010 di Way e Roffey. Questi due ultimi autori, con le loro pubblicazioni, hanno messo in dubbio la correlazione tra movimentazione manuale dei carichi e lo sviluppo di lombalgia.

I risultati ottenuti attraverso la realizzazione di interventi ergonomici, sia in termini di riduzione della prevalenza di sintomi con soglia anamnestica positiva che in termini di minore ricorso a terapie, benché non statisticamente significativi, sono comunque incoraggianti nel confermare il contributo degli stessi nel ridurre soprattutto i giorni di assenza dal lavoro a causa di disturbi lombari. Quest'ultimo risultato in particolare conferma quanto già noto dalla Cochrane review "Workplace interventions for preventing work disability" pubblicata nel 2009. E' opportuno pertanto proseguire con questo studio, al fine di aumentare la casistica e di conseguenza la significatività statistica dei risultati ottenuti.

Anche per quanto riguarda il rischio derivante da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori è possibile concludere che esiste una buona correlazione tra quanto emerso dalla valutazione del rischio, eseguita con metodo OCRA, e quanto riscontrato dalla valutazione clinica dei soggetti esposti e dei soggetti non esposti. In questo caso ad un rischio incerto o molto lieve, non corrispondono risultati della valutazione clinica particolarmente significativi, tra i soggetti esposti, in termini di prevalenza di sintomi con soglia anamnestica positiva, di ricorso a terapie o di giorni di assenza per disturbi cervico-brachiali. Ciò non toglie comunque che l'attività motoria proposta si sia rivelata efficace nel ridurre i sintomi (soprattutto del tratto cervicale del rachide) con soglia anamnestica positiva, nel gruppo di coloro che l'hanno

eseguita. In questo gruppo tale prevalenza è passata infatti dal 63 % al 38 % ( $p = 0,04$ ). Anche in questo caso è opportuno pertanto proseguire con lo studio, specialmente coinvolgendo aziende in cui il rischio derivante da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori sia più evidente, al fine di aumentare la casistica e di conseguenza la significatività statistica dei risultati. E' infatti essenziale trovare una possibile soluzione al problema del sovraccarico biomeccanico dell'arto superiore, in quanto appare confermato dai risultati preliminari del Fifth European Working Conditions Survey del 2010, che rispettivamente il 64 % della popolazione lavorativa europea maschile ed il 63 % di quella femminile è esposto al rischio derivante da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. Oltre a ciò una recente review di van Rijn del 2010 conferma la correlazione tra l'esposizione a questo fattore di rischio e lo sviluppo di patologie della spalla.

Alla luce dei risultati ottenuti è possibile inoltre confermare quanto è stato concluso da Takala et al. nel 2010: i metodi di valutazione del rischio applicati in questo studio, benché caratterizzati da tutti i limiti propri dei metodi osservazionali, costituiscono comunque un valido strumento di valutazione, se applicati da personale adeguatamente preparato. Ciò non toglie il fatto che sia assolutamente necessario proseguire nell'attività di ricerca per ridurre tutte le criticità che caratterizzano questi metodi, come ad esempio la corretta valutazione dei movimenti di torsione (in riferimento al metodo NIOSH) o la quantificazione dell'uso della forza nel metodo OCRA.

Attraverso il corretto utilizzo di questi metodi risulta evidente il contributo che essi possono fornire per una corretta riprogettazione. Infatti attraverso lo studio delle variabili che compongono gli indici rischio, è possibile proporre degli interventi che in una fase iniziale possono essere di tipo organizzativo e, se non sufficienti, in una fase successiva di tipo strutturale. Anche l'attività motoria sembra essere uno strumento utile nella gestione del rischio da sovraccarico bio meccanico, soprattutto nella situazioni in cui gli interventi ergonomici risultano essere di difficile realizzazione o nel caso in cui, pur in presenza di postazioni correttamente strutturate dal punto di vista ergonomico, l'assunzione di posture statiche protratte potrebbe favorire l'insorgenza di disturbi, che si potrebbero prevenire con un'attività motoria compensativa-adattata.

## **BIBLIOGRAFIA**

AAVV. European Agency for Safety and Health at Work: Report on work related neck and upper limb musculoskeletal disorders. Office of Official Publication of the EC, 1999.

Airaksinen O, Brox JJ, Cedraschi C, Hildebrandt J, Kluber-Moffett J, Kovacs F, Mannion AF, Reis S, Staal JB, Ursin H, Zanoli G; Working Group on Guidelines for Chronic Low Back Pain. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J.* 2006;15:192-300.

Apostoli P, Bovenzi M, Occhipinti E, Romano C, Violante F, Cortesi I, Baracco A, Draicchio F, Mattioli S: Linee guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie muscolo scheletriche dell'arto superiore correlati con il lavoro (Upper Extremity Work-Related Musculoskeletal Disorders – UE WMSDs). PIME Editrice S.r.l, 2003

Armstrong TJ, Castelli WA, Evans FG, Diaz-Perez R: Some histological changes in the carpal tunnel contents and their biomechanical implications. *JOM* 1984; 26: 197-201.

Ashton-Miller JA: Response of muscle tendon to injury and overuse. In: *Work-related Musculoskeletal Disorders*. National Academy Press, 1999. pp: 73-97

Ayoub, M.M.: Problems and solutions in MMH., *Ergonomics* 1992; 35: 713-728

Balletta A, Clemente M, Milanesi AF: Le patologie da traumi ripetuti. Andamenti delle denunce e dei riconoscimenti in ambito INAIL. *G Ital Med Lav* 2001; 2: 151-155

Bernard B P: Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back pain. U.S. Department of Health and Human Services CDC (NIOSH), 1997: Publication No. 97-141.

Bland J.D.P: Carpal Tunnel Syndrome. *BMJ*, 2007; 335: 343-346

Blangsted A K, Sogaard K, Hansen E A, Hannerz H, Sjogaard G: One randomized controlled trial with different physical-activity programs to reduce musculoskeletal symptoms in the neck and shoulders among office workers. *Scand J Work Environ Health* 2008; 34: 55-65.

Borg G.A.V: "Psychophysical bases of perceived exertion". *Med. Sci. Sports Exercise* 1982; 14: 377-381

Brinckmann P, Biggemann M, Hilweg D: Fatigue fracture of human lumbar vertebrae. *Clin. Biomech.* 1988; 3: 1-38

Bucciarelli Andrea: Malattie professionali in forte crescita nel 2010. *Dati INAIL* 2011; 7

Burdorf A, Sorock G: Positive and negative evidence of risk factors for back disorders. *Scand J Work Environ Health* 1997; 23: 243-256.

Chaffin DB, Andersson GBJ: *Occupational Biomechanics*, 2nd ed.: J. Wiley & Sons, 1991.

Colombini D, Occhipinti E, Cairoli S, Menoni O, Ricci M G, Battevi N, Violante F.S, Mattioli S, Draicchio F: *Linee guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie muscolo-scheletriche del rachide da movimentazione manuale di carichi*. PIME Editrice S.r.l., 2004.

Colombini D, Occhipinti E, Grieco A: *La valutazione e la gestione del rischio da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori*. F. Angeli ed, 2000

Deyo RA: Low Back Pain. A primary care challenge. *Spine* 1996; 21: 2826- 2832

Driessen MT, Proper KI, van Tulder MW, Anema JR, Bongers PM, van der Beek AJ. The effectiveness of physical and organisational ergonomic interventions on low back pain and neck pain: a systematic review. *Occup Environ Med.* 2010; 67: 277-85

Edwards RHT: Hypothesis of peripheral and central mechanisms underlying occupational muscle pain and injury. *Eur J of Appl Physiol* 1988; 57: 275-281

Faulkner JA, Brooks V: Muscle fatigue in old animals: unique aspects of fatigue in elderly humans. *Adv Exp Med Biol* 1995; 384: 471-480.

Ferguson SA, Marras WS: "Revised Protocol for the Kinematic Assessment of Impairment". *Spine J* 2004; 4: 163-169

European Foundation for The Improvement of Living and Working Conditions. Fourth European Working Conditions Survey, 2005

<http://www.eurofound.europa.eu/publications/htmlfiles/ef0698.htm>

European Foundation for The Improvement of Living and Working Conditions First findings from the fifth European Working Conditions Survey, 2011

<http://www.eurofound.europa.eu/publications/htmlfiles/ef1074.htm>

Goldstein S, Armstrong T, Chaffin D, Matthews L: Analysis of cumulative strain in tendons and tendon sheaths. *J Biomech* 1987; 20: 1-6

Hagberg M: Electromyographic signs of shoulder muscular fatigue in two elevated arm positions. *Am J Phys Med* 1981; 60: 11-21

Hagberg M, Silverstein B, Wells R, Smith M.J, Hendrich H.W, Carayon P, Perusse M: Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs): a reference book for prevention.. Taylor and Francis, 1995.

Hagg G: Muscle fibre abnormalities in the upper trapezius muscle related to occupational static load. International Conference in Occupation Disorders of the Upper Extremities, 10-11 December 1998, Burlingame, California, USA.

Hammerskjöld E, Harms-Ringdahl K, Ekholm J: Reproducibility of carpenters' work after cold exposure. *Int J Ind Ergonom* 1992; 9: 195-204

Herrin GD, Jaraiedi M, Anderson CK: Prediction of overexertion injuries using biomechanical and psychophysical models. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J* 1986; 47: 322-330

Hoogendoorn WE, Bongers PM, de Vet HC, Douwes M, Koes BW, Miedema MC, Ariëns GA, Bouter LM.: Flexion and rotation of the trunk and lifting at work are risk factors for low back pain: results of a prospective cohort study. *Spine* 2000; 25: 3087-92

Jablecki CK, Andary MT, Floeter MK, Miller RG, Quartly CA, Vannix MJ, Wilson JK: Prastice parameter: Electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome. *Neurology*, 2002; 58: 1589-1592

Jager M, Luttmann A: Biomechanical analysis and assessment of lumbar stress during load lifting using a dynamic 19-segment human model. *Ergonomics* 1989; 32: 93–112

Jarvholm V, Polmernd G, Styf J: Intramuscular pressure in the supra spinatus muscle. *J orthop res* 1988; 6: 230-238

Keyserling WM: Workplace Risk Factors and Occupational Musculoskeletal Disorders, Part 1: A Review of Biomechanical and Psychophysical Research on Risk Factors Associated with Low-Back Pain' *AIHAJ* 2000; 61: 39 – 50

Kuijer PP, Frings-Dresen MH, Gouttebarga V, van Dieën JH, van der Beek AJ, Burdorf A. Low back pain: we cannot afford ignoring work. *Spine J.* 2011 Feb; 11: 164

Lieber RL, Friden J: Skeletal muscle metabolism, fatigue and injury. In: Gordon SL, Blair SJ, Fine LJ.: Repetitive Motion Disorders of The Upper Extremity. American Academy of orthopaedic Surgeons, 1994

Liemohm W: Exercise and arthritis. Exercise and the back. *Rheum Dis Clin North Am*, 1990, 16: 945-970

Ludewig PM et Borstad JD: Effects of a home exercise programme on shoulder pain and functional status in construction workers *Occup Environ Med*, 2003; 60: 841-9

Marras WS.: *The Working Back*. John Wiley and Sons, 2008

Marras WS, Lavender SA, Leurgans SE, Rajulu SL.: The role of three-dimensional trunk motion in occupationally-related low back disorders, *Spine* 1993, 18: 617–628

Marras WS, Lavender SA, Ferguson SA, Splittstoesser RE, Yang G: Quantitative Dynamic Measures of Physical Exposure Predict Low Back Functional Impairment. *Spine* 2010; 35: 914-923

Marras WS, Lavender SA, Ferguson SA, Splittstoesser RE, Yang G, Schabo P: Instrumentation for Measuring Dynamic Spinal Load Moment Exposure. *J Electromyogr Kinesio* 2010, 20: 1-9

Marras, W.S., and Sommerich C.M.: A three-dimensional motion model of loads on the lumbar spine: I. Model structure. *Hum Factors* 1991; 33: 123–137

Marras WS, Sommerich CM: A three-dimensional motion model of loads on the lumbar spine: II. Model validation. *Hum Factors* 1991; 33:139–149

McGill SM: Letter to the editor regarding: Causal assessment of occupational lifting and low back pain: results of a systematic review by Wai et al. *Spine J.* 2011; 11: 365

Melhorn JM.: A prospective study for upper-extremity cumulative trauma disorders of workers in aircraft manufacturing. *J Occup Environ Med.* 1996; 38:1264-71

Merkesdal S, Bernitt K, Busche T, Bauer J, Mau W: Comparison of costs-of-illness in a year before and after inpatient and outpatient rehabilitation in persons with spinal disorders. *Rehabilitation*; 2004; 43: 83-9

Miller JAA, Schmatz C, Schultz AB: Lumbar disc degeneration: correlation with age, sex, and spine level in 600 autopsy specimens. *Spine* 1988; 13: 173-178

Molteni G, De Vito G: Aspetti epidemiologici. *G Ital Med Lav Erg* 2001; 23: 110-115

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): *Work Practices Guide for Manual Lifting* (Report no. 81–122): NIOSH, 1981.

Ostrom SH, Driessen MT, de Vet HC, Franche RL, Schonstein E, Loisel P, van Mechelen W, Anema JR.: Workplace interventions for preventing work disability. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009

Punnett L: Epidemiological studies of physical ergonomics stressors and musculoskeletal disorders. In: *Work-related Musculoskeletal Disorders.*: National Academy Press, 1998

Rais O: Heparin treatment of peritendinitis crepitans. *Acta Chirurgica Scandinavica* 1961; 268

Rempel E, Dahlin L, Lundberg G: Biological response of peripheral nerves to loading: pathophysiology of nerve compression syndromes and vibration induced neuropathy. In: *Work related Musculoskeletal Disorders.* National Academy Press, 1998

Rempel E, Dahlin L, Lundberg G: Biological response of peripheral nerves to loading: pathophysiology of nerve compression syndromes and vibration induced neuropathy. In: *Work related musculoskeletal disorders.* National Academy Press, 1999: pp 98-115

Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: Causal assessment of awkward occupational postures and low back pain: results of a systematic review. *Spine J.* 2010; 10: 89-99

Rolf O, Ochs K, Bohm TD, Baumann B, Kirschner S, Golhlke F: Rotator cuff tear-an occupational disease. An epidemiological analysis. *Z Orthopp Ihre Grenzgeb* 2006; 144: 519-23

Salvati Alessandro: Industria e servizi: per le malattie record di denunce nel 2010. *Dati INAIL* 2011; 7

Sinclair S J, Hogg-Johnson S, Mondloch M V, Shields S A: The effectiveness of an early active intervention program for workers with soft-tissue injuries. *Spine* 1997; 22: 2919-2931

Sivestrein BA: Evaluation of interventions for control of cumulative trauma disorders. In : Ergonomic interventions to prevent musculoskeletal injuries industry. Lewis Publishers, 1987: pp. 86-99

Sjogoard G, Sjogoard K: Muscle injury in repetitive motion disorders. Clin Orthop Rel Res 1998, 351: 21-31

Snook SH, Campanelli RA, Hart JW: A study of three preventive approaches to low back injury. J Occup Med 1978; 20: 478-481

Szabo RM, Chidgey LK: Stress carpal tunnel pressures in patients with carpal tunnel syndrome and normal patients. J Hand Surg 1989; 12: 880-884

Takala EP, Andersen JH, Burdorf A, Fallentin N, Hartvigsen J, Leclerc A, Veiersted KB.: Spinal mechanical load as a risk factor for low back pain: a systematic review of prospective cohort studies. Spine 2010; 35: 1011-2

Takala EP, Pehkonen I, Forsman M, Hansson GA, 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: 3-24

Tsauo JY, Lee HY, Hsu JH, Chen CY, Chen CJ: Physical exercise and health education for neck and shoulder complaints among sedentary workers. J Rehabil Med 2004; 36: 253-257

Van Eijsden-Besseling MD, van den Bergh KA, Staal JB, de Bie RA, van den Heuvel WJ.: The course of nonspecific work-related upper limb disorders and the influence of demographic factors, psychologic factors, and physical fitness on clinical status and disability. Arch Phys Med Rehabil. 2010; 91: 862-7

Van Oostrom SH, Driessen MT, de Vet HC, Franche RL, Schonstein E, Loisel P, van Mechelen W, Anema JR: Workplace interventions for preventing work disability. Cochrane Database Syst Rev. 2009

Van Rijn RM, Huisstede BM, Koes BW, Burdorf A: Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder--a systematic review of the literature.

Scand J Work Environ Health. 2010; 36: 189-201

Van Tulder M, Becker A, Bekkering T, Breen A, del Real MT, Hutchinson A, Koes B, Laerum E, Malmivaara A; Working Group on Guidelines for the Management of Acute Low Back Pain in Primary Care. Chapter 3. European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. Eur Spine J. 2006;15: 169-91

Vincent MJ, Tipton MJ: The effects of cold immersion and hand protection on grip strength. Aviat Space Envir MD 1988; 59: 738-741

Violante F S, Bonfiglioli R, Mattioli S, Baldasseroni A, Baratti A, Bazzini G, Draicchio F, Graziosi F, Liotti F, Merseburger A, Maso S, Negro C, Porru S, Apostoli P: Linee guida per la prevenzione delle patologie correlate alla movimentazione manuale dei pazienti. Società di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale, 2007

Waddel G: Epidemiology review: the epidemiology and cost of back pain. The annex to the clinical Standards advisory Group's Report on back pain. HMSO, 1994.

Waddell G: The back pain revolution. Churchill Livingstone, 1998

Wai EK, Roffey DM, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S.: Causal assessment of occupational bending or twisting and low back pain: results of a systematic review. Spine J. 2010; 10: 76-88

Wai EK, Roffey DM, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: Causal assessment of occupational lifting and low back pain: results of a systematic review. Spine J. 2010; 10: 554-66

Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ: Revised NIOSH lifting equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. Ergonomics 1993., 36: 749-776