

## **ARTICOLO DI PUNTOSICURO**

**Anno 23 - numero 5021 di Mercoledì 06 ottobre 2021**

# **Inail: metodologie innovative per valutare il rischio biomeccanico**

*Una scheda informativa dell'Inail riporta indicazioni sull'uso di metodologie innovative per la valutazione del rischio biomeccanico. Focus su sensori inerziali, sistemi optoelettronici, elettromiografia di superficie e sensori miniaturizzati.*

Roma, 6 Ott ? In relazione alle **malattie e disturbi muscoloscheletrici da sovraccarico biomeccanico** (DMS), particolarmente diffusi nel mondo del lavoro, sono stati sviluppati in questi anni diversi **metodi di valutazione** del rischio da sovraccarico biomeccanico. Ad esempio la Revised Niosh lifting equation (RNLE), il Rapid upper limb assessment (RULA), il Rapid entire body assessment (REBA), l'Occupational repetitive actions (OCRA), il Revised strain index (RSI) e l'Hand activity level (ACGIH ? HAL).

Tuttavia "ognuno di questi metodi è stato pensato per specifici ambiti di applicazione, tenendo conto delle diverse caratteristiche lavorative e organizzative e, pur presentando molti vantaggi (economicità, non invasività, rapidità di applicazione, ecc.), nello stesso tempo **presenta anche delle limitazioni**". E il principale limite "riguarda **l'alta soggettività**, riscontrata in vari studi di letteratura e tutt'ora oggetto di discussione scientifica, nell'assegnazione dei punteggi che determinano il livello di rischio finale. Tali metodiche sono infatti prevalentemente di natura osservazionale (osservazione diretta dell'attività sul campo o da riproduzione di video) e quindi imprecise e condizionate dalla competenza e dalla esperienza del valutatore".

A ricordare questi limiti è un recente documento, prodotto dal Dipartimento Inail di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale (Dimeila), dal titolo "**Metodologie innovative per la valutazione del rischio biomeccanico**". Il primo di una serie di **factsheet** realizzati dal Laboratorio di Ergonomia e Fisiologia del Dipartimento nell'ambito della Campagna europea EU-OSHA 2020-2022 "Alleggeriamo il carico!".

L'articolo si sofferma sui seguenti argomenti:

- La necessità di metodologie quantitative e ripetibili
- I sistemi optoelettronici e i sensori inerziali
- L'elettromiografia di superficie e i sensori miniaturizzati

Pubblicità

<#? QUI-PUBBLICITA-MIM-[APPARC1] ?#>

# La necessità di metodologie quantitative e ripetibili

Con riferimento ai limiti indicati a inizio articolo il factsheet sottolinea l'importanza e utilità di "**poter disporre di nuove metodologie** di valutazione del rischio biomeccanico che siano **quantitative, oggettivabili, ripetibili** e che prevedano la possibilità di identificare il rischio anche nei moderni scenari lavorativi dove si sta sempre più diffondendo l'utilizzo di esoscheletri da parte dei lavoratori e la condivisione degli spazi lavorativi con i cobot".

Infatti le metodiche attualmente usate, seppur valide, "risultano incomplete e non efficaci nel valutare la complessità e il reale impatto che queste tecnologie hanno sulla salute e sicurezza dei lavoratori nell' industria 4.0". E gli ormai disponibili sistemi optoelettronici, sensori inerziali (Inertial measurement units, IMUs) ed elettromiografia di superficie (EMGs), permettono di integrare le metodologie osservazionali, "valutando come un soggetto muove le sue articolazioni e usa i suoi muscoli durante l'esecuzione di un compito lavorativo". E consentono di "effettuare in maniera oggettiva la valutazione del rischio biomeccanico anche in quei settori in cui le metodologie attualmente più diffuse non riescono a dare risposte esaustive".

## I sistemi optoelettronici e i sensori inerziali

Veniamo, dunque, alle metodologie innovative descritte nel documento.

Il factsheet si sofferma sui **sistemi optoelettronici** che "sono considerati il gold-standard", il sistema più accurato, per l'analisi cinematica del movimento umano. Questi sistemi "utilizzano telecamere all'infrarosso in grado di riconoscere e acquisire il movimento tridimensionale di marker passivi riflettenti posti su determinati punti di reperi anatomici e, successivamente, di ricostruirne il comportamento nel tempo tramite specifici software".

Il documento si sofferma anche su:

- **vantaggi:** "precisione e accuratezza (errore < 0,01mm) delle acquisizioni effettuate; integrazione e sincronizzazione con altre tecnologie (videocamere digitali, EMGs, piattaforme di forza, sistemi analogici ecc.).
- **limiti:** costo elevato; necessità di un ambiente strutturato. Con l'utilizzo di IMUs ed EMGs vengono superati sia i limiti degli attuali protocolli standardizzati di valutazione del rischio, sia la complessità legata alla difficile trasportabilità attribuibile ai sistemi optoelettronici".

Un altro metodo affrontato è relativo all'uso dei **sensori inerziali** (inertial measurement units, IMUs).

Questi sensori sono dispositivi "che, grazie alla attuale miniaturizzazione che ha permesso di includere accelerometri, giroscopi e magnetometri in sensori di dimensioni e peso ridotti, offrono la possibilità di effettuare acquisizioni del movimento direttamente nei luoghi di lavoro. I segnali acquisiti sono solitamente immediatamente disponibili per una valutazione in tempo reale del rischio biomeccanico".

Riprendiamo un'immagine che fa riferimento ai sensori inerziali applicati agli arti superiori di un soggetto tramite apposite fasce elastiche per misurare il movimento delle braccia durante l'attività lavorativa (assemblaggio di automobili):



Caratteristiche:

- **vantaggi:** "Dimensioni ridotte e portabilità; facile indossabilità; possibilità di effettuare l'analisi di qualsiasi movimento senza alterare il gesto motorio del lavoratore in esame; protocolli di comunicazione wireless; elevata durata delle batterie; presenza di memorie 'onboard' che consentono il proseguimento delle acquisizioni, evitando perdite di dati, anche in caso di temporanea interruzione della comunicazione con l'unità ricevente; costi più ridotti".
- **limiti:** "suscettibili alla presenza di campi elettromagnetici (problematica in via di risoluzione grazie alla schermatura dei sensori e allo studio di algoritmi che permettono la loro cancellazione in fase di elaborazione dei dati); accuratezze e precisioni inferiori a quelle fornite dai sistemi optoelettronici".

## L'elettromiografia di superficie e i sensori miniaturizzati

Un'altra metodica strumentale descritta è l'**elettromiografia di superficie** (EMGs) che "rileva l'attività elettrica dei muscoli sulla superficie della cute. Le fibre muscolari, quando sono eccitate da un impulso del sistema nervoso modificano il loro stato elettrico (depolarizzazione) e si contraggono. Con l'elettromiografia di superficie bipolare è possibile rilevare l'attività muscolare complessiva per ogni istante di tempo e per ogni movimento di interesse. La EMGs è una metodica validata e molto usata anche in ergonomia. Il suo uso è previsto dai metodi standardizzati più comuni nella valutazione del rischio da movimenti ripetuti dell'arto superiore (OCRA, RSI, ACGIH-HAL) per la quantificazione della forza muscolare".

Inoltre tramite "analisi più dettagliate dell'ampiezza e delle componenti frequenziali del segnale EMGs", è possibile "avere utili indicazioni sullo **stato di affaticamento del muscolo**. I parametri di 'fatica muscolare', ampiamente validati in letteratura scientifica sin dagli anni '60, risultano ad oggi però poco utilizzati in ambito industriale. Il loro uso, infatti, non viene minimamente considerato nelle comuni tecniche di valutazione del rischio (ad eccezione dell'ACGIH che li ha inseriti in un suo recente aggiornamento dei TLV) e dagli Standard internazionali e nazionali di riferimento".

Invece con la **EMGs ad alta densità** (HDsEMG) "è possibile analizzare la distribuzione del potenziale elettrico su una superficie più ampia e questo permette degli interessanti approfondimenti sul fenomeno della fatica e sulla decomposizione del

segnale":

- **vantaggi:** "non invasività; dimensioni ridotte delle sonde e portabilità in reali contesti lavorativi; possibilità di effettuare l'analisi di qualsiasi movimento senza alterare la normale strategia del soggetto in esame; presenza di memorie 'onboard' che consentono il proseguimento delle acquisizioni anche in caso di temporanea interruzione della comunicazione; possibilità di utilizzo in condizioni estreme (waterproof); possibilità di investigare fino a 20 muscoli contemporaneamente; costi in rapida diminuzione e proporzionati al numero di muscoli che si intende acquisire".
- **limiti:** "competenze specifiche nel posizionamento delle sonde (l'esistenza di specifiche Linee guida consente l'utilizzo anche a chi possiede conoscenze base dell'anatomia umana); competenze specifiche nell'acquisizione e nell'elaborazione dei dati (i sistemi più recenti usano software user friendly che permettono l'elaborazione anche a chi non ha una formazione ingegneristica)".

Infine il factsheet si occupa dei **sensori miniaturizzati per EMGs e IMUs** per la classificazione del rischio biomeccanico.

Infatti attualmente la tecnologia disponibile permette, grazie all'utilizzo di questi sistemi di sensori miniaturizzati e indossabili, una "valutazione strumentale quantitativa del rischio biomeccanico direttamente sul campo grazie anche alla possibilità di trasferire wireless i dati acquisiti sul lavoratore che svolge il compito in esame. Questi aspetti facilitano la registrazione dei dati e riducono al minimo i fattori di confondimento associati allo svolgimento di attività di lavoratori che indossano apparecchiature ingombranti o attaccate a cavi, permettendo un'accurata acquisizione dei segnali anche in ambienti sfavorevoli e in situazioni lavorative in cui il lavoratore interagisce con un cobot o utilizza un esoscheletro".

Si indica che con l'attività dei due progetti **MELA** (Miniaturized sEmg for lifting activities) e **SOPHIA** (Socio-physical interaction skills for cooperative human-robot systems in agile production) "si stanno sviluppando delle reti di sensori miniaturizzati ed un tool strumentale di valutazione del rischio biomeccanico in diverse attività di movimentazione manuale dei carichi". In particolare le sonde del progetto MELA "presentano forme compatibili con gli indumenti da lavoro e tali da non interferire con la normale strategia motoria, miniaturizzazione, possibilità di utilizzo in condizioni estreme (waterproof), assenza di cavi (wireless)".



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Questi sensori ? conclude il factsheet che vi invitiamo a visionare integralmente - permetteranno di "**monitorare in tempo reale il rischio biomeccanico al quale è sottoposto il lavoratore**, visualizzando su un monitor (PC o tablet) il livello di rischio e dare al lavoratore un feedback". E il tool SOPHIA "permetterà la classificazione automatica del rischio".

**Scarica il documento da cui è tratto l'articolo:**

Inail, Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale, " Metodologie innovative per la valutazione del rischio biomeccanico", a cura di A. Papale, G. Chini, F. Draicchio, A. Fiorelli, L. Fiori, A. Ranavolo, A. Silveti, A. Tatarelli, R. Trovato, T. Varrecchia, Factsheet edizione 2021 (formato PDF, 613 kB).

Vai all'area riservata agli abbonati dedicata a " Nuove metodologie valutare il rischio biomeccanico".



Licenza Creative Commons

I contenuti presenti sul sito PuntoSicuro non possono essere utilizzati al fine di addestrare sistemi di intelligenza artificiale.

---

[www.puntosicuro.it](http://www.puntosicuro.it)