



Salute e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro

Via Ten. E. Velo, 28 – 36060 Romano d'Ezzelino (VI)
P.IVA IVA 02598070247 - www.necsi.it – info@necsi.it – tel.
0424 382638 – fax. 0424 37115

ANNO I – Pubblicazione del 21/06/2022

Esoscheletri. Il futuro dell'ergonomia?

Pubblicazione a cura di:
Ing. Erg. Daniele Moresco





Diffondere la cultura della sicurezza con qualità è il nostro più grande valore

Necsi crede da sempre nella cultura della sicurezza tanto da averne fatto il valore fondante sul quale costruire tutta la propria idea imprenditoriale.

Riteniamo che permettere a tutti i nostri clienti e i nostri lettori di approfondire tematiche importanti riguardanti il mondo della Salute e della Sicurezza nei Luoghi di Lavoro sia di fondamentale importanza per contribuire attivamente a contrastare il problema degli incidenti e delle malattie sul Lavoro.

Per questo motivo scegliamo di divulgare in modo gratuito i documenti di approfondimento che vengono redatti dai nostri tecnici esperti i quali, con costante dedizione al proprio lavoro e condividendo questo importante valore, scelgono in maniera autonoma di studiare e approfondire le tematiche più attuali, esaminare le novità legislative e riportare Case History per fornire a Voi lettori dei contenuti di estrema qualità, tanto che ad ogni nostro documento di approfondimento scegliamo utilizzare il nostro “**NECSI Quality Content**”, un simbolo che dia ai nostri lettori garanzia dell'estrema cura con la quale vengono redatti tutti i documenti che rendiamo disponibili.

Thomas Ronzan

Amministratore Delegato di Necsi s.r.l.

Ha curato questo approfondimento



Ing. Erg. Daniele Moresco

*Process Senior Engineer – Tecnico in Ergonomia e Fattori Umani
certificato SIE – Socio Ordinario EPM IES*

Sommario

Diffondere la cultura della sicurezza con qualità è il nostro più grande valore	2
Esoscheletri. Il futuro dell'ergonomia?	5
Introduzione	5
1. Gli Esoscheletri	6
1.1 Introduzione agli esoscheletri moderni	6
2. Esoscheletri Passivi per il supporto degli arti superiori	7
3. Esoscheletri Passivi per il supporto del rachide	9
3. Esoscheletri Attivi per il supporto del rachide	10
5. Conclusioni	12

Esoscheletri. Il futuro dell'ergonomia?

Introduzione

Il biennio 2020-2022, sotto molti aspetti, mi ricorda quando ero all'Università e ci fu il boom del fotovoltaico: nuove aziende nascevano in maniera quasi incontrollata con lo scopo di progettare, installare o commercializzare qualunque tecnologia avesse a che fare con i pannelli fotovoltaici. Similmente, negli ultimi anni, vista la preoccupante e sempre crescente impennata delle malattie professionali in ambito ergonomico, si è registrato l'uso (o meglio abuso) quanto meno improprio del termine "ergonomico" stesso. Per anni abbiamo, ad esempio, assistito ad un'inflazione del di questo termine associandolo, quasi in modo univoco, alla seduta *stokke*. La ricordate? Si tratta di una sedia che portava con sé una sorta di aura mistica tanto che sembrava l'unica seduta possibile per guarire da ogni male negli ambienti d'ufficio, tanto che ad essa veniva accostato anche il termine "certificata ergonomica".

Della seduta *stokke* sono stati ampiamente dimostrati i pro e, soprattutto, i contro (in particolar modo per quanto riguarda il carico delle ginocchia); contro che la rendono tutto tranne che "certificata ergonomica".

Ebbene, questo uso improprio del termine "ergonomico" porta, sfortunatamente, ad associare all'ergonomia qualunque cosa, basta che la si possa vendere generando un'enorme quantità di confusione negli acquisti; confusione che, per chi si occupa di consulenza per la salute e la sicurezza negli ambienti di lavoro, potrebbe tramutarsi a breve in un periodo di stagnazione degli investimenti aziendali. Il rischio effettivo è che tutti questi acquisti – permettetemi di definirli a volte "compulsivi" – non si tramuteranno in un ritorno economico in termini di diminuzione delle denunce di malattie professionali, potrebbero rivoltarsi contro tutti gli attori del mercato della sicurezza, compresi coloro i quali fanno bene il loro lavoro, generando un nuovo periodo nero per la sicurezza in cui i datori di lavoro non effettueranno nessun tipo di investimento in nuove tecnologie.

La condizione in cui ci troviamo, quindi, è piuttosto delicata sia per quanto riguarda il mercato sia per quanto riguarda la storia dell'ergonomia. Conviene quindi gestire nel modo più scientifico possibile gli investimenti che si intendono fare in questo ramo della sicurezza.

In Italia siamo davvero in pochi ad occuparci davvero di studiare ciò che succede al corpo di un operatore quando questo viene usato in un certo modo. I metodi che utilizziamo sono all'avanguardia, così come lo sono le tecnologie a supporto.

Vi invito a riflettere, però, che talvolta l'introduzione di nuove tecnologie atte ad aiutare gli operatori dovrebbero essere costantemente seguite da esperti, o meglio, da team multidisciplinari in cui lavorino fianco a fianco tecnici ed esperti ergonomi; purtroppo, non sempre questo avviene.



Figura 1 Sedia Stokke

1. Gli Esoscheletri

1.1 Introduzione agli esoscheletri moderni

Negli ultimi periodi si è parlato tantissimo di nuove tecnologie da introdurre negli ambienti di lavoro. Certamente, una delle più discusse, è quella legata agli esoscheletri.

Un esoscheletro è sicuramente un'attrezzatura molto interessante e già negli ultimi anni ho avuto modo di testarne alcuni mettendo in guardia in più modi molte aziende circa l'acquisto di tali prodotti. Il mio scetticismo rispetto a questa tecnologia è figlio di accurati studi e prove sul campo che mi hanno portato ad analizzare i pro e i contro che devono necessariamente essere presi in considerazione nel momento in cui decidiamo di avvicinarci a questo orizzonte della sicurezza sul lavoro.

Innanzitutto, è importante ribadire che possono esistere sul mercato tantissimi tipi di esoscheletri diversi, ognuno con caratteristiche e peculiarità specifiche (che devono però essere certificate dal costruttore) che dipendono anche dal tipo di marcatura CE che gli si fornisce.

Per esempio, robotic devices ai sensi della ISO 10218:2011; dispositivo di protezione individuale ai sensi della ex 89/686/EEC o della nuova 2016/425; oppure ancora come dispositivo robotico di tipo personale ai sensi della ISO 13482:2014 o di tipo medico 93/42/EEC.

Non finisce qui, è importante comprendere che ogni esoscheletro ha la propria funzione specifica, quindi è possibile che, per lo svolgimento di determinate mansioni, sia necessario l'acquisto di più d'un esoscheletro per eseguire un'attività.

Online è facile imbattersi su claim quantomeno fuorvianti in merito al fatto che "con i nuovi esoscheletri indossabili si è di fatto risolta l'annosa questione del sovraccarico biomeccanico del rachide" (causato da attività quali la movimentazione manuale di carichi superiori a 3 Kg).

Altro aspetto sul quale porre la dovuta attenzione riguarda l'ambiguità che spesso viene a crearsi nel momento in cui un esoscheletro viene presentato facendo riferimenti incrociati che non permettono di capire se l'attrezzatura proposta serve per proteggere l'operatore o per aiutarlo durante le operazioni di Movimentazione Manuale dei Carichi o durante attività che comportano l'uso degli arti superiori (Movimenti Ripetuti degli Arti Superiori).

Tale ambiguità ci ha spinti a testare personalmente diversi di questi esoscheletri e a trarre le dovute conclusioni.

Le attrezzature testate, una volta "armate" mantengono la stessa quantità di "supporto" a prescindere da quello che l'operatore sta eseguendo. Questo si tramuta in un aiuto effettivo dell'attrezzatura che supporta il lavoratore durante le operazioni per cui essa è stata progettata o impostata, ma potenzialmente frena l'operato dello stesso in tutte le altre.

Vediamo assieme il test funzionale operato su due esoscheletri passivi. Avrà confermato le mie aspettative?

2. Esoscheletri Passivi per il supporto degli arti superiori

Il primo esoscheletro di cui vi parlo è un supporto per gli arti superiori di cui vi riportiamo un'immagine puramente esemplificativa della tipologia di attrezzatura testata.



Figura 2 Esoscheletro passivo per supporto degli arti superiori

Nel 2018 sono stati presentati su diverse piattaforme i primi video inerenti tali strumenti di lavoro; già allora si sottolineava la loro utilità nelle attività in cui i lavoratori devono eseguire operazioni in posizioni incongrue: come nel caso di attività svolte sin stazione eretta sotto la scocca di un'automobile.

Si puntava quindi sul fatto che tali "supporti" rispettavano i requisiti richiesti dalla ISO 11226 per gestire alcune tipologie di posture statiche in fascia "non accettabile". Ciò soprattutto quando l'effettivo campo di operabilità dell'esoscheletro entra in gioco solo quando la posizione delle braccia rispetto al busto dell'operatore supera i 90° di flessione-estensione.

Attenzione però che, talvolta, a tali attrezzature vediamo accostata anche la capacità di aiutare l'operatore nell'assunzione di posture evidentemente incongrue a carico degli arti superiori aiutando la persona anche durante le operazioni di movimentazione manuale dei carichi. Tale asserzione risulta essere pericolosamente fuorviante oltre che "ergonomicamente molto errata". È infatti doveroso ricordare che, fintanto che non verrà certificato da un costruttore che tali dispositivi effettivamente scaricano una percentuale ben precisa del peso sollevato, facendo quindi percepire al soggetto che lo utilizza una massa da movimentare minore, tali attrezzature possono essere considerate solo dei "meri" supporti per gli arti superiori e non delle soluzioni oggettive al sovraccarico del rachide dovuto, appunto, alla movimentazione manuale dei carichi.

Sfatato quindi il fatto che un esoscheletro da solo non possa essere la panacea di ogni male ergonomico che grava su una postazione di lavoro, ma che ogni esoscheletro ha la sua funzione specifica, osserviamolo in riferimento agli arti superiori. Spesso, infatti, possono essere censite attività che obbligano l'operatore ad eseguire delle flessione-abduzioni della spalla in posizioni superiori agli 80°. Nel momento in cui si introduce l'uso di un supporto mobile in grado di scaricare la fatica dell'operatore che entra nella fascia di incongruità posturale della spalla (nei casi in cui non sia possibile riprogettare prima l'attività lavorative, si rimane impantanati in un limbo decisionale non da poco:

se ho gestito il rischio associato alla postura incongrua, ma di fatto non l'ho tolta (introducendo un supporto alla spalla che però non la abbassa sotto gli 80°), la situazione è stata solo "parzialmente migliorata"?

In più, come è possibile quantificare tale miglioramento?

Ho analizzato la situazione evidenziando quanto segue facendo nascere diverse domande: se considero la postura in quanto tale non ho tolto la componente "spalla" dal metodo OCRA; potrei asserire di aver tolto il fattore forza usato per mantenere quella postura su tutte le attività eseguite in tale contesto?

Di quanto è stato tolto, usando la scala di Borg?

Porto automaticamente il valore a 0,5 per ogni attività che supera quel range articolare?

Che certifica tale asserzione?

Attualmente sono diversi gli studi in atto nel tentativo di quantificare il valore dell'abbassamento della scala di Borg, ma al momento la postura incongrua a carico della spalla con l'uso di questa attrezzatura non può essere rimossa dal calcolo.

È altresì doveroso far notare che, generalmente, i costruttori definiscono gli esoscheletri indossabili a supporto delle braccia come dei "dispositivi creati per compensare parzialmente il peso che grava sulla spalla causato dagli arti superiori"; ciò permette agli stessi costruttori di asserire anche che "ciò riduce la sensazione di fatica e, quindi, migliora la qualità del lavoro durante le operazioni che richiedono movimenti ripetitivi con braccia alzate". Questo, a mio parere, ne limita non poco l'utilità oggettiva delle attrezzature, portandola sul piano della soggettività, un concetto olistico che non può essere preso automaticamente in considerazione come veritiero.

Il fatto stesso che possa essere usato solo da personale formato e con una dimostrata buona forma fisica, oltre al fatto che nel caso di presenza di patologie conclamate a spalle o vertebre si debba prima chiedere il parere al medico competente, mi fa pensare che un'attrezzatura simile sia più utile per prevenire parte di alcuni problemi, ma non per aiutare a gestire quelli di tipo patologico. Immaginate un medico competente, il quale deve certificare la funzionalità e la sicurezza di un'attrezzatura sperimentale dedicata ad un lavoratore patologico cui studi scientifici sono ancora oggi carenti.

Mi permetto di evidenziare un'altra criticità rispetto l'uso di tali attrezzature: si potrebbe arrivare a far pensare ad alcuni datori di lavoro che strumenti simili siano in grado di risolvere i problemi ergonomici bypassandoli permettendo di evitare il miglioramento delle geometrie aziendali errate portando a non lavorare più sulla cosiddetta ergonomia cognitiva.

Conclusioni e perplessità simili sono state divulgate anche da *Tobias Möller e dal Dr. Manfred Knye*, dipendenti *Volkswagen* finanziatrice di progetti di creazione dell'esoscheletro a supporto degli arti superiori.

3. Esocheletri Passivi per il supporto del rachide

Diverso rispetto a quanto espresso nel paragrafo precedente, un esoscheletro passivo a supporto del rachide è un'attrezzatura che potrebbe supportare in una certa percentuale la schiena dell'operatore mentre esegue operazioni di movimentazione manuale dei carichi.



L'articolo *"The impact of using exoskeletons on occupational safety and health"* pubblicato dalla *European Agency for Safety and Health at Work* lo scorso 2020, i contro e le perplessità sollevate nell'introduzione degli esoscheletri passivi negli ambienti di lavoro superano i pro.

Personalmente, usandolo, ho però notato un potenziale aiuto.

Non sarei in grado di quantificarlo in modo esatto, ma nell'eseguire alcune tipologie di movimentazione ho trovato che il supporto potesse essere in qualche modo efficiente. Per contro ho sicuramente percepito che l'esoscheletro risultava un ostacolo durante altre attività: essendo un'attrezzatura progettata per essere sempre "armata" in un

certo modo, se quell'impostazione è stata pensata per eseguire operazioni statiche di movimentazione manuale di un carico, essa ti frena in fase dinamica ed è scomoda sulle gambe in fase di trasporto.

Di per sé, la loro passività è il loro stesso limite.

Intendo dire che non posso indossare un'attrezzatura che devo costantemente resettare a mano in funzione dell'operazione che voglio eseguire.

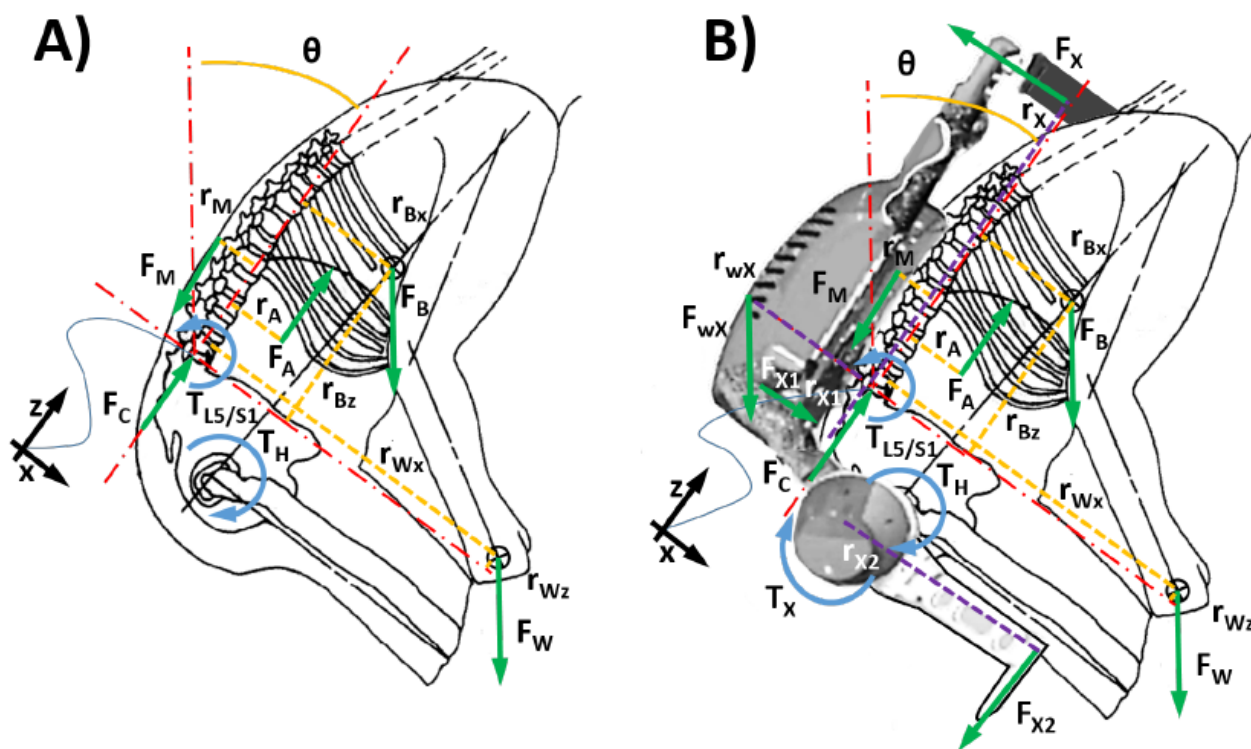
L'essere umano è versatile, usare un'attrezzatura non versatile ne limita immediatamente la funzionalità. In più questo tipo di attrezzature non è settabile all'infinito per tutte le casistiche; così si arriva all'estremo caso in cui l'attrezzatura, settata al massimo per supportarti nella movimentazione di un oggetto pesante, non ti permette di raggiungere il pacco perché, come se ci fosse un gancio traino sulle spalle, non ci si riesce ad abbassare per andare a prendere l'oggetto da sollevare.

Oltre a questo, sottolineo che, momentaneamente, non esiste uno studio che abbia poi effettivamente confermato se, escludendo il loro limite operativo, tali attrezzature siano in grado di assorbire una parte del peso sollevato dall'operatore.

3. Esoscheletri Attivi per il supporto del rachide

A metà 2021 la rivista MDPI pubblica un articolo dal titolo "Equivalent Weight: Connecting Exoskeleton Effectiveness with Ergonomic Risk during Manual Material Handling"; dopo averlo letto ho contattato gli autori e da lì è iniziata una fruttuosa collaborazione fatta di discussioni ingegneristiche interessanti le quali mi hanno poi permesso di testare personalmente l'attrezzatura creata dagli italianissimi componenti del team della Proteso.

Lo studio pubblicato nell'articolo di cui sopra ha permesso di fondere la visione ergonomica con la visione tecnologica che sta dietro agli esoscheletri attivi, studiando cosa succede al corpo di 12 operatori mentre eseguono attività di movimentazione manuale dei carichi. È stato quindi possibile generare un modello biomeccanico assai accurato della schiena degli operatori senza (Figura A) e con (Figura B) l'esoscheletro per studiare quanto avviene a carico del rachide (zona lombare da L5 a S1) durante le fasi di movimentazione manuale dei carichi, ovvero quando si attivano i muscoli della lombare per eseguire la movimentazione.



L'esoscheletro usato per le prove è di tipo "attivo" ossia che possiede dei servosistemi e dei motori che si attivano solo al bisogno, cioè quando percepiscono il carico. Questo significa che quando l'operatore non sta eseguendo movimentazioni, l'attrezzatura non si "arma" ed è un po' come avere uno zaino sulle spalle e nulla più.

Oltre a questo, l'attrezzatura testata possiede dei sensori che registrano diversi parametri di funzionalità del sistema stesso, rendendolo tecnologicamente molto avanzato.

Già questa enorme differenza di caratteristiche – che raramente viene evidenziata – dovrebbe far puntare più ad un investimento verso esoscheletri attivi piuttosto che verso quelli passivi.

I risultati delle prove sperimentali su soggetti del test suggeriscono un effetto benefico per la schiena che corrisponde ad una riduzione apparente del peso sollevato di un fattore pari a massimo ~ 37,5%

(il peso percepito dall'operatore durante la movimentazione di oggetti si riduce quindi di oltre un terzo).

Il metodo analitico applicato potrebbe essere usato come approccio su tutti gli esoscheletri a supporto del rachide, siano essi attivi o passivi, per valutare il rischio ergonomico e per supportare l'adozione di esoscheletri sul posto di lavoro.

Ovviamente servono altri studi e altre prove a supporto del ragionamento positivo fatto sugli esoscheletri attivi, ma lo studio di cui sopra sembra già assai promettente. Non è detto, infatti, che un esoscheletro di tipo passivo non sia in grado di dare un supporto simile al rachide dell'operatore durante la movimentazione manuale di un carico, ma la sua staticità operativa potrebbe aiutare su alcuni carichi ed alcune geometrie quanto assolutamente non aiutare in altre. Ciò renderebbe quindi poco affidabile l'attrezzatura.

Il fatto che un esoscheletro attivo abbia al suo interno anche una serie di sensori che lo rendono facilmente assimilabile (nelle prossime generazioni) ad uno strumento in grado registrare informazioni sulle frequenze di movimentazione dell'operatore – dato necessario per la valutazione della movimentazione manuale dei carichi. Non solo, potrebbe registrare anche la percentuale reale di peso assorbita dall'attrezzatura al posto dell'operatore e quindi farci ricavare in modo diretto la reale massa cumulativa sposta dall'addetto oltre a quella realmente percepita dallo stesso.

5. Conclusioni

Come già dissi qualche tempo fa, rimango dell'idea che i limiti di tali attrezzature siano ancora evidenti, soprattutto quelle degli esoscheletri passivi.

Gli esoscheletri attivi, invece, sono sicuramente un primo importante passo verso un metodo tecnologicamente avanzato per risolvere e gestire un problema fin troppo attuale, ma allo stesso tempo, come ogni nuova tecnologia, si dovrà assistere alla nascita di diverse generazioni di tali dispositivi prima di poter asserire che il problema sia effettivamente in piena gestione. Ripongo decisamente più fiducia sulle attrezzature di tipo attivo, sulle quali attendo un'ulteriore conferma dell'abbassamento del peso percepito del 37,5%.

Oltre a questo, non essendo ancora in vigore una regolamentazione chiara sui limiti operativi degli esoscheletri oltre che sulla definizione stessa di esoscheletro, è stato creato un gruppo di lavoro che pubblicherà, entro il 2023-2024, una norma specifica UNI sull'argomento.

Tutti i contenuti possono essere riprodotti in qualsiasi forma e/o ceduti a terzi senza autorizzazione di Necsi S.r.l. a patto che sia chiaramente riportata la fonte. Necsi S.r.l. declina ogni responsabilità per eventuali errori od omissioni

NECSI s.r.l.

Salute e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro

Via Tenente Edoardo Velo, 28
36060 – Romano d'Ezzelino (VI)
T. 0424 382638
www.necsi.it – info@necsi.it

