

ESOSCHELETRI OCCUPAZIONALI

Finalità del progetto

In alcuni settori produttivi, quali ad esempio l'edilizia, la logistica, il sanitario e il manifatturiero, i lavoratori possono essere coinvolti in attività fisicamente intense, come la ripetuta movimentazione di carichi o il mantenimento di posture incongrue, con conseguente affaticamento dell'apparato muscoloscheletrico.

Le patologie lavoro-correlate a carico del sistema muscoloscheletrico sono, infatti, le più frequenti sul posto di lavoro e pari al 68% di tutte le malattie professionali denunciate all'Inail nel 2020, percentuale in crescita costante dal 2016. Di queste la quota maggiore (circa il 41%) interessa la colonna vertebrale.

In questi contesti, si ritiene particolarmente vantaggioso l'ausilio di idonee attrezzature cibernetiche indossabili ovvero di esoscheletri, al fine di ridurre notevolmente gli effetti di queste critiche sollecitazioni muscoloscheletriche.

Ad oggi sono disponibili in commercio diversi esoscheletri, orientati principalmente ad applicazioni mediche e militari e limitatamente a destinazioni industriali, che sono ancora, però, poco flessibili e indossabili.

Gli esoscheletri occupazionali con destinazione industriale sono dispositivi di ausilio indossabili, che si propongono come soluzioni tecnologiche volte a ridurre il carico fisico o limitare l'adozione di posture incongrue di un lavoratore, al fine di prevenire possibili disturbi muscoloscheletrici negli ambienti di lavoro.

Potenzialmente gli esoscheletri occupazionali sono in grado di offrire una soluzione laddove altre misure tecniche, organizzative o di progettazione ergonomica non siano realizzabili o efficaci a mitigare i fattori di rischio biomeccanico. Di detti dispositivi ne esistono di attivi e passivi. I primi mitigano il sovraccarico biomeccanico lavorativo mediante una coppia assistiva generata da azionamenti elettrici, pneumatici o idraulici e ad oggi sono ancora in fase di sperimentazione. I secondi riducono il sovraccarico biomeccanico lavorativo mediante una coppia assistiva generata da molle, ammortizzatori o altri materiali elastici e sono oggi ad un buon stato di sviluppo per l'implementazione negli ambienti di lavoro.

L'obiettivo del progetto in collaborazione con l'Istituto Italiano di Tecnologia (IIT) di Genova è quindi la realizzazione di esoscheletri "evoluti" di tipo passivo e attivo, che da un lato forniscano assistenza fisica (forze e coppie meccaniche applicate su specifici punti del corpo umano) in idonea quantità, adeguata e concorde con l'intenzione dell'operatore e regolata da sistemi avanzati di controllo, e dall'altro garantiscano la soluzione a due imprescindibili questioni per una pratica fruibilità da parte dell'utenza: la flessibilità operativa, determinata dall'ampia gamma di esigenze dei settori produttivi cui è orientato l'uso specifico, e l'indossabilità che riduce gli ingombri, il peso e le costrizioni articolari degli addetti, incentivandone la godibilità.

Le capacità fisiche dell'operatore (forza, agilità, velocità

e potenza) vengono in tal modo potenziate o surrogate, alleviando o addirittura eliminando il carico sugli arti e la relativa muscolatura, riducendo dunque l'esposizione al rischio di infortuni e malattie professionali muscoloscheletriche e garantendo, allo stesso tempo, caratteristiche di indossabilità, usabilità e modularità, che favorirebbero un reale utilizzo del dispositivo.

Descrizione della soluzione tecnologica

L'esoscheletro attivo, in fase di ultimazione è costituito da diversi moduli che potranno essere usati singolarmente o in configurazioni diverse a seconda della specifica applicazione. I moduli supportano rispettivamente schiena e tronco, spalle e gomiti.

Lo scopo del modulo schiena e tronco è la riduzione dei carichi nella zona lombare dell'operatore. Il supporto è ottenuto grazie a una coppia meccanica che viene generata da attuatori elettromagnetici e trasmessa come una forza sulla parte anteriore della coscia e una forza sul torace. In questo modo il sistema assiste l'operatore nel sollevamento, traino e movimentazione di carichi, oltre che nel mantenimento di posture incongrue, riducendo pertanto l'attività muscolare necessaria.

I sistemi per spalle e gomiti sono del tipo passivo e attivo, al fine di garantirne l'utilizzo in diverse applicazioni. I bracci passivi verranno dimensionati più robusti con un design di semplice mecatronica. Essi sono molto adatti per applicazioni di cui è noto a priori il peso del carico da movimentare e quando questo non è soggetto a variazioni. In altre situazioni si potrà ricorrere al sistema di bracci attivi supportati da idonei attuatori, che potranno adattarsi meglio alle condizioni mutevoli dei compiti e dei pesi da movimentare.

Oltre alle caratteristiche di flessibilità e indossabilità già richiamate, particolare attenzione è stata posta nella progettazione e realizzazione dei prototipi anche ad altri aspetti costruttivi che garantiscano la sostenibilità economica ed energetica del prodotto finale, l'affidabilità e la manutenibilità dello stesso, con l'obiettivo di ridurre i costi di gestione e massimizzare le opportunità di utilizzo delle tecnologie che verranno sviluppate. I prototipi, sottosistemi e componenti previsti nell'ambito del progetto, oggi sono in fase di sviluppo finale e sperimentazione, una volta realizzati saranno oggetto di brevettazione e industrializzazione, laddove appropriato. È stato inoltre sviluppato un esoscheletro passivo (Flexo) per la movimentazione dei carichi, con struttura antropomorfa flessibile sviluppata con materiali elastici, che consente una migliorata distribuzione del carico sul corpo dell'operatore.

Scenari applicativi

I tre dispositivi robotici indossabili attivi prendono il nome di XoTrunk, per supportare la schiena e il tronco, XoShoulder, per fornire sostegno alle spalle, e XoElbow, per il sostegno dei gomiti.

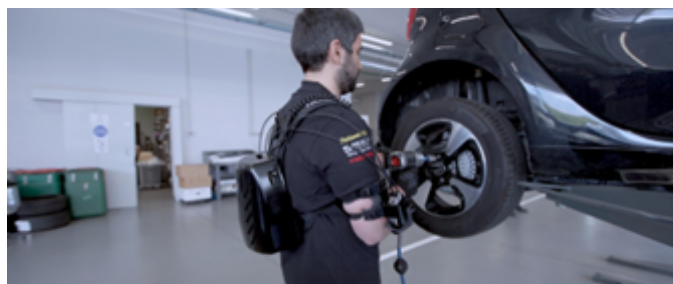
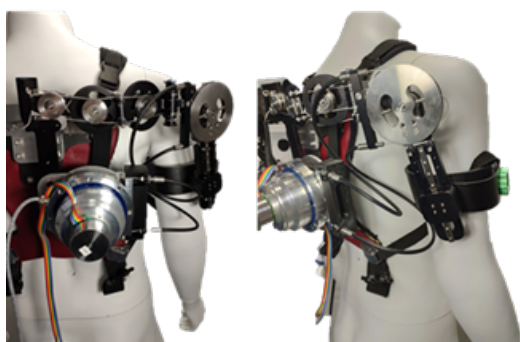
XoTrunk è pensato per alleggerire il sollevamento ripetitivo di carichi fino a un peso di circa 20 kg e, più in generale, è dedicato a tutti i lavori che potrebbero gravare sulla schiena dell'operatore. È l'unico dispositivo di questo tipo, inoltre, che

può supportare anche le operazioni di traino, molto comuni nell'ambito della logistica. L'esoscheletro è dotato di due motori elettrici e di sofisticati algoritmi di intelligenza artificiale, che in tempo reale regolano l'assistenza sulla base dei movimenti di chi lo indossa per massimizzarne l'efficacia. XoTrunk si può utilizzare anche in sinergia con XoKnee, un esoscheletro in tessuto che si connette al robot e garantisce un supporto più efficace all'operatore durante l'attività di sollevamento ripetitivo di carichi.

XoElbow, invece, è un prototipo che assiste l'operatore nel sollevamento di pesi vicino al corpo. Lo scenario di utilizzo potrebbe essere il sollevamento di pesanti pneumatici durante la fase di montaggio su ponte sollevatore. È dotato degli stessi motori di XoShoulder e al momento rappresenta un unicum nel campo degli esoscheletri.



XoShoulder è stato sviluppato per venire incontro alle esigenze di chi sovraccarica le spalle durante l'attività di lavoro quotidiana. Lo scenario tipico è quello dei lavori che vengono svolti su automobili poste su piattaforme sopraelevate, dove l'operatore tende ad affaticare le spalle, dovendo mantenere sollevati oltre l'altezza delle spalle strumenti pesanti per tempi prolungati. Il prototipo è equipaggiato con due motori da 70 W con una coppia di 12 N*m, ciascuno dei quali è dotato di avanzati algoritmi di controllo che lo rendono in grado di fornire supporto solo quando serve, senza intralciare i movimenti dell'operatore.



In generale tutti e tre i robot indossabili sono stati realizzati in plastica e leghe di alluminio, usate solitamente in ambito aerospaziale, e progettati per i principali contesti industriali nei quali operatori e operatrici sono portati a sovraccaricare il sistema muscolo-scheletrico, come il manifatturiero, le riparazioni meccaniche, l'industria alimentare, la logistica, l'edilizia e l'agricoltura.

I prototipi sono stati concepiti per venire incontro alle esigenze di lavoratori e delle lavoratrici adattandosi, grazie agli algoritmi di intelligenza artificiale, al tipo di lavoro e alle modalità con le quali viene svolto. Un'altra caratteristica comune e fondamentale per questo tipo di dispositivi è la "trasparenza". I robot, infatti, non devono intralciare o limitare la mobilità, ma entrare in funzione solo per i compiti più gravosi, supportando il sistema muscolo-scheletrico.

Al momento XoTrunk sta affrontando dettagliati test presso aziende partner selezionate per la sperimentazione sul campo. Grazie anche a queste attività si prevede la sua commercializzazione già nei prossimi mesi, attraverso un progetto di startup IIT (Proteso) al momento in fase di lancio, che si potrebbe occupare del trasferimento al mercato di questa tecnologia. XoElbow e XoShoulder, invece, inizieranno nei prossimi mesi le prime sperimentazioni in scenari reali e si prevede possano essere disponibili sul mercato tra qualche anno.



L'esoscheletro passivo FleXo è, invece, un sistema reale provato in ambiente operativo. Il dispositivo imita le prestazioni della colonna vertebrale umana, correggendo la postura del lavoratore e supportandolo, al fine di scaricare l'articolazione intravertebrale L5-S1, per mitigare il carico fisico sulla schiena e di conseguenza i fattori di rischio biomeccanico.

PER ULTERIORI INFORMAZIONI

Contatti: dit@inail.it

PAROLE CHIAVE

Robotica collaborativa; Esoscheletri; Ergonomia, Sovraccarico biomeccanico; Disturbi muscolo scheletrici

Inail - Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

via Roberto Ferruzzi 38/40, 00143 Roma

www.inail.it