

## **Gli esoscheletri per fini lavorativi: dispositivi indossabili per la prevenzione dei disturbi muscoloscheletrici nei luoghi di lavoro del futuro**

*ADAPT - Scuola di alta formazione sulle relazioni industriali e di lavoro*  
*Per iscriverti al Bollettino ADAPT [clicca qui](#)*  
*Per entrare nella Scuola di ADAPT e nel progetto [Fabbrica dei talenti](#)*  
*scrivi a: [selezione@adapt.it](mailto:selezione@adapt.it)*

*Bollettino ADAPT 26 ottobre 2020, n. 39*

L'ultimo [studio](#) in materia di esoscheletri pubblicato dall'Agenzia Europea sulla salute e sicurezza sul lavoro si colloca nell'ambito dell'accordo di collaborazione firmato con l'Inail e relativo alla attività di ricerca sul tema della prevenzione dei disturbi muscoloscheletrici. In particolare nello studio vengono posti in rilievo gli attuali limiti alla utilizzazione su larga scala degli esoscheletri, e la questione centralissima della accettabilità dell'esoscheletro da parte degli utenti finali (aziende e lavoratori).

**È noto che la movimentazione manuale dei carichi è un'attività fisicamente impegnativa comune a molti contesti professionali e costituisce il principale fattore di rischio per i disturbi muscolo-scheletrici.**

Tali disturbi non solo aumentano i costi sostenuti dalle aziende ma, soprattutto, hanno un grave impatto sulla qualità della vita dei lavoratori.

Le linee guida relative alla sicurezza ed ergonomia del luogo di lavoro mirano a ridurre il carico di lavoro sui lavoratori, spesso con limitazioni molto rigide alle operazioni di movimentazione in termini di peso degli oggetti e frequenza di movimento.

Con l'utilizzo di dispositivi tecnici, quali manipolatori esterni, che scaricano tutto o parte del peso da

## **Gli esoscheletri per fini lavorativi: dispositivi indossabili per la prevenzione dei disturbi muscoloscheletrici nei luoghi di lavoro del futuro**

movimentare, si può ridurre il carico di lavoro fisico sui lavoratori.

Tuttavia, in alcune circostanze, tali dispositivi e altre misure tecniche e organizzative possono essere poco pratici o irrealizzabili, e quindi diventa necessario considerare l'uso di esoscheletri.

Ci sono, ad esempio, molti luoghi di lavoro che non sono legati a una posizione specifica (ad esempio nella logistica, nell'edilizia, nell'agricoltura), e nei quali le misure di progettazione ergonomica non possono essere implementate a causa dei mutevoli requisiti ambientali. Inoltre, in altri scenari, uno sforzo eccessivo della muscolatura, sollevamenti frequenti o posture scorrette possono aumentare il rischio di sovraccarico fisico. In tutti questi casi gli esoscheletri possono costituire una concreta misura di prevenzione dei disturbi muscolo scheletrici.

**Ci sono però alcuni problemi tecnici, di sicurezza ed ergonomici che devono essere considerati e risolti prima di immaginare l'implementazione su larga scala di esoscheletri professionali.** Un problema potrebbe essere, ad esempio, il livello di disagio associato all'indossare l'esoscheletro. Dopo aver stabilito il vantaggio biomeccanico, **l'eliminazione del disagio potrebbe essere la prossima sfida nella progettazione degli esoscheletri, tenendo presente che anche un minimo livello di disagio potrebbe ostacolare l'accettazione da parte degli utenti.** Gli esoscheletri attivi possono ridurre maggiormente i carichi fisici rispetto agli esoscheletri passivi, alleggerendo il carico su molte articolazioni in tutto il corpo. Tuttavia, con l'aumento del numero di giunti e dei relativi attuatori e dell'alimentatore, il peso dell'esoscheletro aumenta. Per sollevare il lavoratore da questo carico di peso costante, un'estensione dell'esoscheletro a terra sarebbe utile, ma aumenterebbe la complessità del progetto. **L'uso di esoscheletri antropomorfi può essere utile per superare questi problemi.**

**Gli esoscheletri antropomorfi hanno una struttura scheletrica simile al corpo umano. Gli arti dell'essere umano e l'esoscheletro sono allineati durante il movimento. Ciò richiede che l'esoscheletro rilevi come l'essere umano intende muoversi in modo che gli attuatori possano rispondere in modo appropriato. Distinguere i movimenti intenzionali da quelli involontari è spesso difficile e si traduce in sistemi con molti tipi di sensori e complesse**

## **Gli esoscheletri per fini lavorativi: dispositivi indossabili per la prevenzione dei disturbi muscoloscheletrici nei luoghi di lavoro del futuro**

**elaborazioni del segnale.** Inoltre, il movimento rotatorio in qualsiasi articolazione richiede il movimento tra la pelle e la struttura scheletrica. Per adattarlo durante il movimento, l'esoscheletro dovrebbe idealmente estendersi o accorciarsi.

Un'altra preoccupazione è che non esistono ancora standard di sicurezza internazionali per l'applicazione professionale degli esoscheletri. Questo è un ostacolo significativo alla loro adozione. Ad oggi esistono solo il già citato ISO / DIS 18646-4, che fornisce criteri di prestazione per robot di supporto alla parte bassa della schiena, e standard generali come EN ISO 10218-1, 2011 e ISO TS 15066, 2016, che forniscono requisiti di sicurezza per robot industriali e robot collaborativi. **Oltre alle sfide tecniche di cui sopra e agli aspetti normativi e di sicurezza dell'implementazione su larga scala di esoscheletri occupazionali, l'accettabilità dell'utente è un fattore cruciale per la reale implementazione di questi dispositivi sul posto di lavoro. Pubblicazioni recenti che esaminano le barriere all'accettazione e all'utilizzo della tecnologia indossabile hanno notato che il dispositivo non solo deve essere sicuro, comodo, utile e utilizzabile, ma deve essere desiderabile per l'utente. Per questo motivo, è consigliabile ricorrere a un approccio di progettazione centrato sull'utente per coinvolgere gli utenti finali (aziende e lavoratori) direttamente nel processo di progettazione dell'esoscheletro.**

La progettazione centrata sull'uomo (c.d Human Centred Design)" è un approccio allo sviluppo interattivo che mira a rendere i sistemi utilizzabili e utili concentrandosi sugli utenti, sui loro bisogni e sui loro requisiti, e applicando fattori di ergonomia, oltre a conoscenze e tecniche di usabilità.

Questo approccio aumenta l'efficacia e l'efficienza, migliora il benessere umano, la soddisfazione degli utenti, l'accessibilità e la sostenibilità e contrasta i possibili effetti negativi dell'uso sulla salute e la sicurezza.

La norma standard EN ISO 9241-210: 2019 (EN ISO, 2019) serve per pianificare attività di design centrato sull'utente efficaci e tempestive, ma l'approccio può essere utile anche per altri sistemi complessi come la progettazione di un esoscheletro professionale o altre misure tecniche di sicurezza.

## **Gli esoscheletri per fini lavorativi: dispositivi indossabili per la prevenzione dei disturbi muscoloscheletrici nei luoghi di lavoro del futuro**

Un altro standard utile per il campo di applicazione dell'Human Centred design è EN 614-2: 2000 + A1: 2008 (EN, 2008), che si concentra sulle interazioni tra la progettazione di macchine e le attività lavorative. Questa è una norma armonizzata attinente alla direttiva macchine (2006/42 / CE) e stabilisce i principi e le procedure ergonomiche da seguire durante il processo di progettazione delle macchine tenendo conto delle attività del lavoratore.

In generale, un esoscheletro può essere definito come un macchinario nell'ambito della succitata Direttiva Macchine dell'Unione Europea.

**Quando si adotta il processo definito “Human Centred Design”, comprendere e descrivere il contesto dell’utente è il primo passo da compiere. Pertanto, per gli esoscheletri professionali è di grande importanza definire le caratteristiche del luogo di lavoro e le attività di movimentazione dei carichi che devono essere svolte dal lavoratore.**

In questo caso è utile fare riferimento alla relazione tecnica ISO / TR 12295: 2014 sulla movimentazione manuale dei carichi e la valutazione delle posture di lavoro statiche (ISO / TR, 2014) per definire la destinazione d'uso degli esoscheletri nel processo e le specifiche dell'attività lavorativa. Sulla base di questa procedura, una valutazione del rischio relativa a una specifica mansione deve iniziare definendo le mansioni svolte dal lavoratore, quali: spostamento di pesi leggeri ad alta frequenza, posture di lavoro statiche.

Altri aspetti da considerare in questa fase, sulla base delle informazioni sull'attività da svolgere in relazione alle condizioni circostanti e all'ambiente di lavoro, riguardano: il carico di movimentazione (ad esempio massa, dimensione, impugnatura), aspetti ambientali (es. temperatura, attività all'aperto / al chiuso, spazi limitati, spazio di lavoro), caratteristiche dei lavoratori (ad esempio sesso, età, qualifiche, abilità).

## **Gli esoscheletri per fini lavorativi: dispositivi indossabili per la prevenzione dei disturbi muscoloscheletrici nei luoghi di lavoro del futuro**

La seconda fase del processo definito “Human Centred design” è la specificazione dei requisiti dell’utente. In generale, in letteratura, sono stati individuati i seguenti requisiti principali:

libertà di movimento (ad esempio posture del corpo, dimensioni del dispositivo, comfort), condizioni ambientali (es. Interazione tra operatori, spesa calorica / metabolica), vestibilità (es. materiale, forma del dispositivo, adattabilità), intuitività d’uso (es. risorse cognitive richieste), aspetti biomeccanici (es. forza / pressione nelle diverse parti del corpo, vibrazioni, rumore, distribuzione del peso sul corpo dell’operatore), aspetti ed effetti fisiologici (es. giusto equilibrio tra attività e inattività).

Dopo aver compreso e specificato il contesto dell’utente e i requisiti dell’utente, l’approccio HCD della EN ISO 9241-210: 2019 fornisce altri passaggi che il progettista deve seguire in modo da soddisfare i requisiti relativi al contesto e all’utente. In letteratura, una scelta ideale per alcuni degli aspetti sopra menzionati sarebbe quella di sviluppare esoscheletri professionali antropomorfi cioè che riflettano l’anatomia umana al fine di consentire movimenti naturali e confortevoli.

Si deve anche considerare il genere del lavoratore nella progettazione dell’esoscheletro. Esempi di aspetti della ricerca relativi al genere includono considerazioni sull’antropometria femminile.

Altre idee che possono soddisfare la necessità di soluzioni di progettazione centrate sull’utente potrebbero essere: scegliere alimentatori con batterie e non cavi. Questa scelta aumenta il peso dell’esoscheletro, ma garantisce libertà di movimento al lavoratore. Ridurre il peso dell’esoscheletro mediante l’uso di motori personalizzati. Aumentare l’adattabilità, ossia produrre esoscheletri più adattabili, per consentire anche una produzione su larga scala, che ovviamente ridurrebbe il costo del prodotto.

Conclusivamente, un design centrato sull’utente può essere uno strumento efficacissimo per garantire una diffusione sempre più capillare di questi sistemi, rispondendo sempre più precisamente alle reali esigenze che manifestano gli utenti.

**Gli esoscheletri per fini lavorativi: dispositivi  
indossabili per la prevenzione dei disturbi  
muscoloscheletrici nei luoghi di lavoro del futuro**

***Paola de Vita***

Dottore di ricerca in Relazioni di lavoro internazionali e comparate