

Ing. Luigi Monica  
23 novembre 2022

**INAIL**

## Seminario

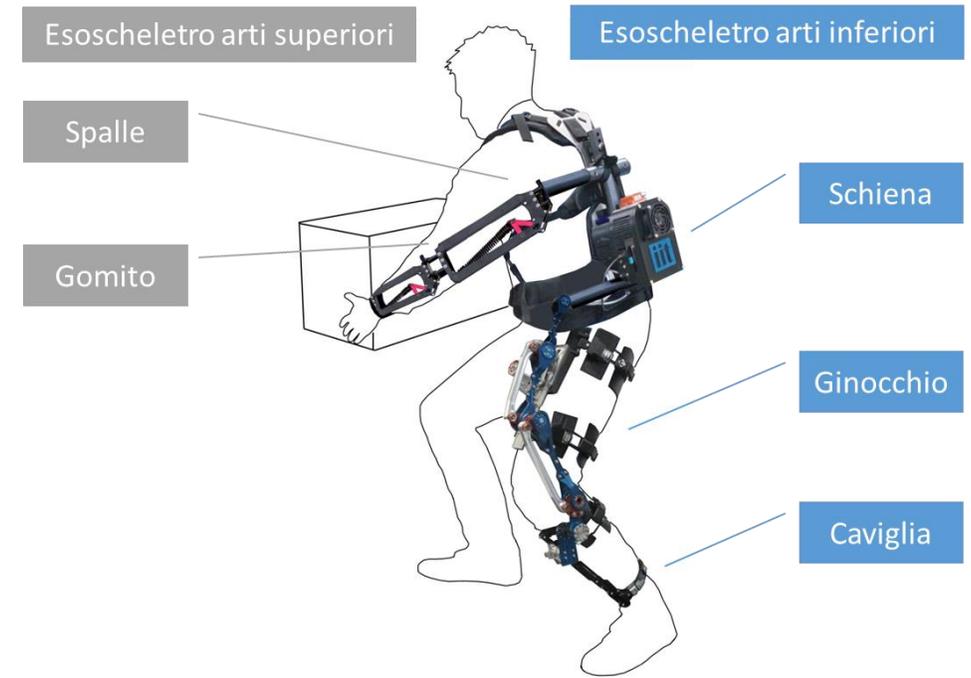
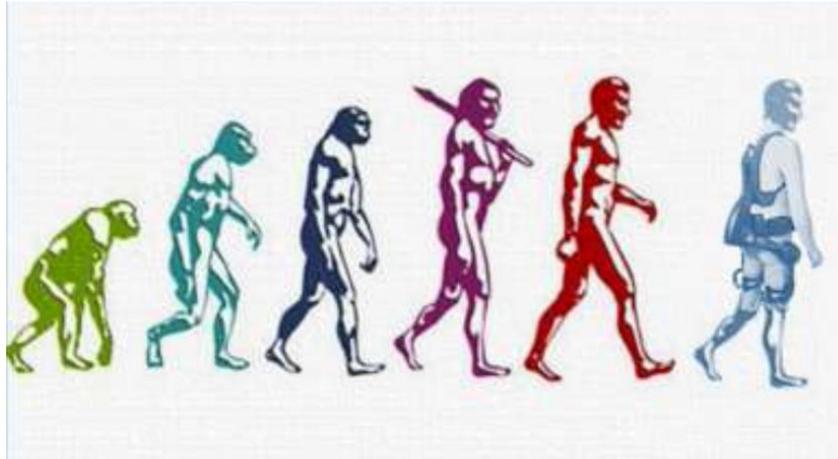
# L'evoluzione legislativa per l'innovazione tecnologica. Il regolamento sui prodotti macchine

**Gli esoscheletri occupazionali:  
dall'immissione sul mercato all'utilizzo  
negli ambiente di lavoro**



## Gli esoscheletri occupazionali

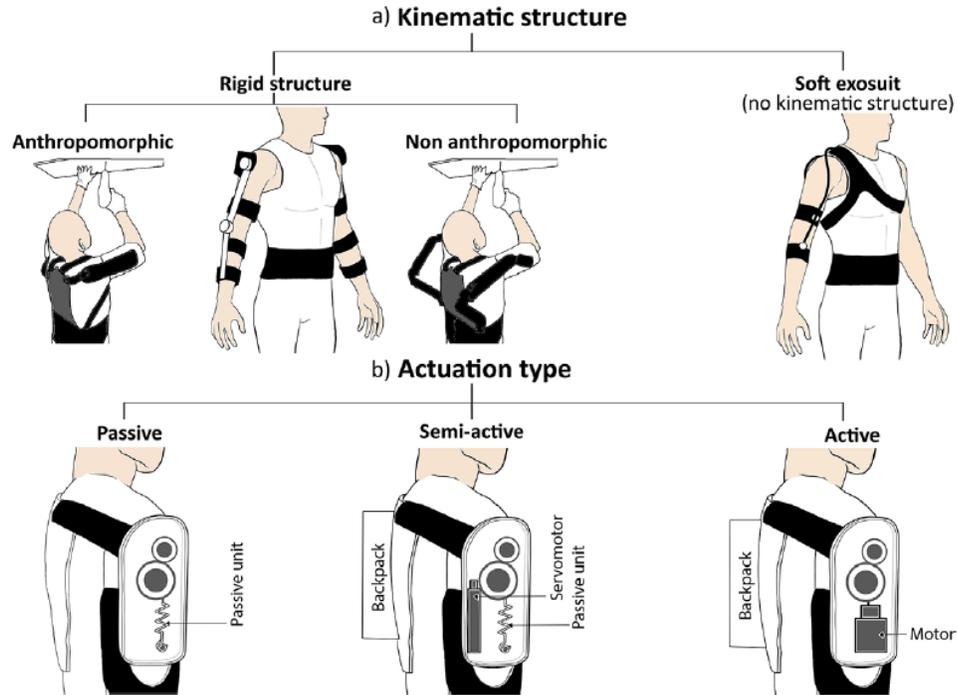
Dispositivi indossabili portatili di servizio, che agiscono sul corpo in modo meccanico, assistendo l'operatore durante un'attività lavorativa. Un esoscheletro modifica le forze interne ed esterne che agiscono sul corpo e di conseguenza il carico biomeccanico dell'operatore, con l'intenzione lo scopo di supportarlo durante un'attività lavorativa mediante una forza o coppia assistiva.



Questi dispositivi 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 durante un'attività lavorativa;

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 da sovraccarico biomeccanico.

# Gli esoscheletri occupazionali: stato dell'arte



*Simona Crea<sup>1</sup> et al. Occupational exoskeletons: A roadmap toward large-scale adoption. Methodology and challenges of bringing exoskeletons to workplaces. Wearable Technologies (2021), 2, e11. doi:10.1017/wtc.2021.11*

## Esoscheletri occupazionali passivi



## Esoscheletri occupazionali passivi soft



## Esoscheletri occupazionali attivi



# Esoscheletri passivi Vs. Attivi

## Esoscheletri passivi

- Semplici
- Leggeri
- Minore costo



Laevo V2. Laevo,  
2019

## Esoscheletri attivi

- Complessi
- Pesanti
- Ingombranti
- Alto costo



Sarcos, Guardian  
XO, 2022

## Esoscheletri passivi

Più efficaci in posizioni statiche



Posture incongrue



ra la testa

## Esoscheletri passivi

### Meno efficaci in altre attività



Traino



Trasporto carichi



Attività miste

# Gli esoscheletri occupazionali



**INAIL**  
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INfortUNI SUL LAVORO

**DISCUSSION  
PAPER**



## OCCUPATIONAL EXOSKELETONS: WEARABLE ROBOTIC DEVICES AND WORK-RELATED MUSCULOSKELETAL DISORDERS PREVENTION IN THE WORKPLACE OF THE FUTURE

### Introduction

This article was developed as part of the collaboration agreement signed by INAIL with EU-OSHA related to the provision of research services in the area of musculoskeletal disorders (MSDs) prevention, and presents results of a joint INAIL/Italian Institute of Technology (IIT) project on collaborative exoskeletons.

In recent years, new assistive devices worn by the worker, the so-called exoskeletons, have been introduced in the workplace. This growing interest in exoskeletons indicates that wearable robotic devices will represent one of the next major changes in many occupational scenarios (e.g. in economic sectors such as automotive and aerospace manufacturing, logistics, construction, and agriculture).

The idea of supporting human activities with automation and mechanization as robots and robotic devices is not recent. Robots and robotic devices, as the exoskeletons, typically perform or support the performance of tasks to improve the quality of life of intended users, irrespective of age or capability.

In particular, manual material handling (MMH) is a common physically demanding activity in many occupational contexts (e.g. in economic sectors such as manufacturing, logistics, construction, and agriculture). MMH includes tasks such as dynamic lifting and prolonged stooped postures, can generate large compressive pressure on the lumbar spine, and is one of the main risk factors for work-related musculoskeletal disorders (WRMSDs). WRMSDs not only increase the costs sustained by companies, but most importantly have a severe impact on workers' quality of life (EU-OSHA, 2019). Safety and ergonomics guidelines for the workplace aim to reduce the workload on workers, often resulting in very strict limitations on MMH operations in terms of object weights and movement frequency (Garg, 1995).

With the use of technical devices, such as external manipulators, which unload all or part of the weight to be handled, the physical workload on workers can be reduced.

Nevertheless in some circumstances, such devices and other technical and organizational measures to design workplaces can be impractical or infeasible, and therefore it becomes necessary to consider the use exoskeletons.

As a matter of fact, there are many workplaces that are not tied to a specific location (e.g. logistics, construction, agriculture), where ergonomic design measures cannot be implemented because of the changing environmental requirements (Schick, 2018). Furthermore, in other scenarios overexertion of the musculature, frequent lifting or incorrect postures can increase the risk of physical overstrain. In all these contexts, exoskeletons may offer a number of possibilities to improve working conditions and help in preventing WRMSDs.

In this perspective, this article try to define the state of the art of occupational exoskeletons and to illustrate which needs must be met and what requirements this typology of exoskeleton must possess in order to maximize the user benefits and minimize his potential negative impacts, through a human-centred design process.

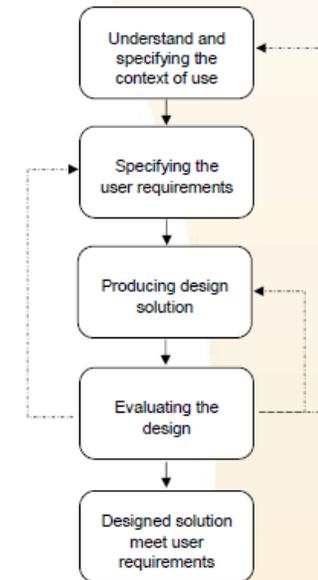
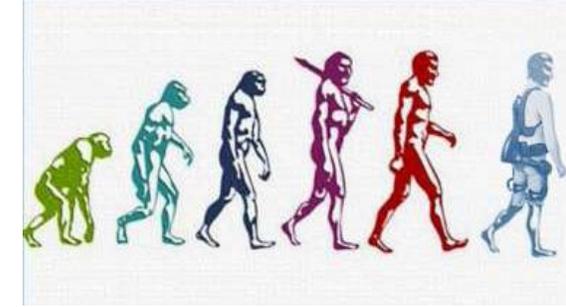


Figure 4 – Plan the human centred design process (personal elaboration of figure 1 – Interdependence of human centred design activities of the EN ISO 9241-210:2019)

<https://osha.europa.eu/en/publications/occupational-exoskeletons-wearable-robotic-devices-and-preventing-work-related-musculoskeletal-disorders-workplace-future/view>

# XoTrunk



**INAIL**  
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

**iit**  
ISTITUTO ITALIANO  
DI TECNOLOGIA

INAIL

# XoTrunk



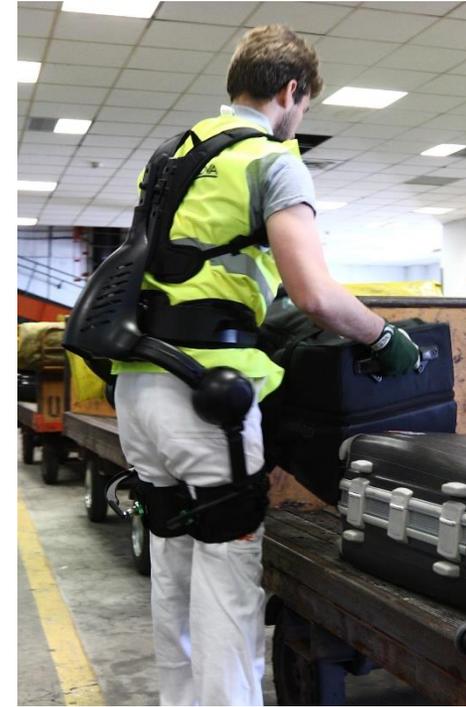
Robo-Mate Trunk module  
2015



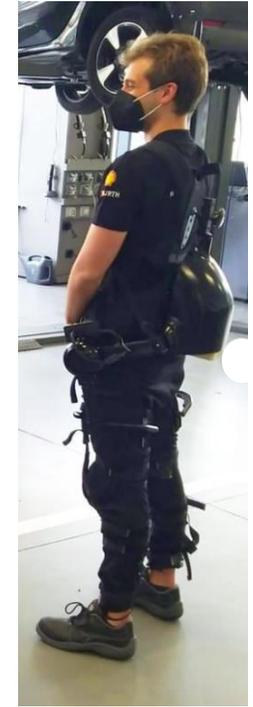
Robo-Mate Trunk module MKII  
2016



Robo-Mate Trunk module MKIIb  
2017



XoTrunk  
2018



XoTrunk  
2021

Robo.Mate

INAIL

**INAIL**  
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

# XoTrunk



20Kg

Robo-Mate Trunk module  
2015



12Kg

Robo-Mate Trunk module MKII  
2016



10.5Kg

Robo-Mate Trunk module MKIIb  
2017



6Kg

XoTrunk  
2018



6.5Kg  
with  
batteries

XoTrunk  
2021

Robo.Mate

INAIL

**INAIL**  
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

# XoTrunk



Sollevamento  
statico

Robo-Mate Trunk module  
2015



Sollevamento  
statico

Robo-Mate Trunk module MKII  
2016



Sollevamento  
statico  
Stima del carico

Robo-Mate Trunk module MKIIb  
2017



Sollevamento  
dinamico  
Stima del carico

XoTrunk  
2018



XoTrunk  
2021

Robo.Mate

INAIL

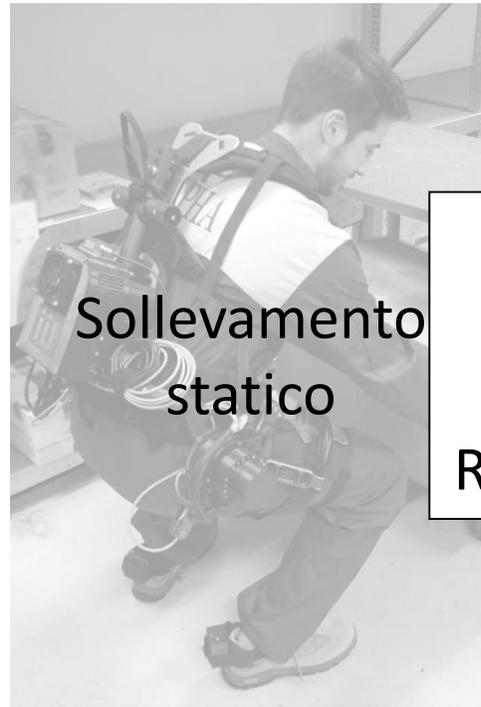
INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO



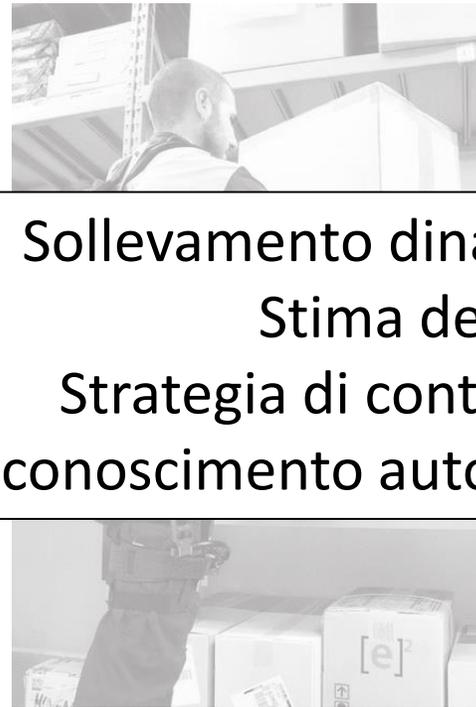
Sollevamento  
statico

Robo-Mate Trunk module  
2015



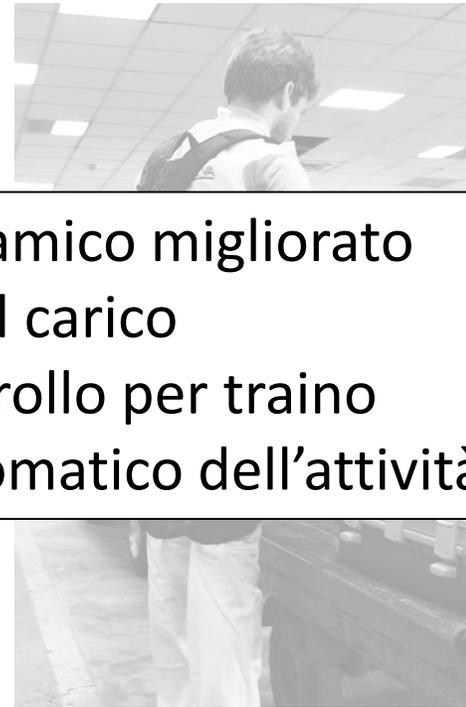
Sollevamento  
statico

Robo-Mate Trunk module MKII  
2016

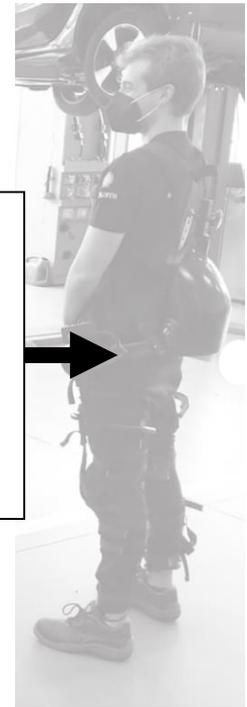


Sollevamento dinamico migliorato  
Stima del carico  
Strategia di controllo per traino  
Riconoscimento automatico dell'attività

Robo-Mate Trunk module MKIIb  
2017



XoTrunk  
2018



XoTrunk  
2021

Robo.Mate

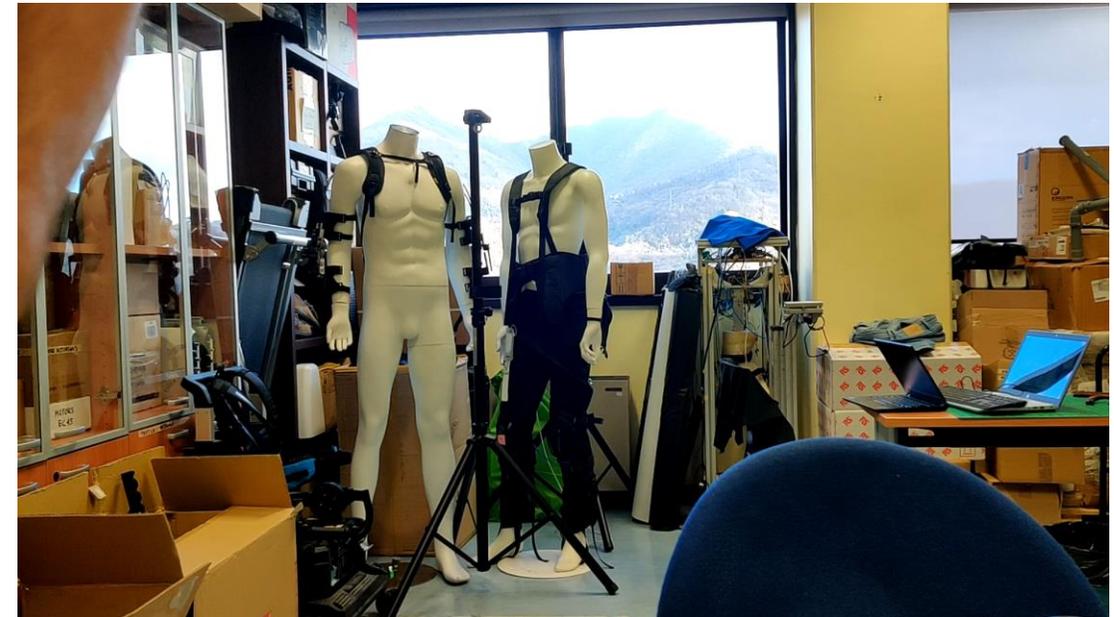
INAIL

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

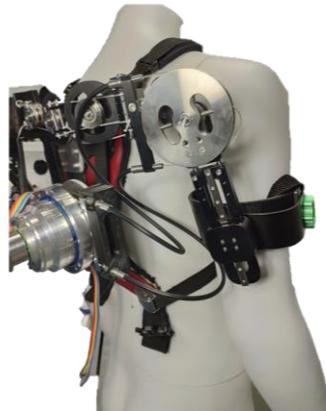
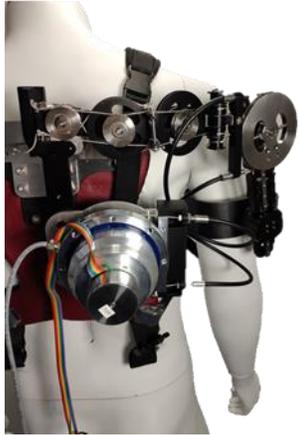
# Gli esoscheletri occupazionali INAIL/IIT

*Flexo*



# Gli esoscheletri occupazionali INAIL/IIT

*XoShoulder*



INAIL

**INAIL**

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

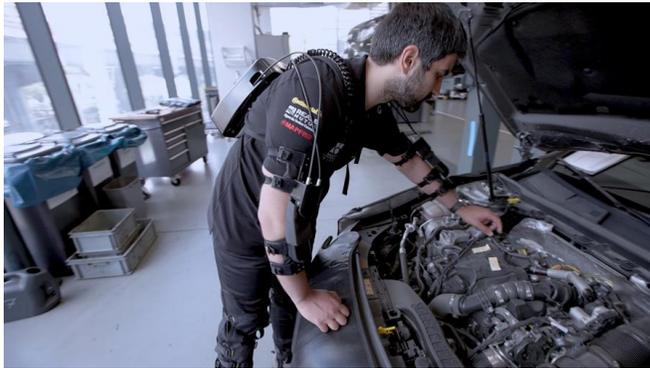
**iit**

ISTITUTO ITALIANO  
DI TECNOLOGIA

Dipartimento Innovazione Tecnologica e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici – Luigi Monica

# Gli esoscheletri occupazionali INAIL/IIT

## *XoElbow*



INAIL

**INAIL**

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

**iit**

ISTITUTO ITALIANO  
DI TECNOLOGIA

Dipartimento Innovazione Tecnologica e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici – Luigi Monica

## Gli esoscheletri occupazionali INAIL/IIT



# Gli esoscheletri occupazionali

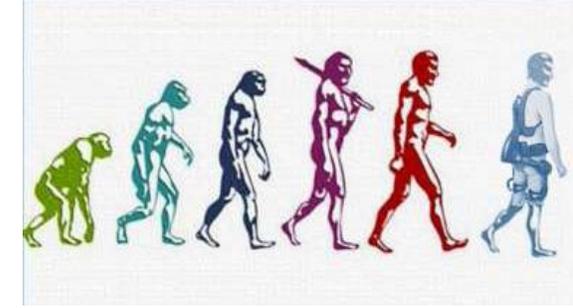
## La Commissione UNI/CT 042 "Sicurezza"

considerando:

- il documento programmatico 2019-2021 della Commissione Sicurezza (vedere doc. UNI/CT 042 N 186) discusso in occasione della riunione tenuta il 1 ottobre 2019 (vedere doc. UNI/CT 042 N 204);
- la scheda preliminare predisposta dall'Area Normazione (vedere primo allegato);
- lo stralcio del resoconto della riunione del Comitato di Presidenza CCT tenuta il 12 febbraio 2020 (vedere secondo allegato).
- l'art. 5 del Regolamento per lo svolgimento dell'attività di normazione da parte del sistema UNI entrato in vigore il 26 aprile 2017;

decide di:

costituire il Gruppo di Lavoro UNI/CT 042/SC 01/GL 16 "Sicurezza e salute dei dispositivi indossabili per agevolare le attività lavorative" con il seguente campo di attività: "Dispositivi indossabili quali esoscheletri (attivi e/o passivi), schermi, caschi ed altri dispositivi per agevolare le attività lavorative, le attività lavorative nella realtà virtuale e/o nella realtà aumentata."



## Nuova attività normativa

**Possibile titolo** Sicurezza e salute dei dispositivi indossabili per agevolare le attività lavorative

**Campo di attività** Dispositivi indossabili quali esoscheletri (attivi e/o passivi), schermi, caschi ed altri dispositivi per agevolare le attività lavorative, le attività lavorative nella realtà virtuale e/o nella realtà aumentata.

**Aspetti da valutare**

- definire una classificazione dei dispositivi: macchine, dpi, altro (?);
- definire i requisiti di sicurezza sulla base della classificazione;
- definire un metodo per valutare come cambia il sovraccarico biomeccanico nell'utilizzo di dispositivi quali gli esoscheletri;
- benessere del lavoratore sia fisico (per esempio: confort termico) sia psicologico (effetti sulla psicologia umana dell'immagine alla "Robocop" data dall'indossare dispositivi quali gli esoscheletri)

# Selezione di un esoscheletro occupazionale

1. **Destinazione d'uso:** la destinazione d'uso prevalente identifica l'utilizzo al quale è destinato un dispositivo secondo le indicazioni fornite dal fabbricante (es. supporto alle attività lavorative caratterizzate da movimenti ripetuti dell'arto superiore, movimentazione manuale di carichi, posture statiche)
2. **Caratteristiche tecniche:** le caratteristiche generali del dispositivo e quelle che ne identificano le funzioni.
  - Peso.
  - Ingombro
  - Attuazione (es. modalità di attuazione, autonomia, direzione della forza/coppia assistiva, profilo ed ampiezza della forza/coppia assistiva)
  - Struttura cinematica.
  - Taglie e regolazioni.
  - Materiali.
3. **Evidenze scientifiche sull'efficacia del dispositivo**
4. **Certificazioni**

# *Grazie per l'attenzione*

[l.monica@inail.it](mailto:l.monica@inail.it)

