

D. Torri, E. Sala, C. Orizio¹, P. Apostoli

Stima della presa in pinch: approfondimento degli aspetti metodologici ed applicativi mediante l'impiego di un nuovo apparato portatile, P force Met

Dipartimento di Medicina Sperimentale Applicata, Sezione di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale Università degli Studi di Brescia

¹ Dipartimento di Scienze Biomediche e Biotecnologie, Sezione di Fisiologia, Università degli Studi di Brescia

RIASSUNTO. *Base di partenza ed obiettivi.* In letteratura sono numerosi gli studi mirati alla definizione di presa in pinch ed alla valutazione della forza esercitata in essa anche al di fuori dell'ambito ergonomico, ad esempio come parametro per valutare la riuscita di interventi chirurgici, l'efficacia di interventi riabilitativi, gli esiti di patologie. Nell'ambito della valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico all'arto superiore non esiste una chiara definizione/quantificazione delle prese digitali con o senza esercizio di forza, e l'obiettivo del presente lavoro è quello di metterne a fuoco alcuni aspetti metodologici ed applicativi. Per cercare di farlo sono state analizzate sperimentalmente quattro azioni tecniche in pinch, mediante l'impiego di un nuovo strumento portatile in grado di misurare la forza che viene esercitata durante la presa per obiettarne l'impegno biomeccanico.

Materiali e metodi. È stato utilizzato uno strumento di nuova progettazione denominato Pforce-Met prodotto da OT BIOELETRONICA di Torino (IT) che permette di rilevare la forza (o coppia) generata da una contrazione muscolare volontaria.

Lo strumento è stato impiegato in via sperimentale in una azienda metalmeccanica per quattro gruppi di 27 soggetti ciascuno per la misurazione della forza richiesta per l'esecuzione delle seguenti azioni tecniche: avvitatura manuale di bulloni, stesura con pennello di sigillante, cablaggio cavi, scrittura con penna.

Ad ogni lavoratore, una volta presentato lo strumento, è stato richiesto di esercitare la massima contrazione volontaria (MCV) opponendo le prime due dita della mano dominante sulla cella di carico. Successivamente al lavoratore veniva chiesto di mimare la forza necessaria in azione di presa digitale durante lo svolgimento dell'azione tecnica oggetto di valutazione. La "Spontaneous Force" (SF), forza che il lavoratore esercita sulla cella di carico mimando quella richiesta per effettuare l'azione tecnica, veniva registrata dopo che l'operatore per un minuto aveva effettuato l'azione tecnica. Dal rapporto di SF e MCV si è ottenuta la percentuale di MCV correlata alla specifica azione.

Sono stati inoltre raccolti i dati relativi alla valutazione soggettiva dell'impegno di forza tramite scala di Borg e quelli relativi alla prevalenza di disturbi e patologie a livello del distretto polso-mano ed i risultati della valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico all'arto superiore condotta con checklist OCRA.

Risultati. I risultati della SF nell'impiego della penna per scrivere si sono mediamente collocati tra il 2 e 3% della MCV mentre per presa di cavo e pennello sono stati evidenziati valori tra il 8 e il 12%.

L'avvitatura manuale determina invece un maggior impegno di forza che arriva al 31%. Le valutazioni con scala di Borg concordano con i risultati delle misurazioni, inoltre negli

Introduzione

La presa in pinch (traduzione dall'inglese del verbo to pinch "stringere") o presa di precisione è la presa che viene effettuata a dita strette opponendo il primo dito alle falangi distali delle altre dita (42). È possibile individuare alcuni "tipi" come il pulp pinch, un tipo di presa in cui la parte finale delle dita viene premuta contro l'apice del pollice. Nel lateral pinch o key pinch invece si oppone il pollice alla falange media del dito indice. Nel tip pinch la punta del pollice è premuta contro una o tutte le punte delle altre dita. Il palmar pinch è invece una presa senza utilizzo del pollice in cui la punta delle altre dita viene premuta contro il palmo della mano (29).

Nei muscoli impegnati nel pinch, principalmente il primo dorsale interosseo e l'adduttore del pollice, come in tutti i piccoli muscoli della mano il modello di attivazione delle unità motorie prevede il loro reclutamento completo entro il 40% della massima contrazione volontaria (MCV), in termini di sforzo assoluto entro una tensione al tendine di circa 8 N (16, 27).

Secondo il principio delle dimensioni di Hennemann (33) le fibre muscolari di tipo I, che appartengono alle unità motorie (UM) di tipo S, poco affaticabili, (specie se sottoposte ad attività intermittente) sono quelle che per le caratteristiche del loro motoneurone vengono reclutate già a bassissimi livelli di sforzo (12). Il principio di Henneman nel primo dorsale interosseo viene rispettato e quindi le prime unità motorie reclutate sono quelle S con fibre di tipo I. Queste UM sono sempre attive, qualsiasi sia il tipo di attività. Il processo di possibile danneggiamento per attivazione ripetuta va però quantificato in maniera oggettiva sulla base di modifiche elettromeccaniche misurabili con elettromiogramma e registrazione della tensione volontaria conseguente. Infatti lavori scientifici che hanno descritto tale evenienza si basano sull'analisi dei suddetti segnali biologici rilevati durante specifiche condizioni di lavoro diverse da quelle da noi investigate (39).

Secondo Armstrong (37) la forza necessaria per affermare un oggetto e quindi anche quella del pinch dipende dal peso dell'oggetto e dal coefficiente d'attrito. Uno degli esempi che l'Autore utilizza per descrivere la forza esercitata nella presa in pinch è il trasporto di un oggetto del peso di 20 Newton. Il trasporto richiede al lavoratore di

addetti all'uso della penna, ai compiti di sigillatura e cablaggio cavi non sono stati evidenziati disturbi e/o patologie a carico del distretto polso-mano. Sono risultate discordanti invece le valutazioni del rischio con metodo checklist OCRA che hanno evidenziato per sigillatura e cablaggio cavo situazioni a rischio da molto lieve a medio prevalentemente a seguito della valutazione della presa in pinch. Negli addetti all'avvitatura manuale non è stato possibile enucleare il dato in quanto adibiti ad altre operazioni a sicuro sovraccarico quali avviture meccaniche, montaggi, etc.

Conclusioni. In questo lavoro condotto con lo strumento p-force Met si è cercato di dimostrare che nella valutazione di alcune azioni tecniche caratterizzate dalla presenza di prese di precisione e definite con checklist OCRA, a priori come a rischio, il livello di forza esercitato in realtà è molto diverso. Pertanto se si accetta la prevalente impostazione di fisiologi ed ergonomi che il pinch non possa prescindere da una applicazione di forza (da quantificare rispetto a quella massima) nelle quattro attività considerate si sono dimostrati livelli ben differenti di potenziale rischio.

Azioni tecniche che richiedono prese in pinch nella realtà lavorativa sono numerose e definirle aprioristicamente "a rischio" solo perché prevedono l'opposizione delle prime due dita può indurre chi effettua la stima biomeccanica a conclusioni non corrispondenti ad un reale pericolo. Si conferma l'importanza di una valutazione critica dei risultati dell'applicazione di vari metodi, ove possibile comparativa, anche per poter meglio stimare la nota interazione dei diversi fattori di rischio nella genesi del danno. Il notevole diverso impegno di forza dimostrato con lo strumento p-force in azioni tutte caratterizzate dalla medesima postura in opposizione delle falangi delle dita deve infine indurre a cautela nell'applicazione di norme quali la ISO 11228-3.

Parole chiave: dita, mano, presa in pinch, misurazione della forza, rischio biomeccanico.

ABSTRACT. PINCH ASSESSING IN BIO MECHANICAL ANALYSIS: METHODOLOGICAL AND APPLICATIVE ASPECTS DEALT BY USING THE NEW P FORCE MET PORTABLE INSTRUMENT.

Background and objectives. Definition and significance of term pinch and related force exerted are still open outside the ergonomic field of interest too. The lack of consent appears relevant in upper limb biomechanical risk assessment.

Aim of this study is to focus methodological aspects and applications of pinch, analyzing four actions by a new portable instrument able to measure strain exertion during pinch action. Methods. A portable apparatus named P-forceMet, produced by OT bioelettronics, Turin (Italy) had been used.

It measures the force generated by voluntary muscle contraction both in maximal condition (MCV) and in specific working conditions (Spontaneous Force, SF). We examined four groups of 27 subjects exerting forces of different entity required in 4 technical actions: tightening bolts, writing with a pen, use a brush to spread sealer, wiring cables.

The workers were asked to exert the MCV and value was registered to be compared with force simulated on the instruments taking into account the specific experienced action. Data from force analysis by Borg scale and data about upper limb disorders had also collected, as well as the results of risk assessment by checklist OCRA application.

Results. Comparing MCV and SF we demonstrated different levels of measured forces: from 2-3% when using the pen to write to 8-12% for cabling and brushing activities to 31% for manual tightening.

These results were in good agreement with evaluations by Borg scale, while risk assessment by check list OCRA were discordant (sealing and cable wiring were sometimes at level of mild to

prendere un lato dell'oggetto stringendo a sufficienza per evitare che esso scivoli dalle dita. La forza esercitata con la presa in pinch necessaria equivale al peso dell'oggetto diviso due volte il coefficiente di frizione. Una forza addizionale è inoltre richiesta per vincere la forza d'inerzia dell'oggetto. Il valore ottenuto viene poi normalizzato come percentuale della massima contrazione volontaria (%MCV).

Per la quantificazione della forza Armstrong ha proposto una scala che consente di quantificare la percezione dello sforzo, analoga a quella successivamente proposta da Borg (11). Tale scala è caratterizzata da un punteggio compreso tra 0 e 10 e permette una valutazione soggettiva dello sforzo muscolare percepito dal soggetto durante lo svolgimento di un'attività. I dati ottenuti con l'impiego della scala sono risultati confrontabili con i dati ottenuti dall'elettromiografia di superficie secondo la formula Borg CR10 scale $\times 10 =$ percentuale MVC ricavata con l'elettromiografia (13, 34).

Gli studi sul pinch sono numerosi anche in discipline diverse dall'ergonomia occupazionale quali la neurofisiologia, l'ortopedia, la fisioterapia, la neurologia; studi mirati alla valutazione della entità di forza esercitata dalla presa pinch spesso per valutare la riuscita di interventi chirurgici, l'efficacia di interventi riabilitativi, gli esiti di traumi o patologie (2, 9, 25, 26, 35, 38, 40).

Esistono anche modelli fisiopatogenetici che correlano il danno muscolare all'aumento della pressione intrafasciale (intramuscular fluid pressure, IMP), che dà luogo ad un ridotto afflusso di ossigeno e di nutrienti e a fenomeni degenerativi ed infiammatori. Edwards e Ashton Miller si sono concentrati sul ruolo della contrazione muscolare eccentrica nel determinismo del danno che, quando assente, rappresenta un ulteriore elemento di assenza di sollecitazione biomeccanica in alcune azioni di presa (7, 17).

Passando ai metodi per la valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico dell'arto superiore, in ambiente lavorativo il metodo più diffuso nel nostro paese, OCRA e OCRA checklist, considera la presa in pinch (oltre alla presa palmare e alla presa ad uncino) come presa ad impegno medio/alto, più sfavorevole rispetto alla presa in "grip" o "presa di forza" (che si realizza impugnando con l'intera mano l'oggetto) (13).

Alla presa in "pinch" viene attribuito un punteggio pari a "2" (il massimo punteggio attribuibile alla postura del distretto mano-dita è pari a "8") se viene mantenuta per almeno 1/3 della durata del ciclo.

Il metodo considera questo tipo di presa intrinsecamente più a rischio poiché la massima forza esercitabile mediante presa in pinch è pari a circa il 25% della forza esercitabile dalla presa in "grip". Riconoscendo la presa come intrinsecamente a rischio ne viene proposta la valutazione nell'ambito della postura, e quindi indipendentemente dall'entità della forza esercitata (13).

La checklist proposta da Keyrseiling (20) nell'ambito della valutazione della forza prevede che vengano evidenziati e temporizzati nel ciclo i seguenti fattori di rischio: – sforzi con la punta delle dita (parte che comprende il polpastrello e la parte terminale dell'unghia) quando il dito o il pollice è utilizzato per inserire/spingere con

medium risk mainly due to posture evaluation of pinch). Workers engaged in writing, sealing and cabling did not suggest disorders to wrist-hand.

Conclusions. Actions with pinch are numerous in working activities and if defined "at risk" only because they require posture of opposition of the first two fingers, we could not classify correctly to the real bio mechanical overload.

This study carried out using an instruments able to measure the force exerted during pinch operations demonstrates that the force (and then of possible strain) is different in the four activities. It confirms the importance of critical evaluation of different hazards and of their interaction in causing the functional or organic disorder. In our case a remarkable difference of force was demonstrated by instrument p-force in actions involving the same hazard related to posture. Further investigation appears to be necessary to eliminate the residual subjective component of this force measurement method due to the necessity of simulating the force requested by specific action.

Key words: upper limb musculoskeletal disorders, pinch, force determination, biomechanical risk assessment.

forza un coperchio o se il dito o il pollice è utilizzato per premere un pulsante che richiede una forza di attivazione < di 2lbs;

- la checklist prevede altresì che venga individuata, come la checklist OCRA nell'ambito della valutazione della postura l'eventuale presenza di prese in pinch considerate a rischio anche in assenza di esercizio di forza.

Infine le norme ISO 11228-3: 2007 (E) (22), derivate con tutta evidenza dal metodo OCRA, considerano la presa in pinch come "a rischio" nell'ambito della valutazione della postura correlandola al tempo in cui la presa in pinch viene mantenuta rispetto alla durata del ciclo (un decimo, un terzo, etc.).

Altri metodi di valutazione considerano la presa in pinch a rischio ed a rischio crescente quando associata all'esercizio di forza (8, 14, 21, 43).

La scheda dei segnalatori di rischio dello Stato di Washington (43), metodo consigliato nella valutazione preliminare dei lavori "potenzialmente a rischio" (5) considera la presa in "pinch" a rischio se la postura in opposizione delle falangi distali delle dita si accompagna all'esercizio di forza. Viene infatti riportata: "Afferrare con le dita di una mano oggetti che pesano 1 kg o più, o esercitare con i polpastrelli una forza superiore ai 2 kg con una sola mano, per più di due ore totali al giorno (sforzo paragonabile a quello necessario a sostenere mezza risma di carta con le sole dita della mano)".

Per il metodo OREGÉ (21) la presa in pinch si considera un fattore di rischio nell'ambito della valutazione dell'item forza ricercando i seguenti parametri:

- 1 - peso degli oggetti e degli utensili (il limite ammissibile si colloca tra 1 e 2 kg. Questo limite non è che un valore indicativo che vale solo per l'attività gestuale nella postazione di lavoro e non si applica al trasporto dei carichi);
- 2 - tipo di presa: la presa di "riferimento" è la presa a piene mani. Tutte le altre prese vengono considerate come più sollecitanti.

La checklist OSHA (39) considera la presa pinch come sovraccaricante se associata ad esercizio di forza. Nell'ambito della valutazione della forza manuale ripetuta o mantenuta prevede che si verifichino i seguenti fattori di rischio: "Sollevare un oggetto pesante o chiuderlo forte con la mano con una pressione stretta. Presa digitale con forza di più di 1 kg". Nella sezione dedicata alla valutazione della postura incongrua prevede inoltre che venga verificata la seguente condizione: "Dita: presa digitale energica per schiacciare o tenere un oggetto".

La check list di Torino (8) prevede, nella valutazione del fattore di rischio postura incongrua tra gli indicatori posturali e di presa l'individuazione di impugnatura di oggetti ed attrezzi con prese di tipo pinch (l'item risulta verificato quando l'oggetto viene impugnato con l'estremità delle dita). Il metodo prevede che si verifichi l'impegno di forza eventualmente associata a tale postura incongrua verificando la presenza degli indicatori dell'uso di forza quali: "Manipolazione ripetitiva di oggetti che pesano > 1 kg", condizione rispettata quando vengono afferrati tra pollice e indice e sollevati oggetti di peso > 1 kg oppure quando viene esercitata una forza > 1 kg.

L'indice proposto dall'ACGIH prevede l'integrazione tra 2 fattori: la forza di picco esercitata dalla mano e l'indice di attività manuale (HAL) che tiene conto di frequenza d'azione, pause e postura in presa. L'integrazione tra HAL e picco di forza, base del rationale di questo metodo, rende impossibile il superamento anche solo del livello d'azione se la presa in pinch non si associa a forza (1).

Altri metodi di valutazione di utilizzo corrente non considerano la presa pinch tra i fattori di rischio da sovraccarico biomeccanico né nell'ambito della valutazione della postura né della forza.

Il metodo REBA (19) che ha come fondamento l'analisi di posture statiche o dinamiche in funzione dei carichi movimentati e dell'esercizio di forza prevede una generica valutazione delle condizioni di presa.

Il metodo RULA (24) ad esempio, metodo principalmente studiato per la valutazione della postura e dell'esercizio di forza, prevede la valutazione della presenza di posture incongrue del polso (flesso-estensioni, deviazioni radio-ulnari e rotazioni), ma non delle prese a dita strette.

Anche lo strain index (28) principalmente studiato per la valutazione del sovraccarico biomeccanico a livello del distretto polso-mano prevede che venga effettuata la valutazione della presenza di flesso estensioni o deviazioni ulnari del polso e l'individuazione/quantificazione delle azioni tecniche in esercizio di forza, ma non la postura in opposizione delle falangi distali.

Da quanto sopra sintetizzato emerge quindi una non chiara definizione/quantificazione del rischio nell'esercizio di prese digitali con o senza esercizio di forza e un suo ruolo importante nel determinare i risultati finali dalle applicazioni di metodi come OCRA.

Misurare la forza necessaria per effettuare un'azione tecnica che viene esercitata con la presa in pinch (qualunque tipo di presa pinch per esempio pulp pinch o lateral pinch) richiede pertanto che trovino risposta due quesiti di natura metodologica: "come può essere misurata?", "come possono essere interpretati e descritti i dati ottenuti dalla

misurazione?”. A ben vedere il discorso si può o deve essere allargato alla stima del fattore di rischio “forza” correntemente misurata soggettivamente intervistando il lavoratore con scale come quella di Borg o quella di Latko (11, 23).

Nell’ambito del confronto del dato soggettivo con misurazioni strumentali oggettive e standardizzate può essere ricordato un recente studio in cui fatica e livelli di attivazione muscolare sono stati esaminati con elettromiografia di superficie, somministrazione della scala di Borg e valutazione del rischio condotta con il metodo OCRA. L’obiettivo era quello di oggettivare la misurazione dello sforzo muscolare mediante elettromiografia di superficie e video sincronizzati applicati in laboratorio su compiti ripetitivi a diversi livelli di indice OCRA o in ambito lavorativo per valutare l’utilizzo di diversi strumenti di lavoro. Lo studio ha consentito di oggettivare lo sforzo dei singoli muscoli coinvolti nei compiti specifici e confrontare i risultati con la valutazione soggettiva del lavoratore e con metodo OCRA. Gli Autori hanno dimostrato che i test soggettivi sui livelli di forza necessari allo svolgimento del compito, base metodologica della valutazione della forza per il metodo OCRA, risultano coerenti con l’indagine strumentale (elettromiografica), che a sua volta quindi mostra buona concordanza con i risultati della valutazione del rischio condotta con metodo OCRA. Lo studio propone di unire metodi di valutazione osservazionali a studio della cinematica sincronizzata all’analisi elettromiografica consentendo di ottenere una più oggettiva valutazione funzionale del lavoro e del rischio, fornendo dati sul livello di coinvolgimento di gruppi muscolari durante l’effettuazione di compiti prolungati nel tempo e fornendo informazioni su sforzo e livello di affaticamento muscolare (34).

L’obiettivo del presente lavoro è quello di mettere a fuoco alcuni aspetti metodologici ed applicativi della presa in pinch, analizzando quattro azioni (tra cui alcune delle norme ISO 11228-3) che vengono effettuate mediante presa in pinch, prevalentemente pulp e lateral pinch, mediante l’impiego di un nuovo strumento portatile in grado di misurare la forza che viene esercitata.

Materiali e metodi

Descrizione dello strumento

Al fine di misurare la forza esercitata con la presa in pinch è stato utilizzato uno strumento portatile denominato P-forceMet, che permette di rilevare la forza (coppia) generata da una contrazione muscolare volontaria (figura 1).

Questo strumento può essere utilizzato per la misura di forza prodotta da diverse articolazioni attraverso un sistema di trasmissione della forza ad un sensore (cella di carico). Nel nostro caso quella esercitata tra i polpastrelli delle dita in opposizione.

Il segnale proveniente dalla cella di carico, amplificato e condizionato in frequenza (banda passante da 0 a 100 Hz), è visualizzato su uno schermo a cristalli liquidi costituendo un biofeed-back visivo per l’utilizzatore. I segnali

rilevati durante la campagna di misura possono essere salvati su una memoria di tipo Secur Digital (SD).

Registrata la massima contrazione volontaria (MCV) si richiede al soggetto di esercitare una forza simile a quella della azione tecnica svolta definita spontaneous force (SF) (figura 2).



Figura 1. Metodo di valutazione dell’esposizione a specifici pesticidi

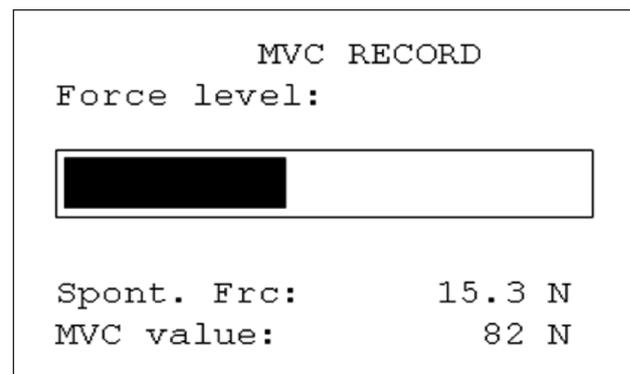


Figura 2. P-ForceMet: registrazione MCV

* Il P-ForceMet consente di registrare la massima contrazione volontaria (MVC) di un paziente ed un valore di contrazione definito “Spontaneous Force”. L’MVC viene utilizzato per lavorare a percentuali del proprio massimo anziché a livelli assoluti di forza, in modo da poter confrontare diversi soggetti. Il valore di “Spontaneous Force” è un valore di forza che può essere richiesto al paziente e riflette la forza normalmente sviluppata per compiere un determinato gesto. La “Spontaneous Force” può essere quindi comparata al MVC.

Casistica

Lo strumento è stato impiegato in via sperimentale in una azienda metalmeccanica in soggetti durante lo svolgimento ripetuto delle seguenti azioni tecniche:

- avvitatura manuale di bulloni prima della “chiusura” con avvitatore: l’operatore posiziona il bullone che tiene tra il primo ed il secondo dito con presa di precisione in “pinch” nella specifica sede ed inizia a ripetere le azioni di avvitatura sul dado (figura 3);
- scrivere con una penna: l’operatrice (gruppo di sole donne) scrive manualmente con la penna a sfera tenuta tra primo e secondo dito con presa di precisione (figura 4);
- uso di pennello per stendere del sigillante: l’operatore mediante pistola a siringa posiziona il sigillante tra 2 parti metalliche vicine e lo stende con l’ausilio di un



Figura 3. Avvitatura manuale



Figura 4. Scrittura con penna

detti al cablaggio cavo telaio, mansione che comporta la presa in pinch del cavo, sono state raccolte le segnalazioni di disturbi o di patologie del distretto mano polso.

Sono stati analizzati anche i punteggi attribuiti mediante la scala di Borg alle azioni tecniche che per i singoli operatori addetti a scrittura, sigillatura e cablaggio cavo ri-



Figura 5. Utilizzo del pennello

pennello impugnato con presa di precisione (azione tecnica ripetuta: stende sigillante con pennello) (figura 5);
– cablaggio cavi: l'operatore posiziona il cavo (che tiene tra il primo ed il secondo dito con presa di precisione) nella apposita sede (figura 6).

Sono stati valutati quattro gruppi di 27 soggetti per ciascuna delle 4 operazioni per un totale di 108 soggetti, 81 uomini e 27 donne.

Nel nostro studio al lavoratore è stato presentato P-ForceMet e gli è stato chiesto di esercitare la massima contrazione volontaria (MCV) opponendo le prime due dita della mano dominante (con la quale effettua l'azione tecnica) e registrando il valore misurato dallo strumento.

Il lavoratore ha quindi effettuato l'azione tecnica per un minuto al termine del quale gli è stato chiesto di esercitare sullo strumento la stessa forza prima richiesta per effettuare l'azione tecnica.

Il valore di SF rapportato alla MCV ha consentito di definire la percentuale di MCV correlata con lo specifico gesto.

Per ognuna delle suddette azioni tecniche sono stati registrati i relativi valori percentuali di massima contrazione volontaria (% MCV).

Per i lavoratori addetti alla scrittura, per gli addetti alla sigillatura, mansione che comporta la presa in pinch del pennello per la stesura del sigillante e per gli operatori ad-

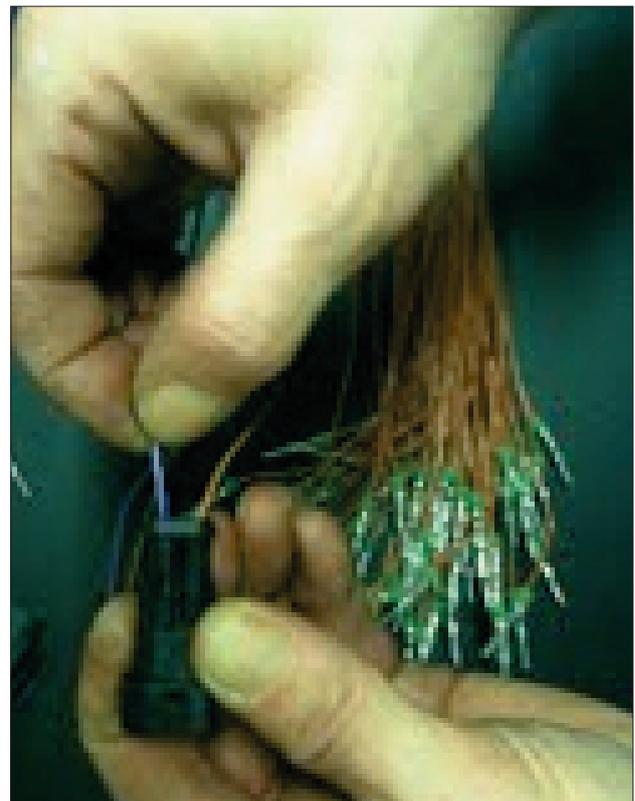


Figura 6. Cablaggio cavi

chiedevano esercizio di forza al fine di verificare quanti lavoratori attribuivano la richiesta di forza nello stendere il sigillante con il pennello o nel mantenere il cavo tra le dita nelle operazioni di cablaggio e in caso positivo quale tipologia di punteggio fosse stata attribuita.

Inoltre sono state analizzate anche le valutazioni OCRA condotte nel 2007-2008 delle singole postazioni della sigillatura e del cablaggio cavo telaio, ponendo particolare attenzione al punteggio attribuito all'item postura (distretto mano-polso) in relazione alla presa in pinch e in relazione al punteggio complessivo attribuito alla singola postazione.

I lavoratori che tra le varie azioni tecniche componenti un ciclo di montaggio effettuano anche l'avvitatura manuale, hanno individuato come in forza l'uso di avvitatori o di chiavi dinamometriche, il montaggio/aggancio particolari. Non hanno invece definito come in forza le azioni di avvitatura manuale. Non è stato inoltre possibile porre in relazione alla sola avvitatura manuale gli eventuali disturbi dichiarati dai lavoratori addetti a questo compito caratterizzato, oltre all'avvitatura manuale, da un'ampia variabilità di operazioni e azioni tecniche a differente livello di rischio.

I risultati ottenuti sono stati inseriti in un database ed elaborati tramite analisi statistica descrittiva: calcolo valori medi e deviazione standard, analisi della varianza, errore standard dell'asimmetria, curtosi ed errore standard della curtosi, test non-parametrico di K-S.

Risultati

Nelle tabelle I e II sono riportati i risultati delle misure effettuate, precisando per ogni gruppo numero, media, deviazione standard (DS), dati sulla simmetria della distri-

buzione, valori minimo e massimo percentili di maggiore interesse

Il test di Kolmogoroff & Smirnov (vedi nota a piè di tabella) ha dimostrato una distribuzione normale per tutte le misurazioni effettuate.

Il dato di maggior interesse, è come detto il rapporto tra SF ed MCV, rapporto in grado di esprimere valori di percentuali di massima contrazione volontaria.

Dall'analisi del grafico riportato in figura 7 si evince che solo per l'avvitatura manuale si supera il 20% della SF/MCV.

Più in dettaglio nelle singole misurazioni effettuate per la presa in pinch del filo, della penna e del pennello, solo in 2 misurazioni è stato superato il 20%.

In tabella III sono riportati i dati relativi ai disturbi e alle patologie del distretto mano polso per i lavoratori che effettuano la sigillatura, il cablaggio del cavo telaio e gli impiegati.

Da quanto si evince dalla tabella tra i 27 lavoratori che sono adibiti al cablaggio cavo in un solo caso è riferita una algia al polso destro mentre non sono presenti casi di patologie del distretto mano-polso.

Per la linea di sigillatura invece non sono segnalati disturbi tra gli operatori che utilizzano il pennello per stendere il sigillante, ma una patologia in un lavoratore proveniente da altro reparto e asintomatico da quando effettua l'attuale mansione.

Anche per gli addetti alla scrittura non sono stati registrati casi di disturbi o patologie all'arto superiore.

Dall'analisi dei punteggi BORG attribuiti alla forza richiesta nello svolgimento di azioni tecniche nell'attività di sigillatura solo 3 lavoratori individuano l'esercizio di forza per tenere il pennello in presa pinch (2 lavoratori punteggio "2" e uno "3"). Tuttavia questi 3 denunciano l'esercizio di forza associandola alla assunzione di posture incongrue del polso per raggiungere aree non "comode"

Tabella I. Valori misurati per avvitatura e cablaggio cavi

		MCV avvitat.	SF avvitat.	MCV cavo	SF cavo
N	Validi	27	27	27	27
Media		71,30	21,85	71,30	5,25
Deviazione std.		7,347	5,582	27,508	4,616
Varianza		53,986	31,156	756,678	21,312
Asimmetria		-,143	,042	1,061	1,609
Errore std dell'asimmetria		,448	,448	,448	,448
Curtosi		-,788	-1,302	,867	2,722
Errore std della curtosi		,872	,872	,872	,872
Minimo		57	13	34	0
Massimo		84	30	147	19
Percentili	5	58,20	12,50	34,40	,00
	25	65,00	17,60	52,00	2,10
	50	72,00	19,40	63,00	4,60
	75	76,00	27,90	90,00	6,20
	95	83,60	29,80	136,20	17,74

Test di Kolmogoroff: distribuzione normale, $z = MCV,487,996$; $SF,978,1.25$

Tabella II. Valori misurati per uso penna e pennello

		MCV penna	SF penna	MCV pennello	SF pennello
N	Validi	27	27	27	27
Media		45,11	,83	71,93	5,456
Deviazione std.		7,673	,632	11,522	1,0412
Varianza		58,872	,399	132,764	1,084
Asimmetria		1,641	,504	,305	,517
Errore std dell'asimmetria		,448	,448	,448	,448
Curtosi		3,097	-,527	-,542	-,463
Errore std della curtosi		,872	,872	,872	,872
Minimo		35	0	50	4,0
Massimo		68	2	95	8,0
Percentili	5	35,80	,00	52,80	4,080
	25	40,00	,40	63,00	4,600
	50	44,00	,70	70,00	5,400
	75	47,00	1,30	80,00	6,500
	95	66,80	2,06	94,20	7,520

Test di Kolmogoroff: distribuzione normale, z = MCV,487,572; SF,978,783

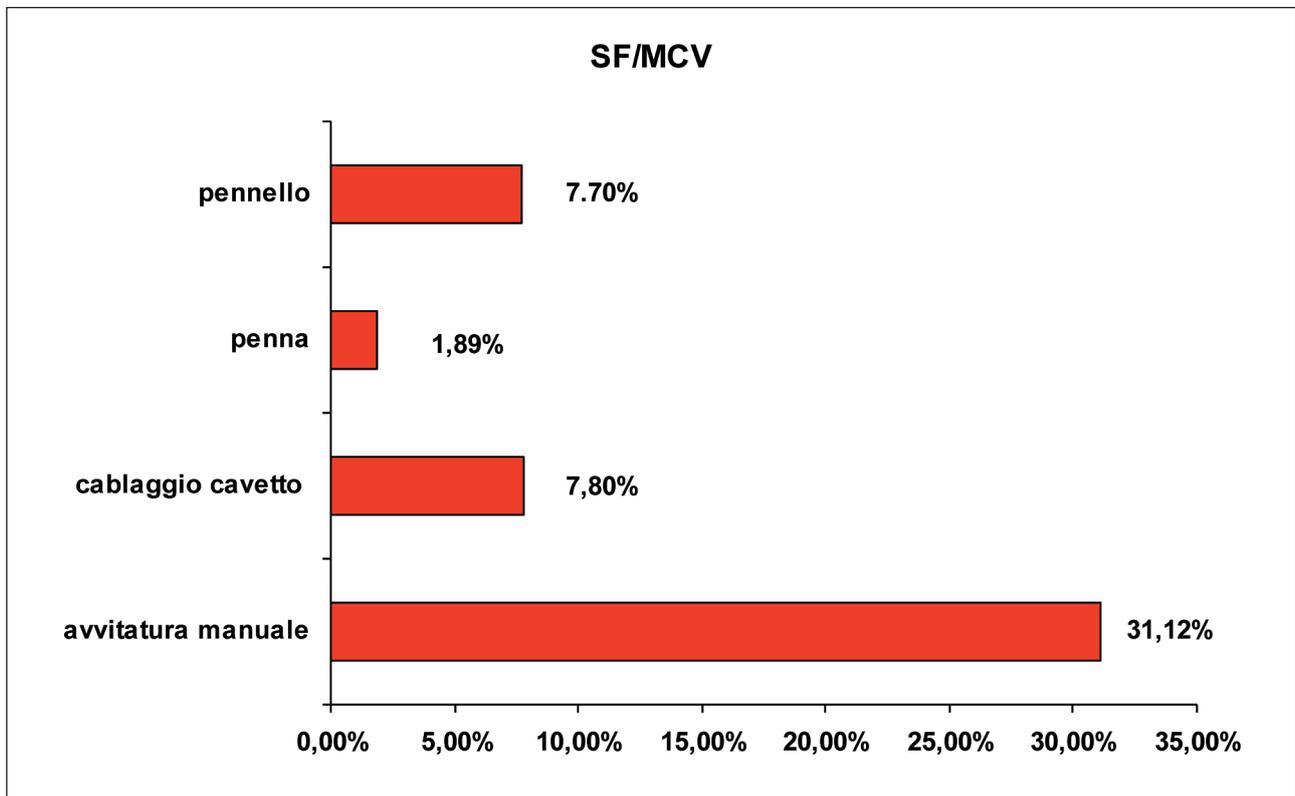


Figura 7. Rapporto SF/MCV per le 4 azioni oggetto di valutazione

dove stendere il sigillante. Nessun operatore invece attribuisce forza per il mantenimento del cavo tra le dita, ma al massimo un addetto quando lo si deve liberare dalla matassa ed un lavoratore attribuisce un punteggio 3 al sollevamento di tutta la matassa.

Tra tutti gli addetti alla scrittura nessuno individua come in forza l'azione di presa della biro, dopo specifico

quesito sono stati registrati punteggi tramite scala di Borg compresi tra 0 e 1.

Gli addetti al montaggio segnalano invece punteggi della scala di borg compresi tra 3 e 4, ma nessun intervistato attribuisce tali punteggi all'avvitatura manuale che non viene mai definita dai lavoratori tra le azioni che richiedono esercizio di forza.

Tabella III. Disturbi e patologie a carico del distretto mano-polso negli addetti al cablaggio cavo ed alla sigillatura con pennello

Mansione	Numero lavoratori	Disturbi	Patologie
Addetto cablaggio cavo telaio	27	1 algia polso destro	nessuna
Addetti alla sigillatura	27	nessuno	1 morbo di Dupuytren
Impiegati	27	nessuno	nessuno

L'analisi dei risultati della valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico all'arto superiore condotta con checklist OCRA su 58 postazioni in cui veniva effettuata sigillatura con pennello ha evidenziato punteggi attribuiti alla presa in pinch nell'ambito della valutazione della postura diversi da zero in 33 postazioni. Questo dato non è irrilevante perché nella maggior parte dei casi, 25 postazioni su 33, il punteggio complessivo attribuito alla postazione si colloca in fascia a rischio (giallo o rossa), anche per il contributo dell'item postura. I 27 lavoratori che hanno partecipato allo studio risultano tutti addetti a queste 33 postazioni risultate a rischio maggiore causa la valutazione della presa in pinch del pennello.

Le postazioni di cablaggio cavo telaio si collocano in fascia gialla in assenza di altri fattori di rischio oltre alla tipologia di presa. Nell'ambito della valutazione del ciclo lungo di montaggio, l'analisi dei sub-compiti di avvitatura manuale evidenzia la presenza di azioni ripetute in presa pinch delle viti che vengono imboccate e avvitate manualmente in assenza però di forza poiché la vite viene poi stretta con l'avvitatore.

Discussione e conclusioni

I modelli fisiopatogenetici alla base delle patologie a carico dell'arto superiore, pur non essendovi sempre concordanza in letteratura, richiedono, per i principali fattori di rischio (forza, ripetitività, postura), di valutare entità, ripetitività e durata e per ogni loro combinazione i possibili meccanismi attraverso i quali si possono instaurare le alterazioni funzionali od organiche.

In questo primo lavoro condotto con lo strumento p-force si è cercato di dimostrare che nella valutazione di alcune azioni tecniche definibili, secondo una rigida interpretazione delle stesse norme ISO 11228-3, a priori come ugualmente a rischio, il livello di forza esercitato in realtà è molto diverso. Pertanto se si accetta che il pinch non possa prescindere da una applicazione di una forza (senz'altro da quantificare rispetto a quella massimale) nelle quattro attività considerate si sono dimostrati livelli ben differenti di rischio.

I risultati della misura della forza nell'impiego della penna per scrivere infatti si sono mediamente collocati tra il 2 e 3% mentre presa di cavo e pennello hanno evidenziato valori tra il 8 e il 12%.

Nell'avvitatura manuale l'impegno di forza arriva mediamente al 31%.

Il punto principale su cui questo lavoro cerca di dare un contributo è quello dell'evidente discordanza nella valutazione della presa in pinch tra OCRA e altri metodi di

valutazione del rischio attualmente disponibili in letteratura. Anche la norma ISO 11228-3, come detto di evidente derivazione OCRA, considera l'azione di opposizione delle falangi distali in assenza di esercizio di forza come intrinsecamente a rischio poiché in grado di esercitare forza minore rispetto alle prese considerate "ottimali".

Azioni tecniche che richiedono prese in pinch nella realtà lavorativa sono numerose e definirle "a rischio" solo perché prevedono l'opposizione delle prime due dita (come ben rappresentato nelle immagini tratte dalla norma ISO 11228-3 e proposte a titolo esemplificativo in figura 8) può indurre chi effettua la stima biomeccanica a conclusioni non corrispondenti ad un reale rischio per l'operatore, con ripercussioni facilmente immaginabili nella organizzazione del lavoro, nella definizione dei programmi preventivi, nella stessa sorveglianza sanitaria degli esposti.

Alcune di queste conclusioni sarebbero anche socialmente "imbarazzanti" portando a considerare a rischio milioni di studenti che utilizzano la penna per scrivere (spesso come sappiamo con scarsa voglia) e che nelle scuole primarie potrebbero addirittura sommare al sovraccarico biomeccanico fattori di ipersuscettibilità collegata all'età.

Come già discusso i risultati della valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico all'arto superiore hanno evidenziato che il punteggio attribuito alla presa in pinch nell'ambito della valutazione della postura è diverso da zero nel 57% delle postazioni analizzate e che nel 76% delle postazioni di sigillatura il punteggio complessivo attribuito alla postazione si colloca in fascia a rischio (giallo o rossa), anche per il contributo dell'item postura (certamente non sempre determinante), con le conseguenti implicazioni della gestione del rischio.

Anche per le postazioni di cablaggio cavo telaio la valutazione della presenza di prese di precisione consente di evidenziare una situazione a rischio, anche se molto lieve, in assenza di altri determinanti del rischio.

Come già evidenziato in nostre precedenti esperienze (36) la valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico all'arto superiore non deve prescindere da un confronto con i dati emersi dalla sorveglianza sanitaria. A tal proposito l'analisi della distribuzione di disturbi e patologie a carico dell'arto superiore negli addetti a applicazione sigillante a pennello (compito caratterizzato da punteggi di rischio appartenenti alla fascia giallo-rossa tramite checklist OCRA) e cablaggio cavi ricavata dalle cartelle sanitarie e rischio e l'intervista degli addetti alla scrittura non evidenziano criticità degne di nota (tra i 158 addetti a tali compiti nell'azienda sono stati segnalati un caso di algie aspecifiche alla regione polso-mano e un caso di morbo di Dupuytren).

ISO 11228-3:2007(E)

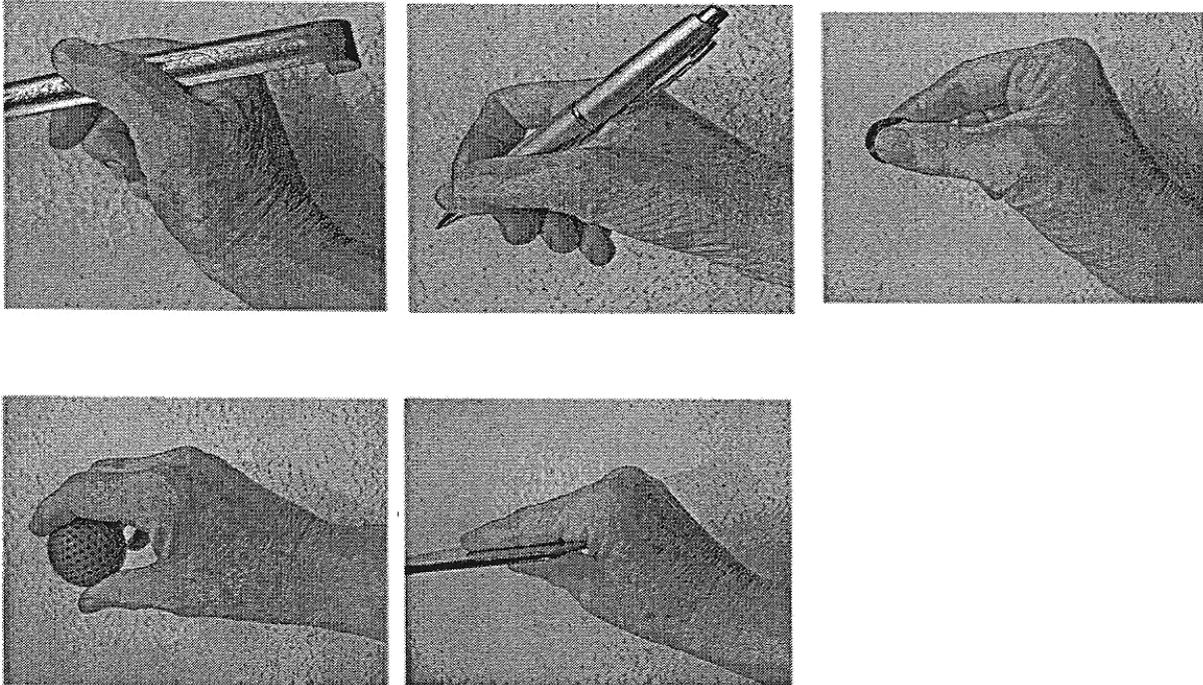


Figura 8. Esempi di prese pinch tratti dalla norma ISO 11228-3

Un aspetto critico nello studio degli UE WMSDs è sempre stato individuato nella loro origine multifattoriale, a tal proposito si ricorda lo schema elaborato dal NIOSH e riportato in tabella IV che cercava di gerarchizzare le interazioni dei diversi fattori di rischio per i diversi segmenti (30).

Considerare come a rischio a priori e di medesima entità tutte le azioni di presa digitale senza la valutazione di tutti i determinanti del rischio quali il tempo, il coefficiente di frizione, la forza esercitata (in funzione anche della percentuale di MCV) rischia di includere a priori tra quelle sovraccaricanti anche alcune diffuse e quotidiane attività.

Nella registrazione delle azioni di presa digitale non si dovrebbe prescindere dalla misura del tempo di mantenimento, della ripetitività e soprattutto della forza esercitata.

Un tema che a nostro avviso non può più essere rimandato nell'approfondimento scientifico ed applicativo è quello della misura della forza.

Nell'applicazione della più comune scala di misura, quella di Borg, è stata sottolineata (13) l'importanza di chiedere ai lavoratori (che spesso confondono l'impegno di forza con la stanchezza complessiva che avvertono a fine turno) se esistono nel ciclo delle azioni che richiedono un'apprezzabile forza muscolare. In caso affermativo si passa ad attribuire a ciascuna un livello di forza con termine verbale (del tutto assente, estremamente leggero, ..., moderato..., forte, ..., massimo) e non numerico. È stato parimenti sottolineato però che l'applicazione della scala di Borg, metodo soggettivo di misurazione della forza, ri-

sulta talvolta difficilmente applicabile sia per difficoltà di spiegazione ed interpretazione che per la bassa specificità delle informazioni fornite (34).

I dati ottenuti p-force concordano con le valutazioni borg dei lavoratori che non attribuiscono forza per il mantenimento del cavo tra le dita e per la presa del pennello (solo 3 lavoratori individuano l'esercizio di forza per tenere il pennello associati alla assunzione di postura incongrua del polso per raggiungere aree non "comode" dove stendere il sigillante) e per la presa della biro.

È già stata fatta la proposta di una caratterizzazione più oggettiva rispetto all'intervista con scala di Borg con l'impiego dell'elettromiografia di superficie (34). In questa ottica si è mosso anche il nostro contributo con p-force, cioè il tentativo di misurazione con parametri oggettivi la forza muscolare esercitata da lavoratori impegnati a svolgere compiti ad impegno variabile.

Resta una certa elasticità collegata alla fase di riproduzione della forza applicata da confrontare poi con quella massima. Stiamo già studiando un adattamento dello strumento per rendere oggettiva anche questa fase ed un suo confronto con il gold standard che resta l'elettromiografia.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione la Direzione, il Servizio di Prevenzione e Protezione ed i Lavoratori dell'Azienda IVECO SpA.

Tabella IV. Evidenze di associazione tra "disorders" dell'arto superiore e fattori di rischio (NIOSH 1997)

Parte dell'arto superiore a rischio e fattore di rischio	Forte evidenza di associazione	Evidenza di associazione	Insufficiente evidenza di associazione
Collo/spalla-collo			
Ripetitività		X	
Forza		X	
Postura incongrua	X		
Vibrazioni			X
Spalla			
Ripetitività		X	
Forza			X
Postura incongrua		X	
Vibrazioni			X
Gomito			
Ripetitività			X
Forza		X	
postura incongrua			X
combinazione dei vari fattori	X		
Mano-polso, S. del tunnel carpale			
Ripetitività		X	
Forza		X	
Postura incongrua			X
Vibrazioni		X	
Combinazione dei vari fattori	X		
Mano-polso, tendinite			
Ripetitività		X	
Forza		X	
Postura incongrua		X	
Combinazione dei vari fattori	X		
Mano-polso, S da vibrazioni			
Vibrazioni	X		

Bibliografia

- 1) ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) TLV and BEI 2001. Ergonomics, statement on work-related musculoskeletal disorders, hand activity level: 107-112.
- 2) Armstrong CA, Oldham JA. A comparison of dominant and non-dominant hand strengths. J Hand Surg Br 2001; 26 (3): 273.
- 3) Armstrong TJ. Analysis and Design of jobs control of work related musculoskeletal disorders. In Violante F, Armstrong T, Kilbom A. Occupational ergonomics work related musculoskeletal disorders of the upper limb and back. Taylor and Francis ed. London, 2000; 51-81.
- 4) Apostoli P, Bovenzi M, Occhipinti E, Romano C, Violante F, Cortesi I, Baracco A, Draicchio E, Mattioli S. Linee Guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie muscolo scheletriche dell'arto superiore correlati con il lavoro (UE WMSDs). Pavia PIME Ed. 2004.
- 5) Apostoli P, Bovenzi M, Occhipinti E, Romano C, Violante F, Cortesi I, Baracco A, Draicchio E, Mattioli S. Linee Guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie muscolo scheletriche dell'arto superiore correlati con il lavoro (UE WMSDs) Prima revisione Fascicolo allegato a GIMLE 2006, 27.
- 6) Apostoli P, Sala E, Gullino A, Romano C. Analisi comparata dell'applicazione di quattro metodi per la valutazione del rischio bio-

- meccanico per l'arto superiore. G Ital Med Lav Ergon 2004; 26: 223-41.
- 7) Ashton Miller JA. Response of muscle and tendon to injury and overuse. Work related musculoskeletal disorders: report, workshop summary, and workshop papers. National Research Council, Washington D.C.: National Academy Press 1999: 73-97.
 - 8) Baracco A, et al. La checklist di Torino: evoluzione di uno strumento olistico per la valutazione preliminare del rischio da sovraccarico biomeccanico del sistema muscolo-scheletrico. GIMLE 2005; 31, 2 (suppl 2): 408-ss.
 - 9) Bedeschi. Le complicanze e gli insuccessi nella chirurgia della sindrome del tunnel carpale. Riv Chir Mano 38 (2); 2001: 197-204.
 - 10) Byström S, Fransson-Hall C. Acceptability of intermittent handgrip contractions based on physiological response. Hum Factors 1994; 36 (1): 158-71.
 - 11) Borg G. Borg's Perceived exertion and pain scales. Human Kinetics ED. Champaign (USA), 1998.
 - 12) Burke RE. Motor units: anatomy, physiology and functional organization. Handbook of Physiology. The nervous system: motor control. Bethesda, MD: Am Physiol Soc sec1, vol 2, part 1: 345-442; 1981.
 - 13) Colombini D, Occhipinti E, Fanti M. Il metodo OCRA per l'analisi e la prevenzione del rischio da movimenti ripetuti: manuale per la valutazione e la gestione del rischio. F. Angeli ED. Milano, 2005.
 - 14) Decreto Dirigenziale N. 3958 del 22/04/2009: aggiornamento linee guida regionali per la prevenzione delle patologie muscoloscheletriche connesse con movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori di cui al Decreto Direttore Generale Sanità n. 18140 del 30-10-2003, reperibile su sito web Sanità/Regione.
 - 15) Decreto Legislativo n. 81 del 9 aprile 2008 Supplemento ordinario alla G.U. n 101 del 30 aprile 2008.
 - 16) De Luca CJ, LeFever RS, McCue MP, Xenakis AP. Control scheme governing concurrently active human motor units during voluntary contractions. J Physiol 1982; 329: 113-28.
 - 17) Edwards RHT. Hypothesis of peripheral and central mechanisms underlying occupational muscle pain and injury. Eur J of Appl Physiol 1988; 57: 275-281.
 - 18) Forsman M, Birch L, Zhang Q, Kadefors R. Motor unit recruitment in the trapezius muscle with special reference to coarse arm movements. J Electromyogr Kinesiol 2001; 11 (3): 207-16.
 - 19) Hignett S, McAtamney L. Rapid entire body assessment (REBA). Appl Ergon 2000; 31 (2): 201-5.
 - 20) Keyserling WM, Stetson DS, Silverstein BA, Brouwer ML. A checklist for evaluating ergonomic risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders. Ergonomics 1993; 36: 897-931.
 - 21) INRS. Method de prevention des troubles musculosquelettiques du membre superieure et outils simplex. Doc Med Trav 2000; 83: 187-223.
 - 22) ISO 11228-3; Ergonomics – Manual handling – Handling of low loads at high frequency.
 - 23) Latko WA, Armstrong TJ, Foulke JA, Herrin GD, Rabourn RA, Ulin SS. Development and evaluation of an observational method for assessing repetition in hand tasks. Am Ind Hyg Assoc J 1997; 58: 278-85.
 - 24) Mcatamney L, Corlett N Rula. A survey method for the investigation of work related upper limb disorders. Applied ergonomics 1993; 24: 91-92.
 - 25) Messina S, Buselli P. Valutazione dell'efficacia terapeutica della terapia con onde d'urto nella rizoartrosi. Eur Med Phys 2009; 45 (Suppl. 1 to No. 3).
 - 26) Mickael C, Patrick R, Yves V, Cohen LG. Mechanisms controlling motor output to a transfer hand after learning sequential pinch force skill with the opposite hand. Clin Neurophysiol 2009.
 - 27) Milner-Brown HS, Stein RB, Yemm R. The orderly recruitment of human motor units during voluntary isometric contractions. J Physiol 230 (2): 359-70; 1973.
 - 28) Moore JS, Garg A. The strain index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. Am Ind Hyg Ass J 1995; 56: 443-458.
 - 29) Mosby's Medical Dictionary, 8th edition. © 2009, Elsevier.
 - 30) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiological evidences Bernard B ed. Cincinnati OH: DHHS NIOSH Publ no 97-141, 1997.
 - 31) Occhipinti E. Attività lavorative comportanti movimenti ripetitivi a carico degli arti superiori: confronto di diversi metodi di valutazione del rischio. G Ital Med Lav Erg 2008; 30: 3, Suppl, 32-38.
 - 32) Occhipinti E, Colombini D, Occhipinti M. Metodo OCRA messa a punto di una nuova procedura per l'analisi di compiti multipli con rotazioni infrequenti. Med Lav 2008; 99: 234-241.
 - 33) Patton, Fuchs, Sher, Steiner. Trattato di fisiologia. Editore CEA, Milano. Cap. 23 pag: 521-533, cap 25 pag: 560-573; 1991.
 - 34) Pigni L, Colombini D, Rabuffetti M, Ferrarin M. Tecniche di acquisizione ed analisi del segnale elettromiografico per lo studio del sovraccarico biomeccanico occupazionale. Med Lav 2010; 101 (2): 118-33.
 - 35) Rubino M, Moretti M, Civani A, Demontis G, Bigliani L, Bardella S. Tecnica originale nel trattamento della rizoartrosi. Riv Chir Mano 2007; 44: 92-97.
 - 36) Sala E, Torri D, Apostoli P. Esperienze di applicazione della valutazione del rischio dalle Linee Guida SIMLII sul rischio biomeccanico per l'arto superiore. G Ital Med Lav Ergon 2008; 30: 3, suppl: 20-25.
 - 37) Seo NJ, Armstrong TJ, Drinkaus P. A comparison of two methods of measuring static coefficient of friction at low normal forces: a pilote study. Ergonomics 2009; 52: 121-35.
 - 38) Seo NJ, Rymer WZ, Kamper DG. Altered digit force direction during pinch grip following stroke. Exp Brain Res. 2010 Feb 26. [Epub ahead of print].
 - 39) Schneider S. OSHA's Draft standard for prevention of work-related Musculoskeletal Disorders. Appl Occup Environ 1995; 10; 8, 6659674.
 - 40) Sjogaard G. Work induced muscle fatigue and its relation to muscle pain. 1998 National Insitute of occupational Health, Copenhagen, Danimarca.
 - 41) Vermeulen GM, Brink SM; Sluiter J, Elias SG, Hovius SE; Mooien TM. Ligament reconstructionarthroplasty for primary thumb carpometacarpal osteoarthritis (weilby technique): prospective cohort study. J Hand Surg Am 2009, 34 (8): 1393-401.
 - 42) Violante F, Armstrong T, Fiorentini C, Risi A, Venturi S, Curti S, Zannardi F, Cooke R, Bonfiglioli R, Mattioli S. Carpal Tunnel Syndrome and Manual Work: A Longitudinal Study. JOEM 2007; vol 49, Number 11: 1189-1196.
 - 43) Violante F, Armstrong T, Kilbom A. occupational ergonomics work related musculoskeletal disorders of the upper limb and back. Taylor and Francis ed. London, 2000.
 - 44) Washington State Department of Labor and Industries. Ergonomics. Olympia (WA): Washington State Department of Labor and Industries, 2000. WAC 296-62-051. Reperibile su <http://www.lni.wa.gov/Safety/Topics/Ergonomics/ServicesResources/Tools/default.asp>.
 - 45) Zennaro D, Läubli T, Krebs D, Klipstein A, Krueger H. J Continuous, intermitted and sporadic motor unit activity in the trapezius muscle during prolonged computer work. Electromyogr Kinesiol 13 (2): 113-24; 2003.

Richiesta estratti: Daniele Torri - Dipartimento di Medicina Sperimentale ed Applicata, Sezione di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale, Università degli Studi di Brescia, P.le Spedali Civili 1, 25123 Brescia, Italy - Tel.: 030 3700604, Fax: 030 3996046