



EXOSKELETEN IN EEN INDUSTRIËLE WERKOMGEVING: EEN ERGONOMISCHE OPLOSSING?

Steven Amandels, Preventieadviseur Ergonomie
Nationale dagen voor Arbeidsgeneeskunde, 16/11/2018

EXOSKELET OP DE WERKVLOER

VRAAG VAN WERKGEVER/PREVENTIEADVISEUR

“Dokter, wat is uw idee over exoskeletten, zouden we dit hier kunnen gebruiken?”

EXOSKELET IN DE MEDIA - 2018

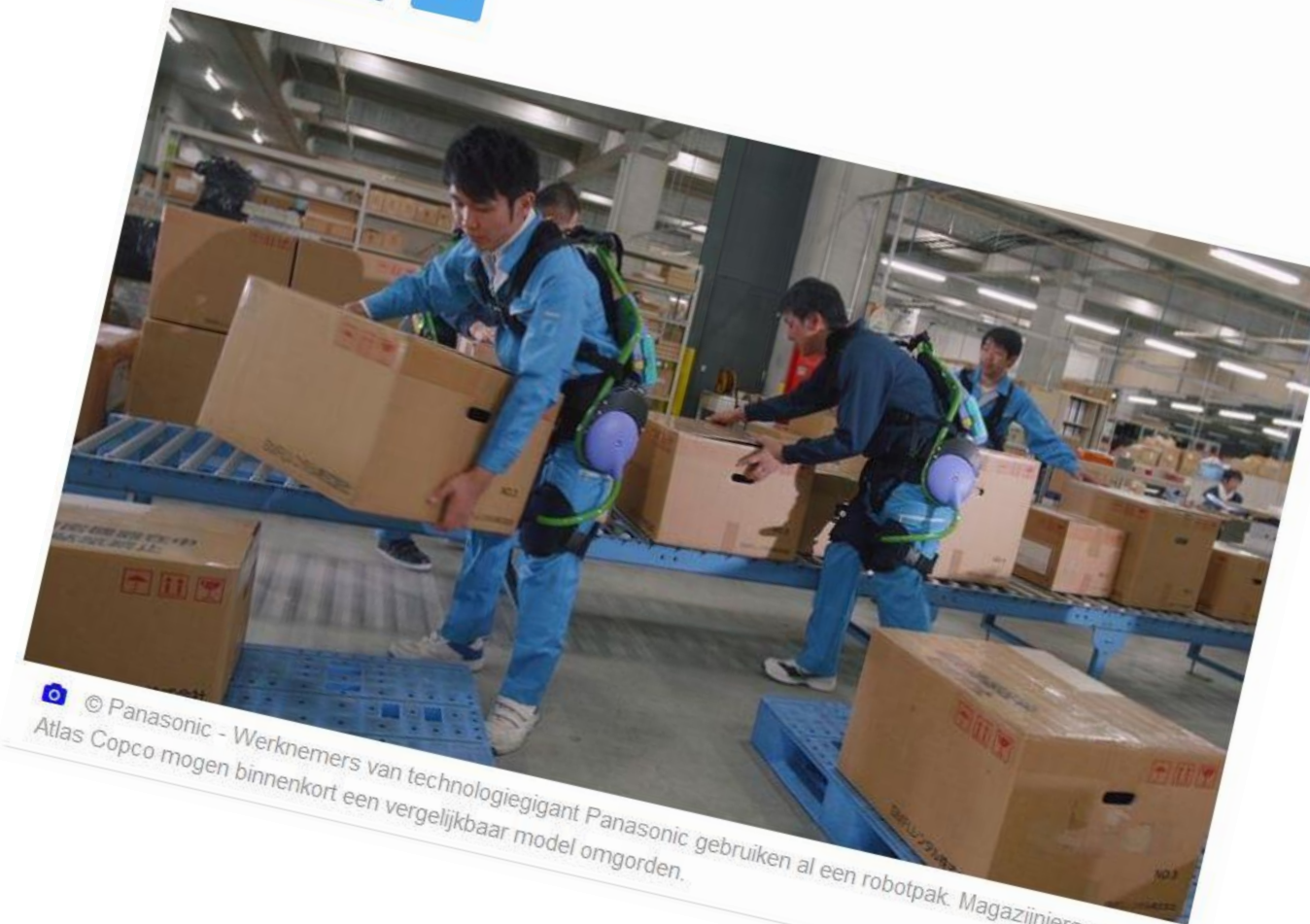


100 kilo tillen wordt makkie met robotpak

ATLAS COPCO TEST VANAF JUNI EXOSKELETONS UIT BLJ MAGAZJINIERS

DIETER LIZEN | 15 maart 2018 | 02u29

f DEEL



VIL onderzoekt meerwaarde van draagbare robotpakken voor logistieke medewerkers

DEELNEMENDE BEDRIJVEN

Dertien bedrijven: Atlas Copco, bpost, Colruyt, Conway, Danone, Delhaize, Gates Distribution Center, H.Essers, Honda Motor Europe Logistics, Limburg.Net, Mainfreight Logistic Services, Oesterbank en Sortbat



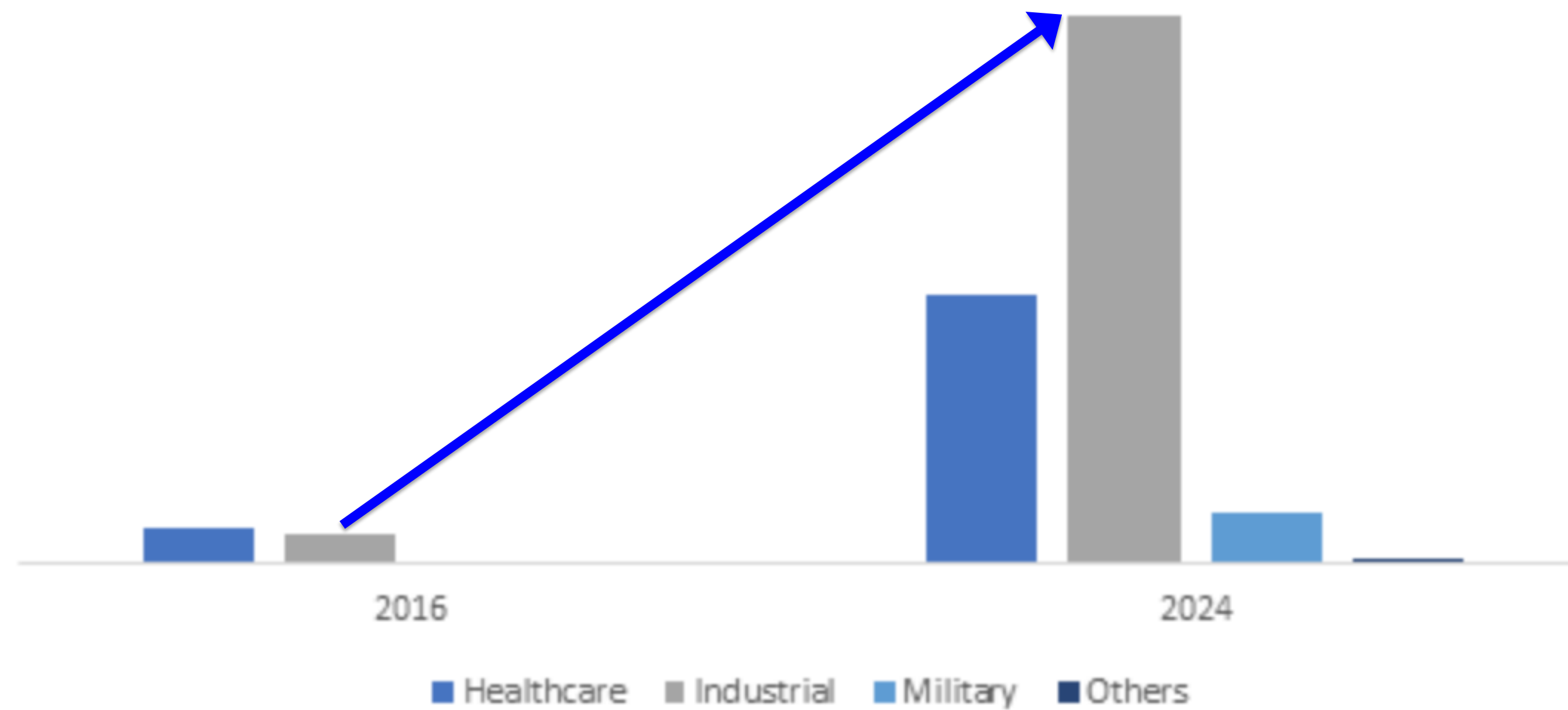
EXOSKELET - EVOLUTIE

GLOBAL MARKET INSIGHTS

Industry Trends

Exoskeleton Market size was worth over USD 110 million in 2016 and its shipment volume will surpass 86,000 units in 2024.

U.S. Exoskeleton Market, By Application, 2014-2024, (USD Thousand)



The San Francisco Bay Area is Becoming a Hub for Exoskeleton and Exosuit Technology

Posted on August 9, 2018 by Bobby Marinov in [Opinions & Editorials](#) // [2 Comments](#)



Robo.Mate

Passive Parallelogram Arms



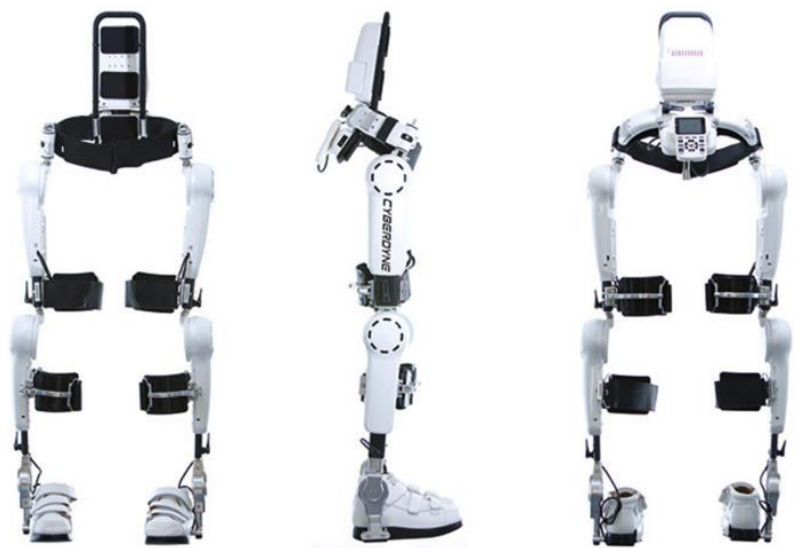
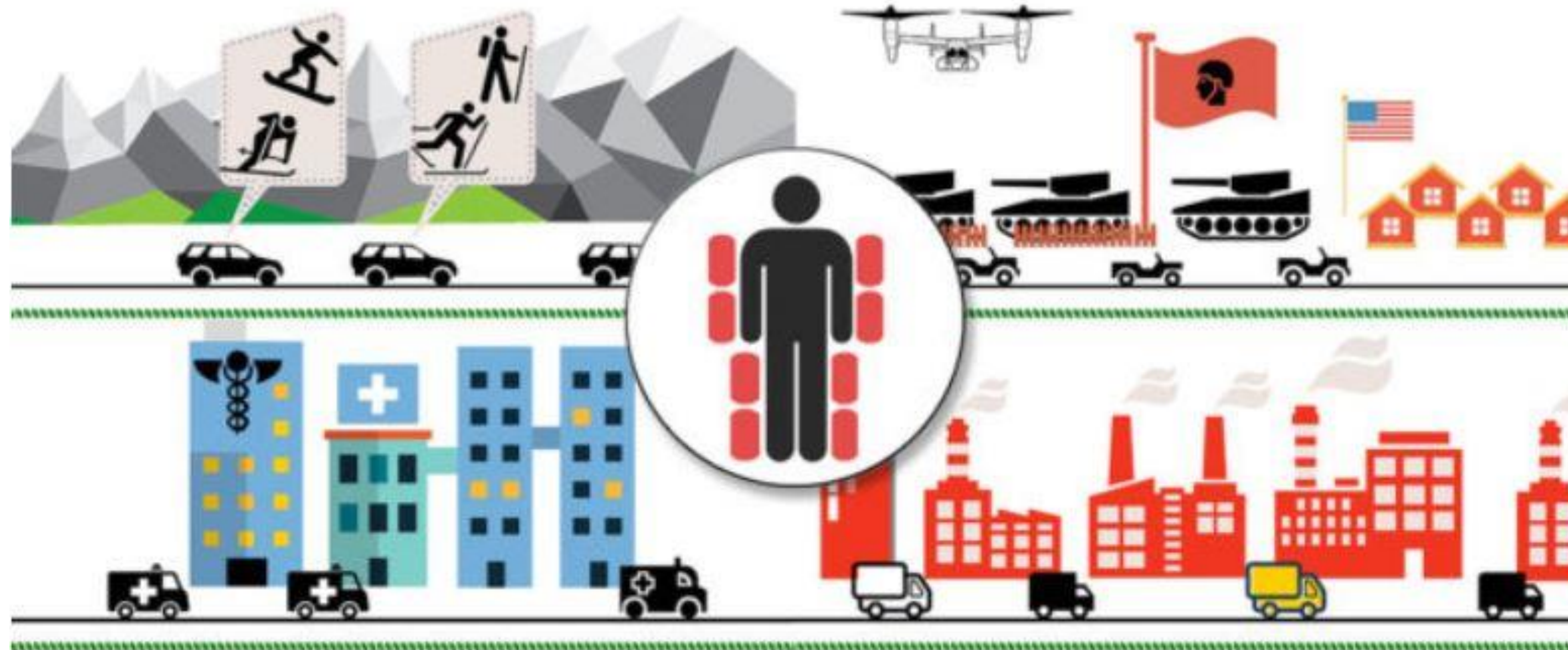
Active Parallelogram Arms



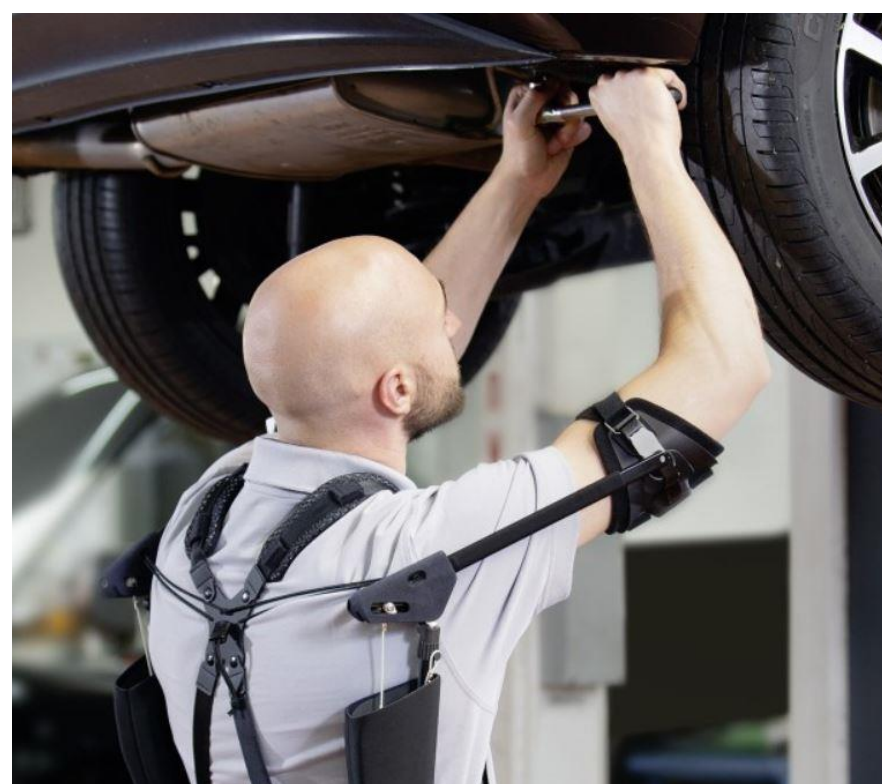
Core Trunk



EXOSKELET - TOEPASSINGEN

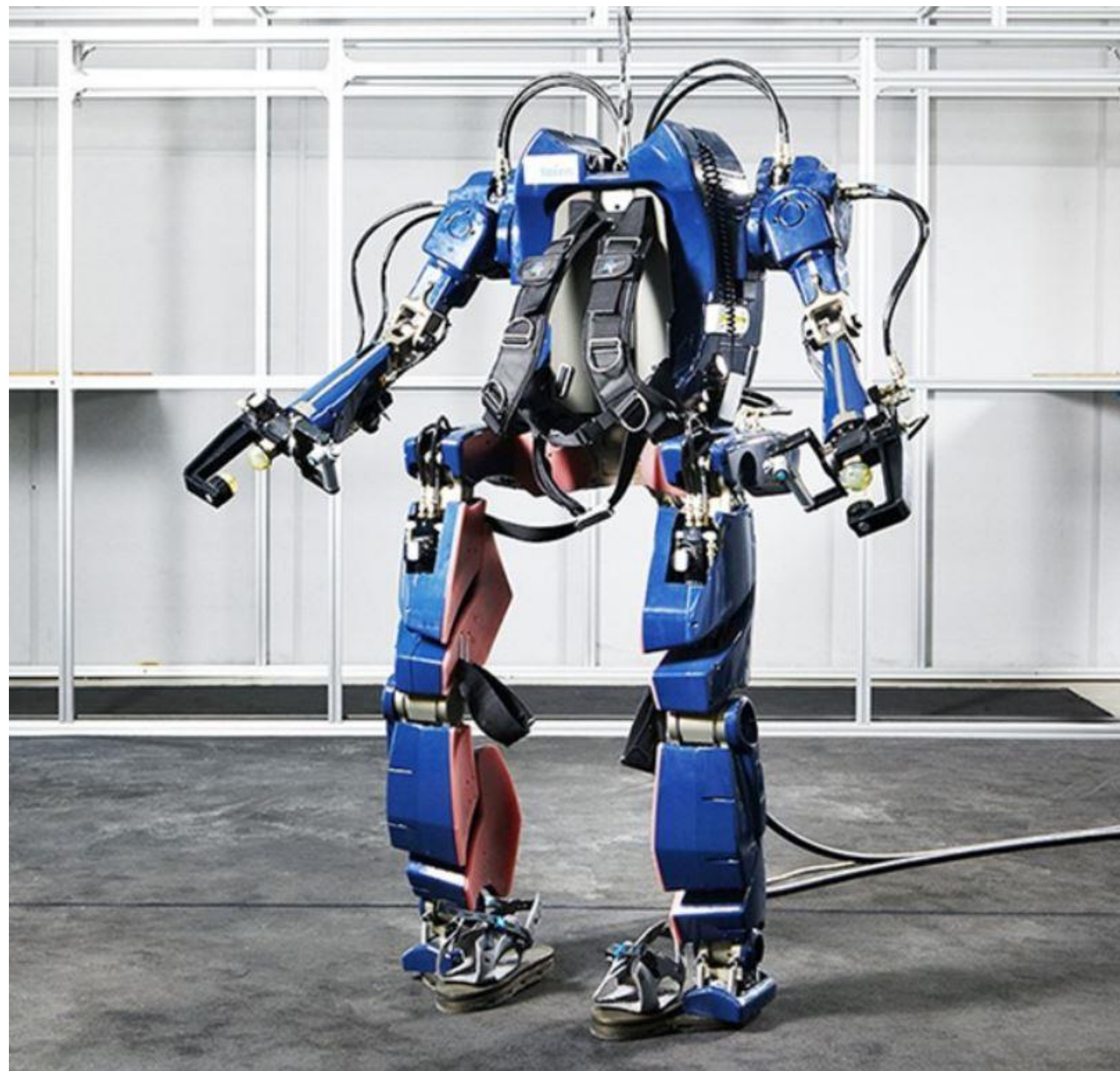


EXOSKELET - INDUSTRIE



EXOSKELET – DRAAGBARE, EXTERNE STRUCTUUR

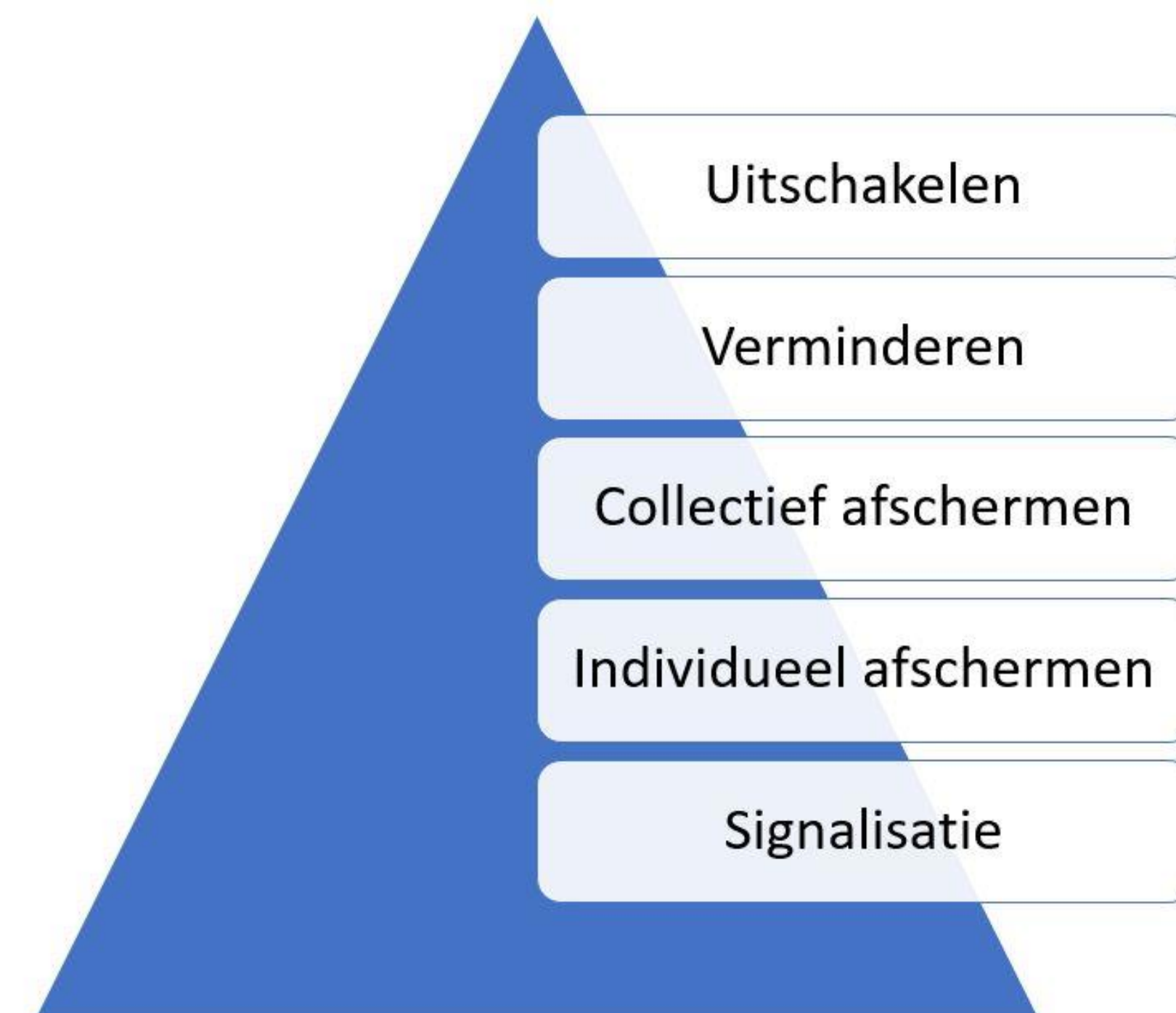
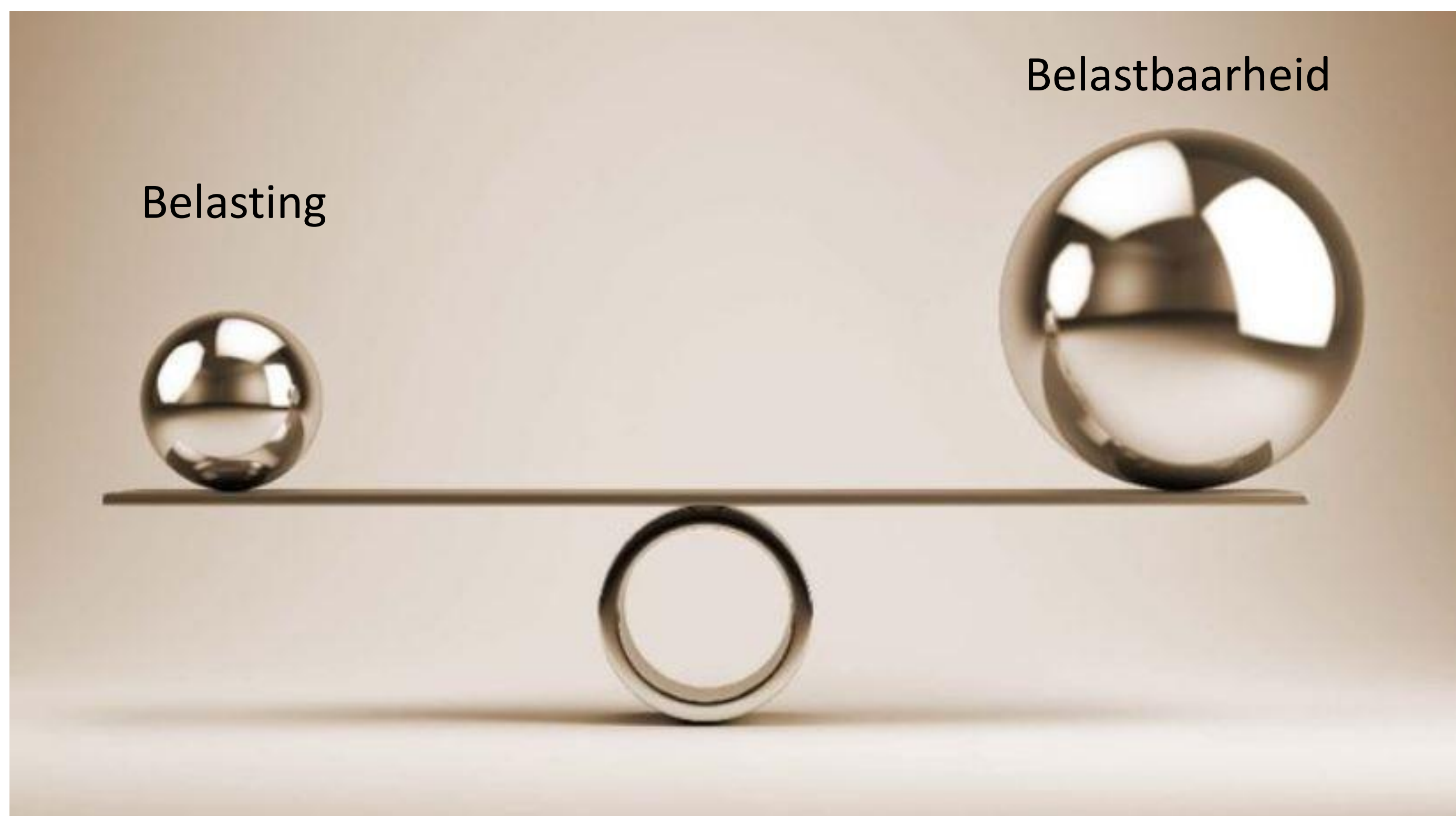
1. Actief Exoskelet



2. Passief Exoskelet



EXOSKELET VERSUS ERGONOMIE?



EXOSKELET – IMPLEMENTATIE

ONTWIKKELING VAN EEN EXOSKELET – 3 STAPPEN



Dr. Massimo Di Pardo, Senior Researcher at the Cento
Ricerca Di Fiat (CRF)

1. Conceptual analysis

Mechanisch werkend exoskelet

2. Laboratory testing and Functional analysis

Effectief exoskelet in labo omgeving

3. Usability evaluation & Implementability
evaluation

**Effectief, bruikbaar en aanvaardbaar
exoskelet op de werkvloer**

EXOSKELET – LITERATUUR

ERGONOMICS, 2016
VOL. 59, NO. 5, 671–681
<http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2015.1081988>



Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load

Michiel P. de Looze^{a,b}, Tim Bosch^a, Frank Krause^a, Konrad S. Stadler^c and Leonard W. O'Sullivan^d

^aTNO, Leiden, The Netherlands; ^bFaculty of Human Movement Sciences, VU University, Amsterdam, The Netherlands; ^cSchool of Engineering, Zurich University of Applied Sciences (ZHAW), Winterthur, Switzerland; ^dDepartment of Design and Manufacturing Technology, University of Limerick, Limerick, Ireland

1. Conceptual analysis

40 publicaties – 26 exoskeletten

2. Laboratory testing and Functional analysis

13 publicaties over evaluatie fysieke belasting – 5 studies met statistische verwerking

3. Usability & Implementability evaluation

EXOSKELET – LABORATORY TESTING & FUNCTIONAL ANALYSIS

EFFECTIEF EXOSKELET IN LABO OMGEVING

- Daling spieractiviteit m.Erector Spinae pars longissimus voor passieve exoskeletten

Exoskelet	Studie	Aantal proefpersonen	Daling spieractiviteit	Type Spierwerk (S-D)
PLAD	Abdoli-Eramaki (2006)	9	27,6	D
	Abdoli-Eramaki (2008)	9	22,6	D
	Frost (2009)	13	10-40%	D
BNDR	Ulrey (2013)	11	13,7%	S
	Ulrey (2013)	7	15,2	D
	Barret (2001)	4	31%	S
Happyback	Barret (2001)	4	23%	S + D
Bendezy	Barret (2001)	4	21%	S + D
Laëvo	Bosch (2016)	18	37%/35%	S/D

EXOSKELET – LITERATUUR

ERGONOMICS, 2016
VOL. 59, NO. 5, 671–681
<http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2015.1081988>



Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load

Michiel P. de Looze^{a,b}, Tim Bosch^a, Frank Krause^a, Konrad S. Stadler^c and Leonard W. O'Sullivan^d

^aTNO, Leiden, The Netherlands; ^bFaculty of Human Movement Sciences, VU University, Amsterdam, The Netherlands; ^cSchool of Engineering, Zurich University of Applied Sciences (ZHAW), Winterthur, Switzerland; ^dDepartment of Design and Manufacturing Technology, University of Limerick, Limerick, Ireland

1. Conceptual analysis

40 publicaties – 26 exoskeletten

2. Laboratory testing and Functional analysis

13 publicaties over evaluatie fysieke belasting – 5 studies met statistische verwerking

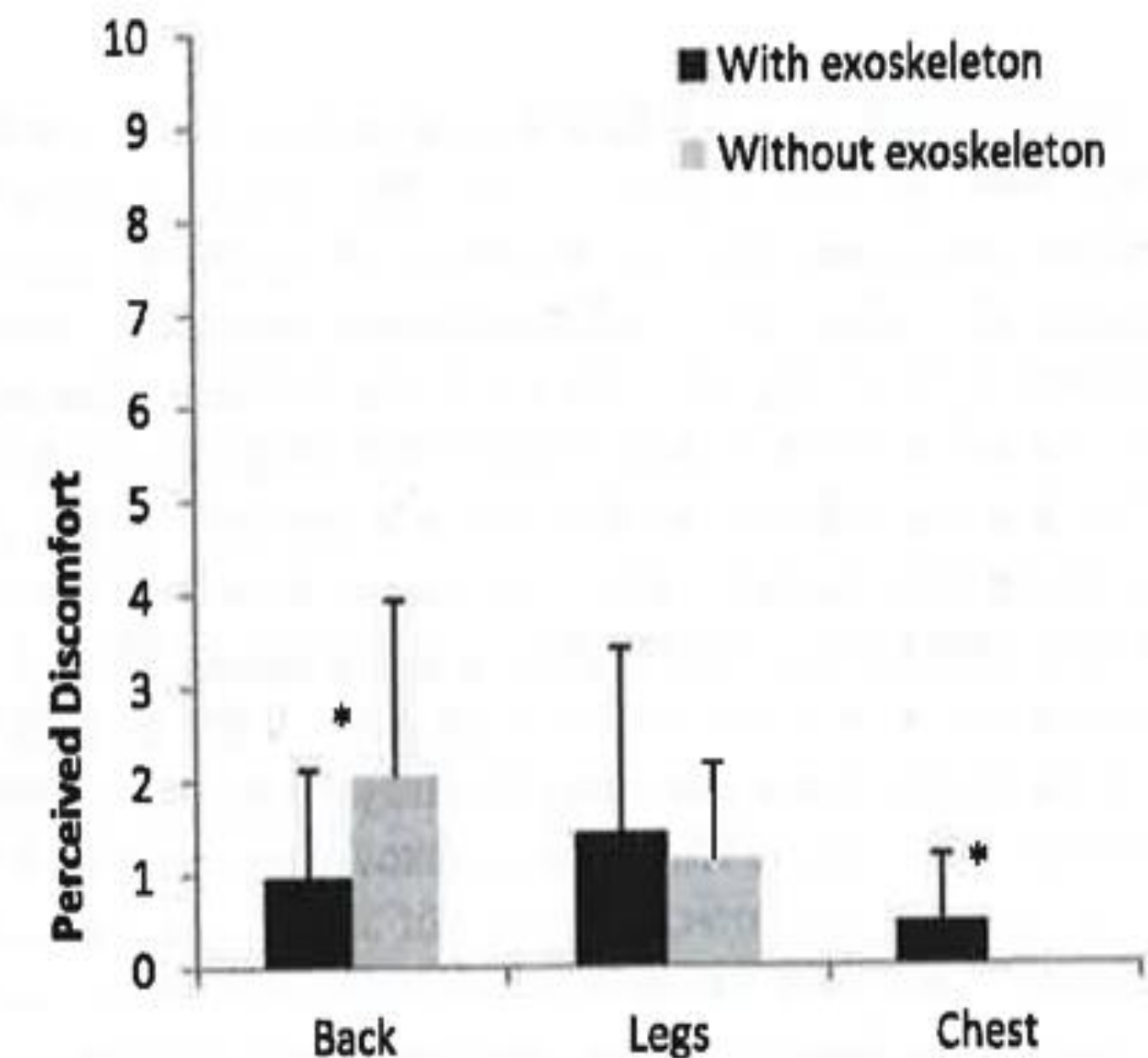
3. Usability & Implementability evaluation

1 publicatie (Graham et al, 2009)

EXOSKELET - USABILITY & IMPLEMENTABILITY EVALUATION

VARIABELE COMFORT

- Graham et al, 2009
 - Werkvloer – auto assemblage – n=10 – PLAD (personal lifting assist device)
 - User acceptability survey – $4,2 \pm 1,03$ op 5
 - Interferentie met de uit te voeren taak – 2/10
- Bosch et al, 2016 (labo)
 - Labo – n=18 – Laëvo
 - Daling EMG ES=37%/35% (S/D)
 - Evaluatie discomfort na 10 min
 - Lage discomfort scores



EXOSKELET - USABILITY & IMPLEMENTABILITY EVALUATION

VARIABLE COMFORT

- Motmans et al, 2018
 - Werkvloer – order picking – n=10 – Laëvo 2.5
 - Daling activiteit m.Erector Spinae pars longissimus: 9-12% (links-rechts)(S)
 - Discomfort – vragenlijst na dragen exoskelet - score op 5



Table 1. Subjective evaluation of the exoskeleton.

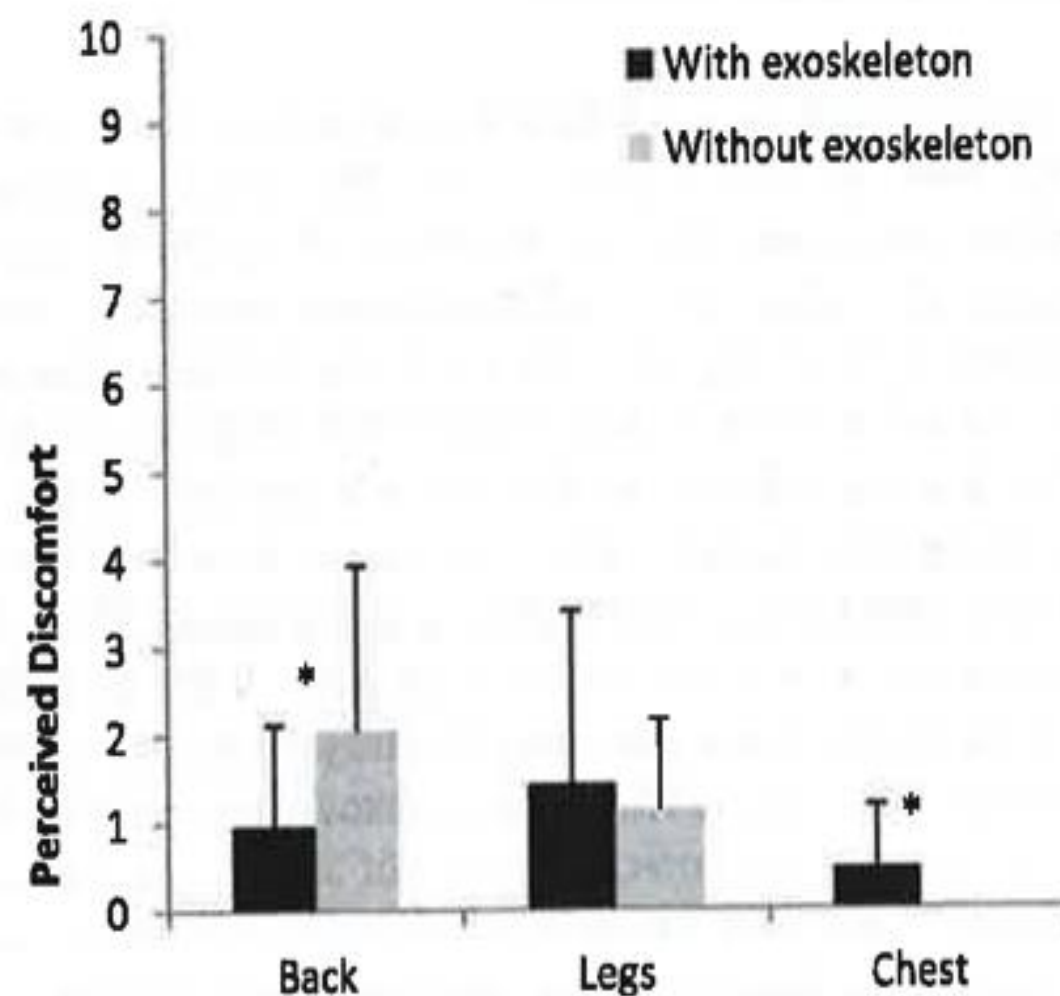
Parameter	Points on 5
Work	
Putting on and off exoskeleton	3,25
Taking a box from the pallet	3,75
Stepping on and off the electrical pallet jack	1,75
Putting the box in the cooled chart	3,75
Walking	3,75
Comfort	
Support at the chest	3,75
Support on the upper legs	3,5
Hip belt	3,5
Effectivity	
Physical load on the back	4,5
Fatigue	2,25
Posture of the back	3,75

(hoe hoger, hoe beter)

EXOSKELET - USABILITY & IMPLEMENTABILITY EVALUATION

VARIABLE COMFORT

- Amandels et al, 2018
 - Werkvloer – metaalverwerking - n=9 – Laëvo V2.4
 - Daling activiteit m.Erector Spinae pars longissimus: 12,02% (NS)
 - Lokaal Ervaren ongemak (Frequentie/VAS)

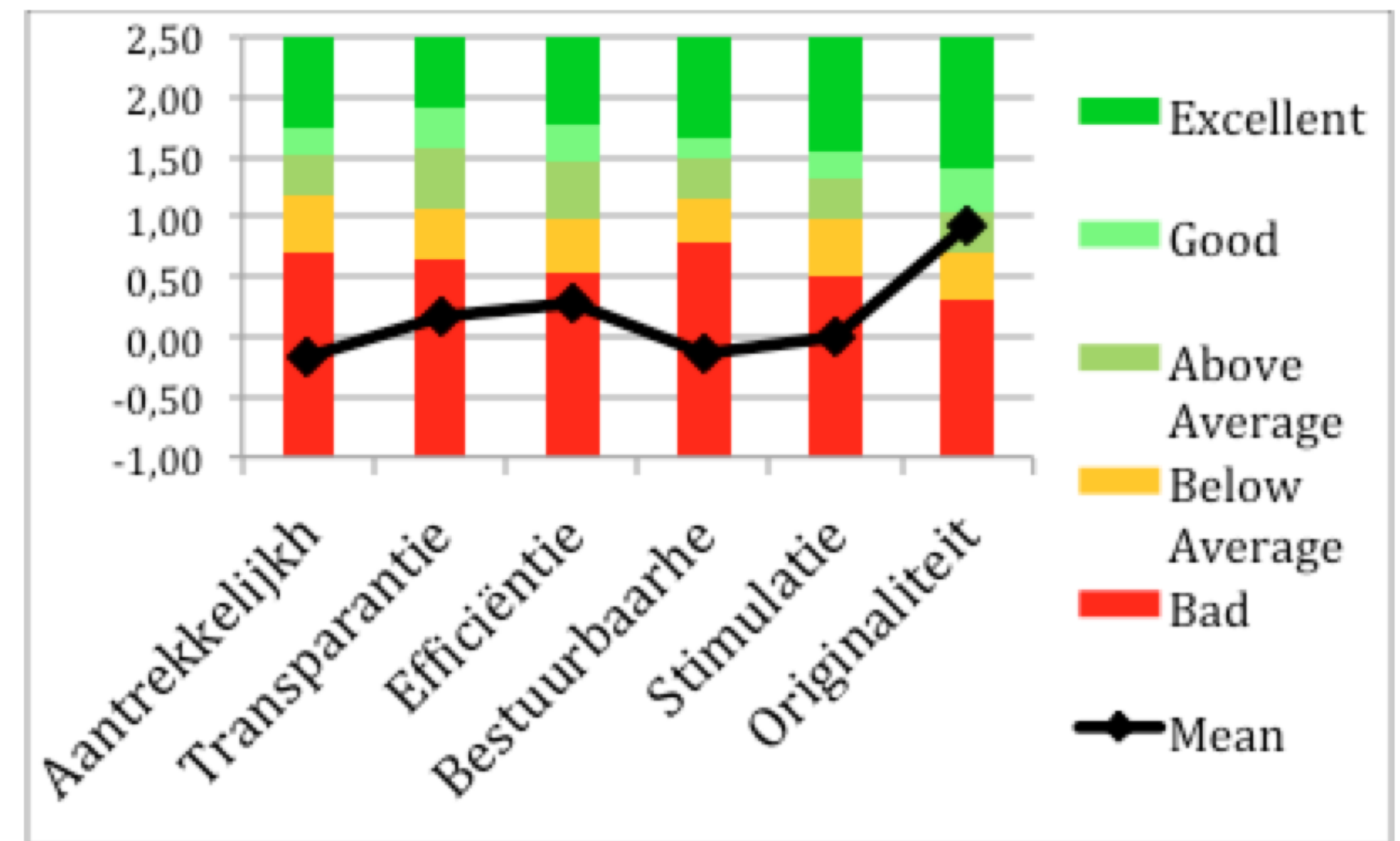
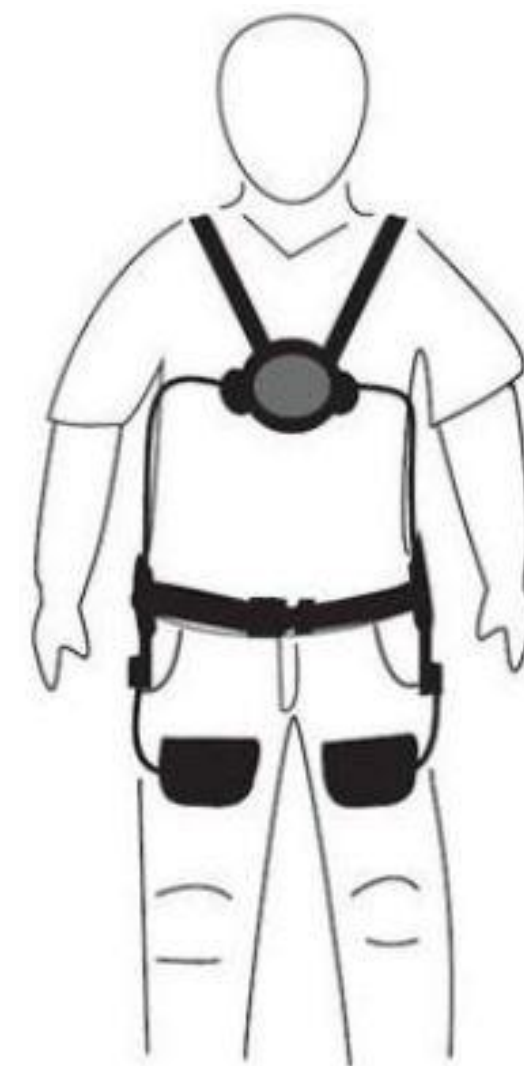
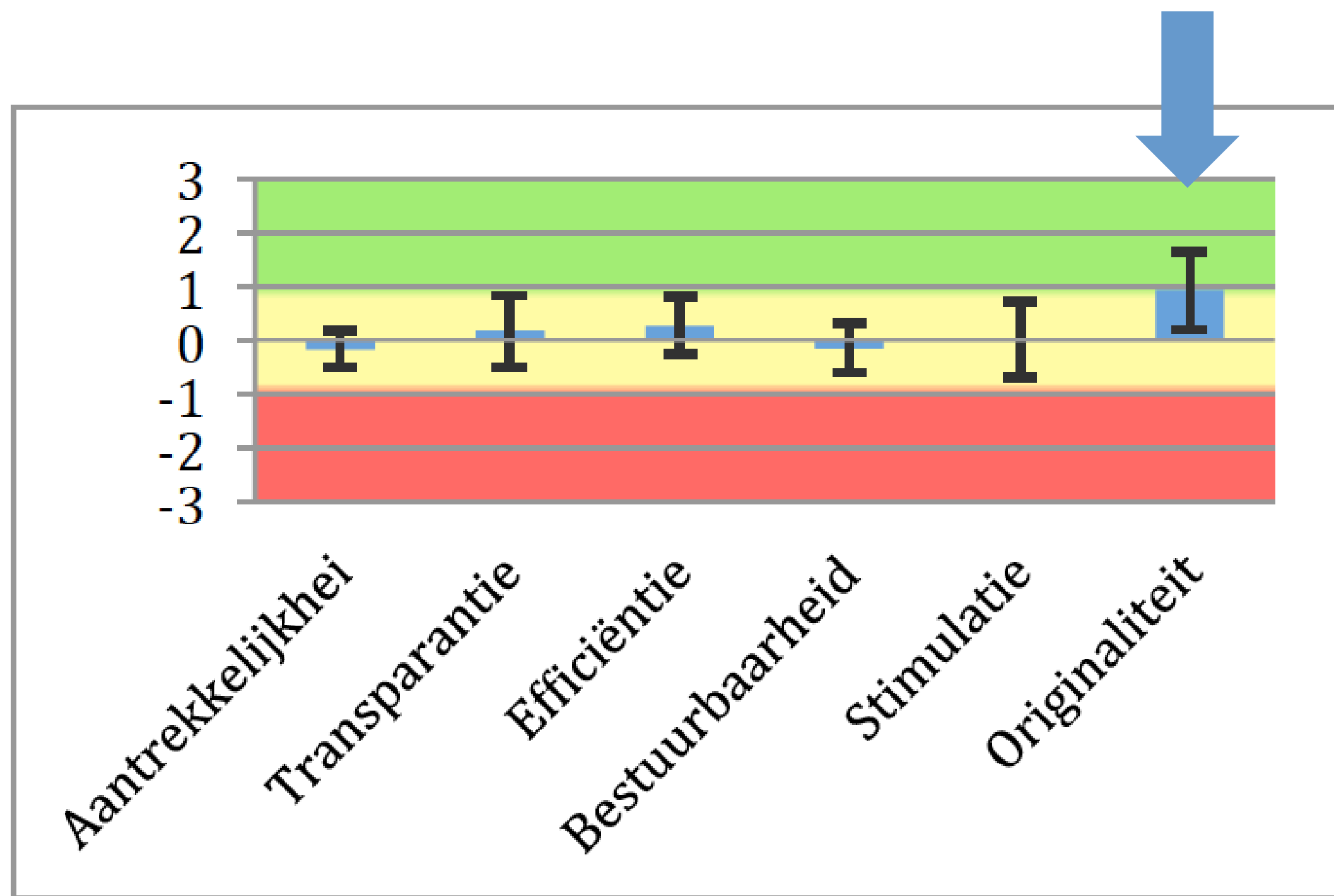


Regio	Voorafgaand aan testperiode	Zonder exoskelet	Met exoskelet
Nek	1 (6)	1 (5)	0 (0)
Borst	0 (0)	0 (0)	5 (6,6)
Rug	5 (5,2)	3 (6,3)	2 (6,5)
Schouder	1 (6,5)	1 (7)	2 (6,5)
Elleboog	2 (5,75)	1 (2)	0 (0)
Pols	3 (3,7)	2 (5,5)	0 (0)
Heup	2 (5,5)	1 (4)	5 (4,6)
Knie	1 (8)	0 (0)	0 (0)
Enkel	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Volledig Lichaam	0 (0)	0 (0)	1 (9)

EXOSKELET - USABILITY & IMPLEMENTABILITY EVALUATION

VARIABELE COMFORT

- Amandels et al, 2018
 - User experience questionnaire



ARGUMENTEN GEBRUIK DOOR WERKNEMER

LAËVO



PRO

- 👍 Rug wordt ontlast
- 👍 Misschien ook elders bruikbaar

JA.....
MAAR

CON

- 👎 Riemen snijden in schouders
- 👎 Borstpad kantelt soms
- 👎 Warmte ontwikkeling thv borst
- 👎 Niet hygiënisch (zweeten)
- 👎 Vervelend bij het draaien
- 👎 Blijven haken door
- 👎 Huidirritaties door wrijving riemen
- 👎 Vervelend bij het zitten
- 👎 Vervelend bij het stappen
- 👎 Gevaarlijk bij gecombineerd gebruik met andere arbeidsmiddelen

ARGUMENTEN GEBRUIK WERKNEMER

SKELEX

Exoskelet Bovenste lidmaat



Evaluatie

PRO

- Je voelt de ondersteuning
- Eenvoudig aan te trekken
- Goed voor statisch werk op schouderhoogte

CON

- Moeilijk met beschermende kledij
- Erg breed (stoten/blijven haken)
- Enkel om voor je te werken (beperkte ROM)
- Vervelend om laag te werken
- Standaard vorm arm cuff

VERWACHTE EN NIET VERWACHTE EFFECTEN

SUNWOOK ET AL, 2018 (EKSOVEST – EKSOBIONICS)

Eksoskelet bovenste lidmaat



Effecten

Verwacht

- Spieractiviteit ↓ (**45% piekbelasting**)
- **Comfort** ≈ (labo)

Onverwacht

- Bewegingsvrijheid ↓ (10% ROM abductie)
- Δ Bewegingspatroon schouder (12%)

EXOSKELET – IMPLEMENTATIE OP DE WERKVLOER

OPMERKINGEN

- Op de werkvloer minder effectief dan in het labo.

Voldoende effectief opdat een werknemer het nut zou erkennen?

- Minder comfortabel onder reële arbeidsomstandigheden.

Voldoende comfortabel opdat een werknemer het vrijwillig zou dragen?

EXOSKELET – IMPLEMENTATIE OP DE WERKVLOER

OPMERKINGEN

- Bij reactief gebruik - Sociale aanvaarding?

Voldoende discreet opdat werknemer het zou dragen?

- Hoe omgaan met de veiligheidsrisico's?
- Negatieve gevolgen bij langdurig gebruik?

EXOSKELET OP DE WERKVLOER

OPMERKINGEN

- Nieuwe fabrikanten – nieuwe modellen
- Ontwikkeling gaat sneller dan evaluatie en publicatie
- Hoe evalueren? (Standaardisatie?)
 - ASTM International – F48 comité voor exoskeletons and exosuits
- Wat is de volgende stap?

EXOSKELET OP DE WERKVLOER

VOLGENDE STAP?

- Smart Clothing?



EXOSKELET OP DE WERKVLOER

VOLGENDE STAP?

- Actief exoskelet?

the proof of the pudding
IS IN THE EATING





DANK VOOR UW AANDACHT



Hoofdkantoor

Interleuvenlaan 58
3001 Heverlee
Tel.: +32 16 39 04 11



Email | Website

info@idewe.be | www.idewe.be
info@ibeve.be | www.ibeve.be

Steven Amandels

Preventieadviseur Ergonomie
Steven.Amandels@idewe.be
Telefoon 051 27 29 29