

LA SENSORISTICA INERZIALE E L'ELETTROMIOGRAFIA DI SUPERFICIE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BIOMECCANICO

In Italia nel 2020 le malattie professionali del sistema osteomuscolare e del tessuto connettivo hanno rappresentato il 69% del totale delle malattie denunciate all'Inail. Il lavoro caratterizzato da movimenti ripetuti è stato responsabile del 64% dei casi di patologie di origine lavorativa degli arti superiori, mentre la movimentazione dei carichi pesanti ha determinato circa il 55% dei casi di patologie della colonna vertebrale (Banca dati Inail). Le attività di lavoro maggiormente critiche sono il sollevamento manuale di carichi pesanti, le attività di spinta e traino, le attività caratterizzate da movimenti ripetuti dell'arto superiore e quelle che richiedono il mantenimento di posture incongrue e/o statiche.

Nel corso degli ultimi trent'anni sono stati sviluppati diversi metodi di valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico, molti dei quali richiamati all'interno degli standard internazionali ISO 11228, ISO 11226, ISO/TR 12295 e 12296. Tra i più noti, 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). Il principale limite di tali metodi è la soggettività della valutazione. Tali metodiche sono infatti prevalentemente di natura osservazionale e quindi condizionate dalla competenza e dall'esperienza del valutatore. L'elevata soggettività si manifesta in particolar modo nell'assegnazione del punteggio relativo al "fattore forza" nelle attività ripetitive. La forza utilizzata è la più importante tra le determinanti del rischio di queste attività. Un altro limite dei metodi soggettivi è l'impossibilità di valutare tutti i compiti lavorativi. La RNLE non è applicabile in molte condizioni: ad esempio i sollevamenti in ambienti con temperatura al di fuori del range 19 - 26 °C, i sollevamenti in ambienti ristretti e le attività in cui le caratteristiche del sollevamento non rispettino appropriati criteri di utilizzo del metodo (altezze, distanze dal tronco, angoli di torsione etc.). Le metodiche standardizzate delle serie ISO non consentono la valutazione del rischio biomeccanico nelle attività svolte mediante l'uso di esoscheletri o di robot collaborativi.

Da tali premesse consegue l'utilità di 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 e/o la condivisione delle attività con i robot collaborativi.

I sistemi optoelettronici

I sistemi optoelettronici sono considerati il gold-

standard per l'analisi cinematica del movimento umano. Questi sistemi utilizzano telecamere all'infrarosso in grado di riconoscere e acquisire la posizione nello spazio di marker passivi riflettenti posti su determinati punti di reperi anatomici e, successivamente, di ricostruirne il comportamento nel tempo tramite specifici software. I sistemi optoelettronici per il costo elevato e la necessità di un ambiente strutturato sono da riservare ad applicazioni di laboratorio.

Sensori inerziali (Inertial Measurement Units, IMUs)

I sensori inerziali sono dispositivi che, grazie alla miniaturizzazione, includono accelerometri, giroscopi e magnetometri in dispositivi di dimensioni e peso ridotti e offrono la possibilità di effettuare acquisizioni direttamente nei luoghi di lavoro. I segnali registrati sono immediatamente disponibili per una valutazione in tempo reale del rischio biomeccanico.

Elettromiografia di superficie (EMGs)

L'elettromiografia di superficie è una metodica strumentale non invasiva che rileva l'attività elettrica dei muscoli dalla superficie della cute. Le fibre muscolari, quando sono raggiunte da un impulso proveniente dal sistema nervoso periferico, modificano il loro stato elettrico (si depolarizzano) e si contraggono. L'uso della EMGs è già raccomandato per i metodi standardizzati per la valutazione del rischio da movimenti ripetuti dell'arto superiore (OCRA, RSI, ACGIH-HAL) per la stima della forza muscolare. Tramite analisi più dettagliate dell'ampiezza e delle componenti in frequenza del segnale è possibile inoltre avere utili indicazioni sulla fatica muscolare. Con la EMGs ad alta densità (HDsEMG) si può infine analizzare la distribuzione del potenziale elettrico su una superficie più ampia e questo permette di studiare meglio l'attività elettrica del muscolo.



Figura 1: Lavoratore che indossa a sinistra sensori inerziali e a destra sensori per l'EMGs.



Sensori miniaturizzati per EMGs e Unità di Misura Inerziali per la classificazione del rischio biomeccanico negli scenari dell'industria 4.0

Con l'utilizzo di IMUs ed EMGs vengono superati i limiti dei protocolli standardizzati di valutazione del rischio. La tecnologia attualmente disponibile permette, grazie all'utilizzo di sistemi di sensori (IMUs e EMGs) miniaturizzati e indossabili, una valutazione strumentale quantitativa del rischio biomeccanico direttamente sul campo grazie anche alla possibilità di trasferire senza fili i dati acquisiti.

Attraverso le 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 per le attività di movimentazione manuale dei carichi.

Figura 2: I quattro loghi dei progetti di ricerca che prevedono l'uso della sensoristica per la valutazione del rischio biomeccanico: MELA (Miniaturized sEmg for Lifting Activities), ERGO CUB ("ergo" indica l'ergonomia e "Cub" richiama il nome dell'umanoide iCub di IIT), SOPHIA (Socio-physical Interaction Skills for Cooperative Human-Robot Systems in Agile Production) e BRISK (Biomechanical Risk when Interacting with collaborative robotS in work-related scenarios).

PER ULTERIORI INFORMAZIONI

Contatti: dmil@inail.it

PAROLE CHIAVE

Elettromiografia di superficie; sensori inerziali; valutazione del rischio biomeccanico.