

M. Santini<sup>1</sup>, G. Buratti<sup>2</sup>, L. Dellerà<sup>2</sup>, M. Bresciani<sup>1</sup>, M.M. Riva<sup>1</sup>, G. Mosconi<sup>1</sup>

## L'attività di intonacatura manuale: valutazione del sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del dispendio energetico

<sup>1</sup> Unità Operativa Ospedaliera Medicina del Lavoro, Azienda Ospedaliera Ospedali Riuniti di Bergamo, Largo Barozzi 1, 24126 Bergamo

<sup>2</sup> Ergodesign, Via Carnovali 15, 24049 Verdello (BG)

**RIASSUNTO.** Il presente lavoro analizza l'attività di intonacatura manuale svolta da un lavoratore edile, descrivendo i dati ottenuti dalla valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico per gli arti superiori, tramite l'applicazione della checklist e del metodo OCRA, ed il dispendio energetico dell'operatore, misurato tramite calorimetro portatile.

Analizzando l'andamento del dispendio energetico in rapporto alle azioni tecniche svolte dall'operatore si osserva una correlazione diretta tra postura lavorativa assunta, forza impiegata e consumo metabolico.

Dall'analisi dei risultati, l'attività di intonacatura manuale risulta disergonomica ed altamente sovraccaricante per l'operatore, sia a livello biomeccanico che per dispendio energetico.

**ABSTRACT. PLASTERING: ASSESSMENT OF RISK FOR UPPER LIMB BIOMECHANICAL OVERLOAD AND OF ENERGY EXPENDITURE.**

*This work analyzes the activities carried out by a plaster construction worker, describing the data obtained from the assessment of risk for upper limb biomechanical overload, through the application of checklist and the OCRA method, and the operator's energy expenditure, measured using portable calorimeter.*

*By analyzing the pattern of energy expenditure in relation to the actions performed we observe a direct correlation between posture, force employed, and metabolic rate.*

*The activity of plastering involves biomechanical overload of upper extremity and high energy expenditure.*

**Key words:** Biomechanical overload, Energy expenditure, Plastering.

### Introduzione

Dal 2008 l'Unità Operativa di Medicina del Lavoro (UOOML) degli Ospedali Riuniti Bergamo e la società di progettazione e ricerca ergonomica Ergodesign collaborano, nel laboratorio di ergonomia della Azienda Ospedaliera Ospedali Riuniti di Bergamo, alla realizzazione del progetto-studio "Valutazione ergonomica di attività caratteristiche del settore edile". Il progetto, promosso dall'INAIL, dal Comitato Paritetico Territoriale (CPT) della provincia di Bergamo, dall'ARS di Bergamo, dall'ASLE Milano Lodi Brianza ed effettuato in collaborazione con il Servizio PSAL dell'ASL e con la Scuola Edile di Bergamo, si propone di stimare i fattori di rischio per il rachide e gli arti superiori nello svolgimento sia di attività complesse sia di singoli compiti tipici dell'edilizia per ottenere informazioni utili a valutare il sovraccarico biomeccanico delle strutture osteomioarticolari per gli operatori del settore. L'esigenza della valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico è dettata dal riscontro, nei dati di letteratura e nell'esperienza di sorveglianza sanitaria maturata nell'ambito del progetto "Tutela della salute nei cantieri edili", promosso dal CPT della provincia di Bergamo e realizzato in collaborazione con la UOOML degli Ospedali Riuniti di Bergamo, di un aumento progressivo, con il passare degli anni, delle segnalazioni di nuovi casi di malattie muscoloscheletriche lavoro-correlate, a cui ha fatto seguito anche un incremento dei riconoscimenti da parte dell'INAIL. Nell'ambito del progetto-studio "Valutazione ergonomica di attività caratteristiche del settore edile", la collaborazione con la Scuola Edile di Bergamo ha permesso la riproduzione sperimentale, usufruendo delle simulazioni di cantiere, di attività caratteristiche ad opera di lavoratori esperti. La valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico è effettuata mediante la riproduzione ed osservazione di un'attività, che viene dapprima filmata, successivamente scomposta temporizzando le singole azioni tecniche svolte dall'operatore ed in fine analizzata impiegando alcuni dei metodi di valutazione del rischio disponibili (per gli arti superiori: checklist OCRA, metodo OCRA, STRAIN INDEX; per il rachide: metodo NIOSH). Nell'applicazione di alcune delle sopracitate metodiche, la forza impiegata dall'operatore nello svolgimento di un'azione tecnica è quantificata esclusivamente

in modo soggettivo, utilizzando la scala di Borg. Abbiamo pertanto cercato di valutare tale parametro, che generalmente possiamo assimilare al concetto di "fatica" nel compiere un'azione tecnica, in modo oggettivo, tramite misurazioni del dispendio energetico.

Il presente lavoro illustra i risultati ottenuti nella valutazione dell'attività di intonacatura manuale, analizzando i dati inerenti il rischio da sovraccarico biomeccanico per gli arti superiori ottenuti tramite applicazione della checklist e del metodo OCRA, ed il dispendio energetico dell'operatore, misurato tramite calorimetro portatile.

## Materiali e metodi

Per la valutazione del sovraccarico biomeccanico e del dispendio energetico nell'attività di intonacatura verticale, si è proceduto sottoponendo, presso il Laboratorio di Cardiologia ed Ergometria del Lavoro della UOOML, un lavoratore esperto di sesso maschile (età=25 anni, anzianità lavorativa nel settore edile=11 anni, BMI=24, normolineo) ad accertamenti clinici: test cardiopolmonare al cicloergometro per valutare la funzionalità cardiorespiratoria e la tolleranza allo sforzo, con misura del massimo consumo d'ossigeno (o capacità aerobica massima -  $VO_2$  MAX), applicando un protocollo ad incrementi progressivi di 30 watt/min (*ramping test*), misurando la ventilazione e i gas respiratori con *Vmax Series 9n® Sensor Medics*, dotato di flussometro di massa, analizzatore rapido per l'ossigeno paramagnetico e analizzatore per l'anidride carbonica ad infrarosso, con metodica *breath by breath*, e rilevando la saturazione ossiemoglobinica mediante saturimetro digitale spettrofotometrico. Infine, è stato determinato il metabolismo basale con calorimetria diretta (*Vmax Series 9n® Sensor Medics*).

La Tabella I riassume i dati clinici dell'operatore derivati dagli accertamenti strumentali effettuati presso la UOOML.

Basandosi sul massimo consumo di  $O_2$  ( $VO_2$  MAX-capacità aerobica massima), abbiamo considerato il dispendio energetico critico ( $DE_{crit}$ ) del lavoratore pari a ad 1/3 (33%) dei METS corrispondenti alla massima capacità aerobica determinata sperimentalmente (per il soggetto in studio  $DE_{crit} = 2.29$  METS). All'operatore è stato poi richiesto di effettuare l'intonacatura manuale di una parete verticale, indossando il misuratore a bracciale *Armband Sensewear® PRO2 Body Media®*, uno strumento multi-sensore che, impiegando due accelerometri e misurando la temperatura cutanea, la dissipazione termica dal corpo e la resistenza galvanica della pelle, permette di calcolare il consumo energetico in base ad algoritmi predeterminati.

L'attività di intonacatura manuale su parete verticale è stata riprodotta sperimentalmente presso la Scuola Edile

di Bergamo, definendo un'area modulare di 3,12 m<sup>2</sup> (base 1,5 m, altezza 2,08 m). L'esecuzione dell'attività è stata filmata tramite videocamere digitali posizionate in postazioni sia fisse che mobili, in modo da acquisire informazioni ed immagini relative alle singole azioni tecniche e per numerare e "temporizzare" in successione i movimenti dei distretti articolari e le posture assunte. Tramite la rielaborazione delle riprese video abbiamo scomposto l'attività di intonacatura verticale in azioni tecniche sequenziali e ne abbiamo analizzato le caratteristiche, legate all'uso dei materiali, degli strumenti e delle tecniche impiegate. Il calcolo dell'indice sintetico di rischio per sovraccarico biomeccanico degli arti superiori è stato effettuato applicando la checklist ed il metodo OCRA. Abbiamo quindi analizzato le azioni tecniche svolte dall'operatore nell'intonacatura ponendo attenzione alla correlazione tra i fattori di sovraccarico biomeccanico per gli arti superiori riscontrati ed i dati di dispendio energetico misurati.

## Risultati

Nell'attività di intonacatura manuale, l'operatore, servendosi di strumenti quale cazzuola, staggia e frattazzo, posiziona uno strato di malta sul tavolato. Le azioni tecniche che abbiamo individuato sono (Figura 1):

1. Prelievo della malta con cazzuola (arto dominante).
2. Posizionamento della malta prelevata (arto dominante) sul frattazzo (trattenuto dalla mano non dominante).
3. Prelievo della malta dal frattazzo (trattenuto dalla mano non dominante) con cazzuola (arto dominante) e posizionamento sul tavolato, con movimento "a lancio" dell'arto dominante.

Le tre sopracitate operazioni sono ripetute per un primo segmento di muro, successivamente l'operatore rifinisce l'area su cui ha applicato la malta compiendo le seguenti azioni tecniche (Figura 2):

4. Passaggio della staggia (impugnatura bimanuale).
5. Passaggio del frattazzo (impugnatura monomanuale).
6. controllo visivo (non attività manuale).

Il completamento del primo segmento di muro intonato tramite le operazioni di finitura deve essere effettuato prima che la malta si rapprenda e si solidifichi; pertanto le operazioni di finitura sono ciclicamente intervallate a quelle di apposizione della malta. Abbiamo inoltre osservato che nello svolgimento dell'attività l'operatore completa prima segmenti di muro lineari che hanno la funzione, una volta solidificata la malta, di guida (livello) per ottenere uno strato omogeneo di intonaco per spessore nelle zone di tavolato che devono essere ancora lavorate. Nella Tabella II si illustrano i risultati ottenuti (tramite compilazione della checklist OCRA) per l'attività di intonacatura su parete verticale. Nella successiva immagine (Figura 3) si confrontano gli indici di rischio ottenuti applicando la checklist OCRA e il metodo OCRA.

La valutazione del sovraccarico biomeccanico secondo le metodiche applicate ha evidenziato un rischio rilevante per entrambi gli arti superiori.

**Tabella I. Dati di capacità aerobica massima e metabolismo basale del soggetto in studio, indicati come consumo di ossigeno ( $VO_2$ ) e in METS**

Capacità aerobica massima (determinato con test cardiopolmonare)		Metabolismo basale-soggetto normometabolico (determinato con calorimetria diretta)	
$VO_2$ MAX= 24 mL/Kg/min	6,86 METS	$VO_2$ basale= 2,9 mL/Kg/min	0,83 METS



**Figura 1. Azioni tecniche individuate nell'intonacatura manuale (punti 1-2-3 nel testo), suddivise per arto dominante (D) e non dominante (ND)**



**Figura 2. Azioni tecniche individuate nell'intonacatura manuale (punti 4-5-6 nel testo), suddivise per arto dominante (D) e non dominante (ND)**

I fattori che contribuiscono in maggiore misura ad incrementare il rischio di sovraccarico biomeccanico sono la forza impiegata in alcune azioni, quali quelle di utilizzo di staggia e frattazzo, la ripetitività gestuale e l'adozione di posture incongrue (in confronto con normativa vigente UNI EN 1005-4) ripetute e/o mantenute a carico dei polsi (flesso-estensioni e deviazioni radio-ulnari), delle mani e delle dita (prese incongrue degli utensili), dei gomiti (movimenti ripetuti "a strappo" per "lanciare" e far aderire la malta al tavolato) e delle spalle (elevazione dell'arto superiore al di sopra della linea delle clavicole).

L'andamento del dispendio energetico dell'operatore nella realizzazione dell'intonacatura verticale, misurato in METS tramite *Armband Sensewear® PRO2 Body Media®*, è riassunto nella Figura 4.

L'area in esame di 3,12 m<sup>2</sup> è stata intonacata in circa 20 minuti, senza inserimento di pause. Durante lo svolgimento dell'attività l'operatore ha sempre avuto un dispendio energetico superiore al DE<sub>crit</sub>, che si è costantemente mantenuto nell'intervallo tra il 50% ed il 100% del

DE corrispondente alla massima capacità aerobica determinata sperimentalmente (fascia rossa = attività affaticanti e sovraccaricanti).

Analizzando l'andamento del dispendio energetico in rapporto ad alcune azioni tecniche svolte dall'operatore (Figura 4) si osserva una correlazione diretta tra postura assunta e consumo metabolico: il dispendio energetico aumenta in corrispondenza degli estremi della zona campione analizzata, cioè quando l'operatore esegue le operazioni di intonacatura e di rifinitura mediante frattazzo a quote inferiori ai 50 cm e superiori a 1,30 cm circa.

## Discussione e conclusioni

Applicando checklist e metodo OCRA si evidenzia un importante rischio da sovraccarico biomeccanico per entrambi gli arti superiori nell'attività di intonacatura manuale di parete verticale. Il rischio è elevato soprattutto in considerazione del valore predittivo degli indici sintetici di rischio sul possibile sviluppo di una patologia muscolo scheletrica.

Si riscontra l'adozione di posture incongrue da parte di entrambi gli arti superiori (distretto mano-polso, gomito, spalla). Il fattore che maggiormente contribuisce ad elevare il rischio da sovraccarico biomeccanico è l'impiego di forza nei movimenti dell'arto superiore dominante per fare aderire la malta al tavolato (a "lancio") e nell'uso della staggia e del frattazzo (effettuato con presa bimanuale) per rimuovere l'eccesso della malta dal tavolato e livellare la superficie dell'intonaco.

È interessante notare che le azioni tecniche in cui l'operatore raggiunge valori di dispendio energetico maggiormente elevati sono quelle effettuate nelle parti superiori della parete, dove l'addetto è obbligato ad assumere posture incongrue, in particolare delle spalle, sollevando gli arti sopra la linea clavicolare, ed ad applicare forza nell'uso della staggia e del frattazzo. Parallelamente, ad azioni meno sovraccaricanti dal punto di vista biomeccanico (adozione di posture neutre, rallentamento della gestualità) corrisponde una diminuzione dei METS misurati. Si può evincere pertanto una risposta metabolica (incremento/riduzione del dispendio energetico) in rapporto a variazioni del sovraccarico biomeccanico degli arti superiori. Dall'analisi dei risultati, l'attività di intonacatura risulta disergonomica ed altamente sovraccaricante per l'operatore, sia a livello biomeccanico che per dispendio energetico: tale condizione è sostenibile solo per intervalli temporali limitati e non per l'intera giornata lavorativa. È fondamentale sottolineare che il lavoratore protagonista della valutazione ha completato l'attività di intonacatura dell'area modulare di parete

verticale in circa 25 minuti: si può ipotizzare che, in ottica di cantiere e non solo sperimentale, attività quali l'intonacatura, altamente impegnative a livello delle strutture ostoarticolari e per dispendio energeti-

**Tabella II. Indice di rischio sintetico (IR) e valore dei singoli fattori di rischio per ognuno degli arti superiori nell'attività di intonacatura verticale**

Arto	Recupero	Frequenza	Forza	Posture	Complementari	IR checklist OCRA
Dominante	3	4,5	4	5	2	18,5 (medio)
Non dominante	3	5	8	6	2	24 (elevato)

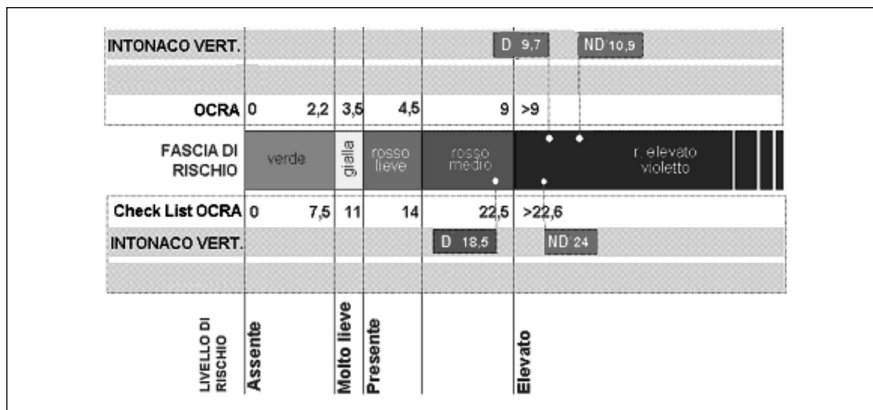


Figura 3. Indici di rischio calcolati per gli arti superiori (D= dominante, ND = non dominante) applicando la checklist OCRA (parte inferiore della figura) ed il metodo OCRA (parte superiore della figura)

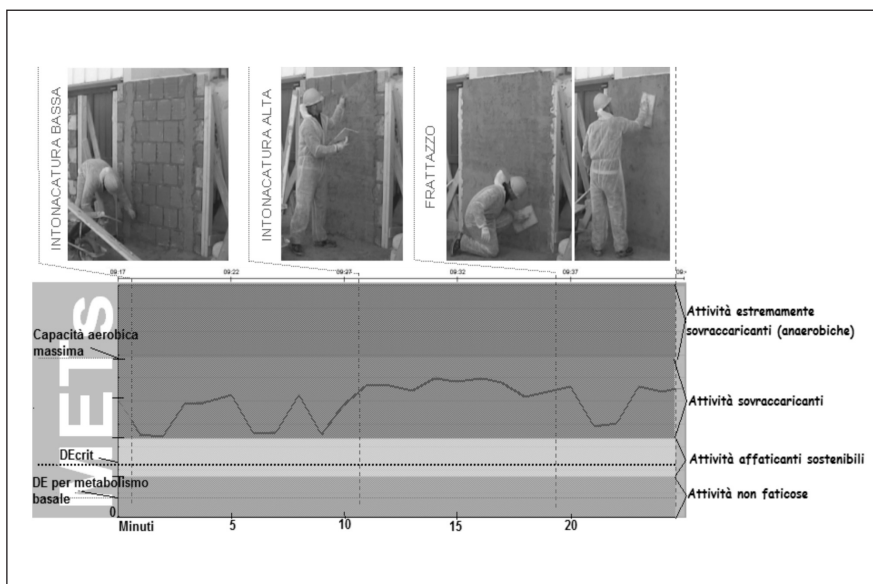


Figura 4. Andamento del DE in METS (ordinata) nell'intervallo temporale (ascissa). Sull'asse delle ordinate si individua il DE per metabolismo basale dell'operatore, il DE per la capacità aerobica massima e il DEcrit (33% del DE corrispondente alla massima capacità aerobica determinata sperimentalmente per l'operatore). Ciò permette di identificare fasce che descrivono il grado di "affaticamento" nello svolgere le azioni tecniche: attività non faticose (fascia verde), attività affaticanti ma sostenibili (fascia gialla), attività sovraccaricanti (fascia rossa), attività estremamente sovraccaricanti (fascia viola, oltre la soglia aerobica). Sull'asse delle ascisse si correla l'intervallo temporale con immagini indicative delle azioni tecniche in svolgimento

## Bibliografia

- 1) Aaronson LS, et al. Defining and measuring fatigue. Image: J Nursing Scholarship 1999; 31, 1: 45-50.
- 2) Borleri D, Manfredini F, Bresciani M, Ielapi M, Mosconi G. La fatica in edilizia: stima del dispendio energetico in alcune attività di cantiere. G Ital Med Lav Erg 2009; 31: 3, Suppl: 104-106.
- 3) Bresciani M, Riva MM, Giorgi M, Ghezzi L, Sidoti C, Mosconi G. Malattie professionali segnalate e riconosciute in edilizia, G Ital Med Lav Erg 2007; 9 (3): 611-613.
- 4) Manfredini F, Borleri D, Bresciani M, Ielapi M, Bonelli G, Mosconi G. La fatica in edilizia: stima del dispendio energetico con due diverse metodiche in alcune attività di cantiere. G Ital Med Lav Erg 2010; 32: 4, Suppl 2: 392-393.
- 5) Fruin ML, Rankin JW. Validity of a multisensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. Med Sci Sports Exerc 2004; 36, 6: 1063-1069.
- 6) Lemasters GK, Attenbury MR, Booth-Johnes AD, Bhattacharya A, Ollila-Glenn N, Forresters C, Forst L. Prevalence of work related musculoskeletal disorders in active union carpenters, Occup Environ Med 1998; 55: 421-427.
- 7) Manfredini F, Borleri D, Mosconi G. Valutazione del dispendio

energetico durante l'attività lavorativa in un gruppo di lavoratori edili. G Ital Med Lav Erg 2007; 29: 3, Suppl: 722-725.

- 8) Mosconi G, Assennato G, Battevi N, Carino M, Coato F, Consonni D, Cottica D, Cristaudo A, Di Camillo G, Giachino GM, Leocata G, Macchia C, Manfredini F, Nano G, Negro C, Peretti A, Prandi E, Ramenghi D, Riva MM, Rivolta G, Scarno G, Scopacasa L. Linee Guida per la valutazione del rischio e la sorveglianza sanitaria in edilizia. LG SIMLII per la formazione continua e l'accreditamento del Medico del Lavoro, Volume 22, 2008.
- 9) Pezzagno G, Capodaglio E. Criteri di valutazione energetica delle attività fisiche. Pavia: La Goliardica Pavese S.r.l. 1991.
- 10) Riva MM, Santini M, Mosconi G. Le patologie muscoloscheletriche lavoro-correlate: l'appropriatezza nell'invio dei pazienti a strutture di secondo livello. Med Lav 2009; 100, 6: 417-425.
- 11) Santini M, Mosconi G, Buratti G, Delleria L. La valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico in edilizia: preliminari di uno studio in corso. Atti del 73° Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro e di Igiene Industriale. G Ital Med Lav Erg 34: 2 (suppl 2), 2010.
- 12) Santini M, Mosconi G, Buratti G, Delleria L. Valutazione ergonomica della realizzazione dei tavolati con mattoni forati, edizioni INAIL Direzione Regionale Lombardia, 2009.
- 13) Steven Moore JJ. Biomechanical Models for the Pathogenesis of Specific Distal Upper Extremity Disorders, Am J Ind Med 2002; 41: 353-369.

**Richiesta estratti:** Dr.ssa Marisa Santini - Unità Operativa Ospedaliera Medicina del Lavoro, Azienda Ospedaliera Ospedali Riuniti di Bergamo, Largo Barozzi 1, 24128 Bergamo, Italy - Tel. 035/269190, Fax 035/266866, E-mail: marisanti@libero.it