

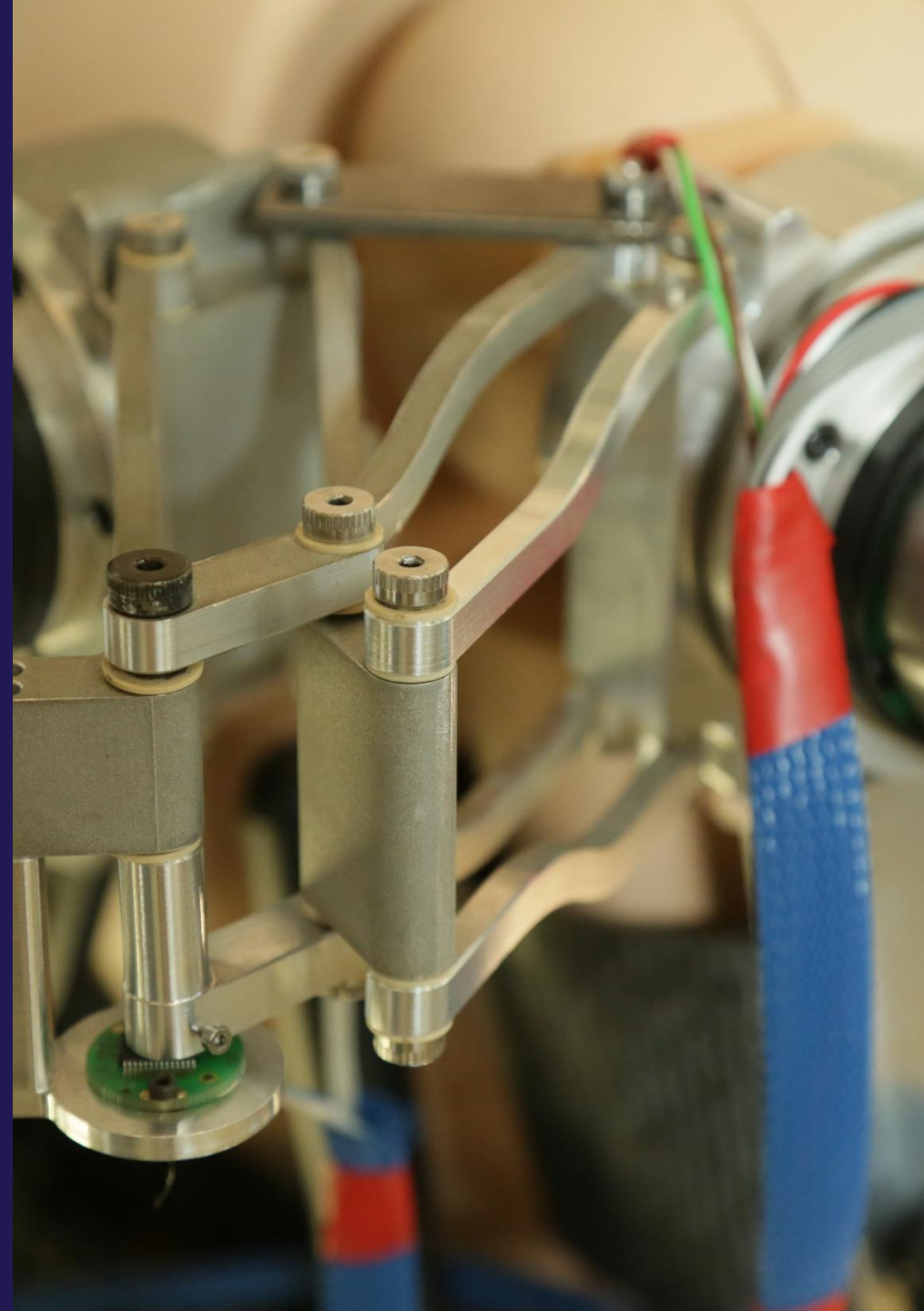


Exoskeletter – robotter, som man kan tage på

John Rasmussen
Aalborg Universitet,
Institut for Mekanik og Produktion
www.exoskeletons.aau.dk

Agenda

- ▶ Hvad er et exoskelet?
- ▶ Virker de?
- ▶ Fremtiden



Mange sygdomme og skader har forbindelse til skelettet

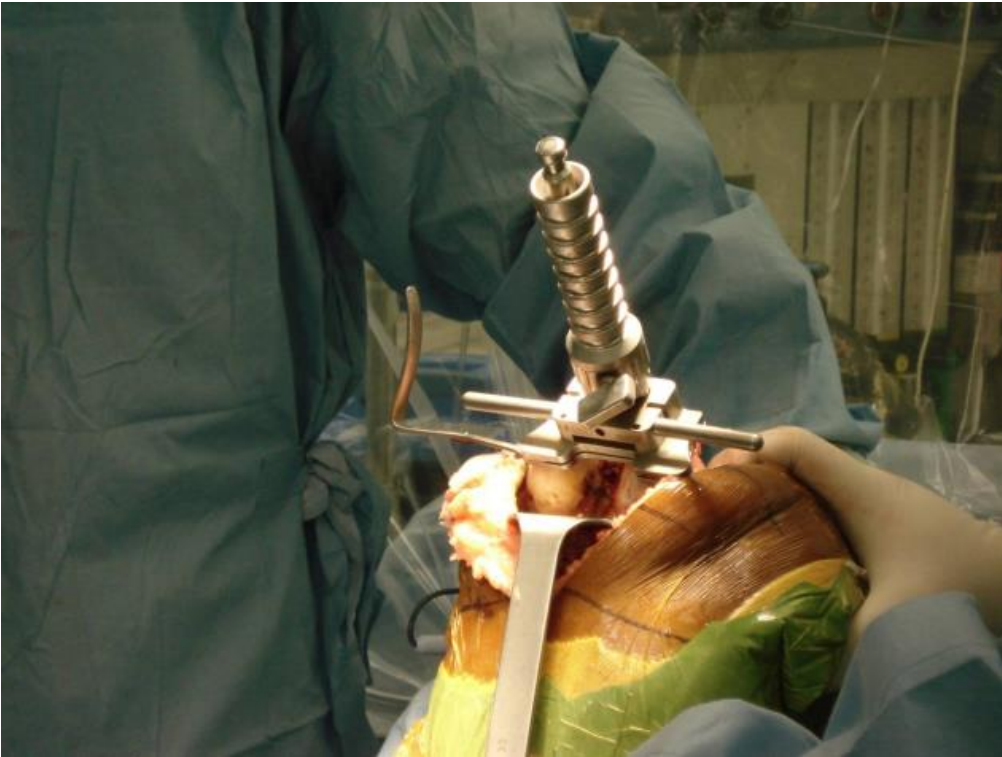
- ▶ Alle former for Gigt
- ▶ Irritationstilstande
 - ▶ Hælspore
 - ▶ Tennis/golfalbue
 - ▶ Seneskedehindebetændelse
 - ▶ Skinnebetsbetændelse
- ▶ Skulder
 - ▶ Rotator cuff
 - ▶ Indklemning
 - ▶ Instabilitet



- ▶ Knæ
 - ▶ Ledbåndsskader
 - ▶ Meniskskader
 - ▶ Patella-femoral smerte
- ▶ Ryg
 - ▶ Diskusprolaps
 - ▶ SI-syndrom
 - ▶ Scoliose
 - ▶ Ischias
- ▶ Rygmarvsskader
- ▶ Spasticitet



Skeletsupplering



Alloplastik.
OrthopaedicsOne Articles. In: OrthopaedicsOne - The Orthopaedic Knowledge Network.



[Paul Hudson](#) Knee Brace, Flickr



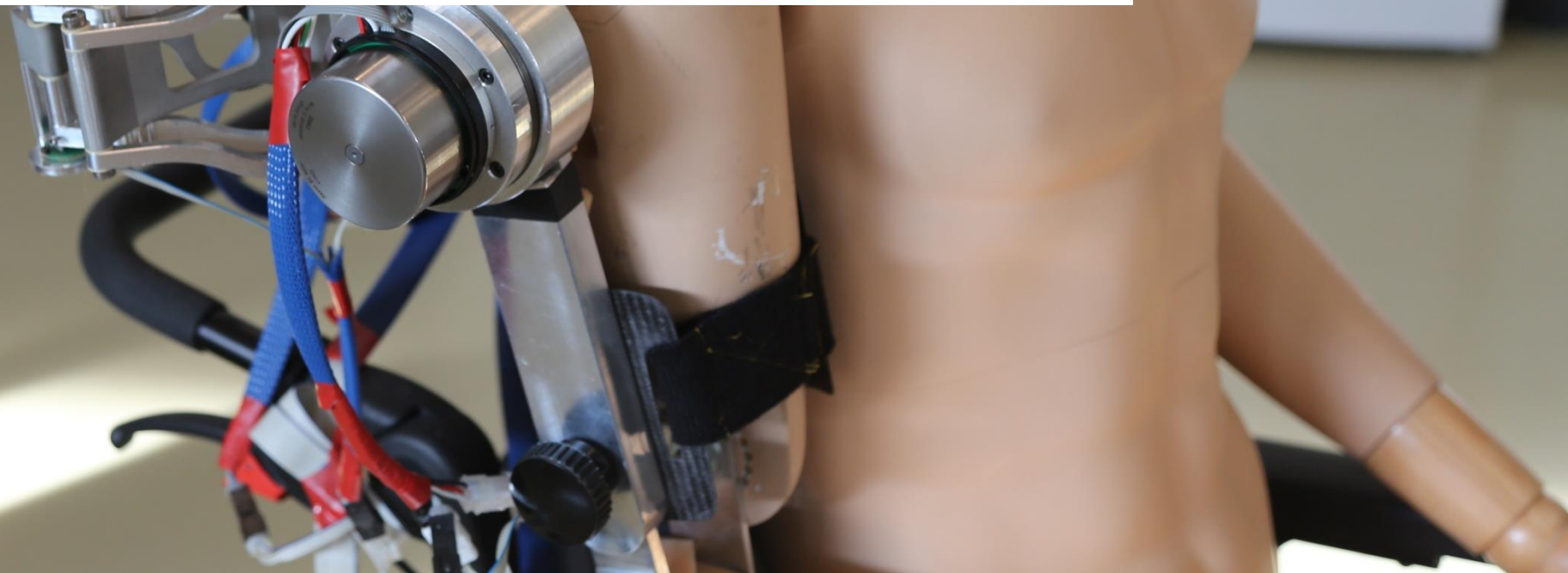
Så, hvad er et exoskelet?

- › Et kunstigt skelet, som sidder uden på kroppen.
- › En robot, som man kan tage på.
- › En avanceret bandage.

Der er ikke nogen skarp grænse mellem exoskeletter og bandager.



Typer af Exoskeletter



Robocop

Militæret har haft en vis interesse og har drevet tidlig forskning på området.

- ▶ Supersoldater og Robocops er heldigvis ikke lige om hjørnet på grund af **pyramideeffekten**.
- ▶ Rehabilitering af skadede soldater, trafikofre osv. er heldigvis tættere på.



Exoskeletter til rehabilitering

- Forskningsområde med stort potentiale.
- Kræver oftest aktivering og dermed sensorer, styring, batterier og motorer.

Fantastisk! Men ikke nogen lavthængende frugt.



Områdets superstjerne: Hugh Herr, MIT
(Flickr)

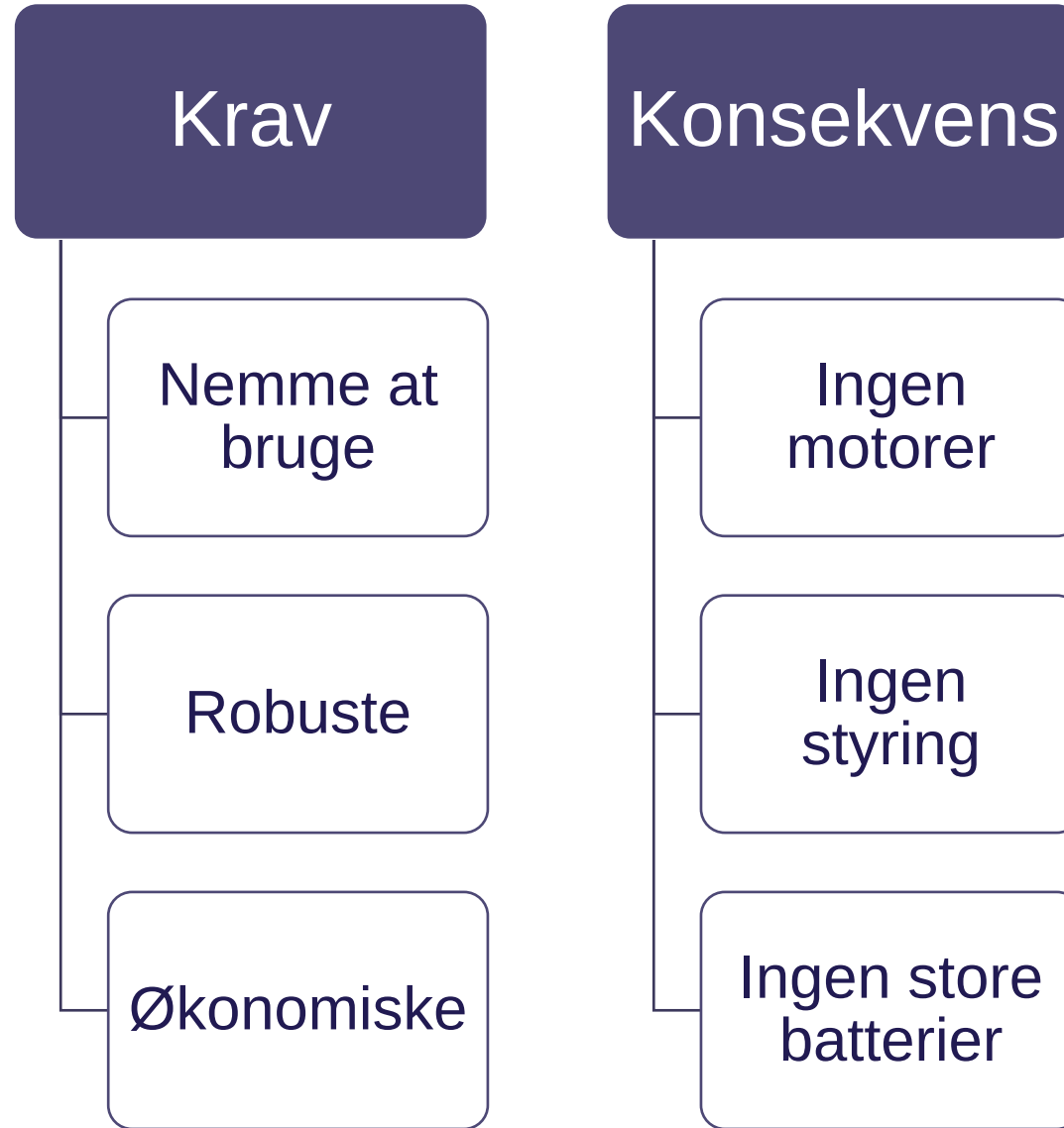


Exoskeletter til arbejdsmarkedet



Egenskaber

Passive exoskeletter:
Brugeren skal selv levere
energien.



Hvad kan man uden tilført energi?

Den lavest hængende frugt:

- ▶ Aflastning af led
- ▶ Stabilisering af led

Kræver kun

- ▶ Et exoskelet, der er monteret parallelt med et anatomisk led

Udfordringer

- ▶ Fastgørelse på kroppen

CXD opfundet af Miguel Castro, AAU.
Bandage udviklet af Bandagist Jan Nielsen



AALBORG UNIVERSITET



Hvad kan man uden tilført energi?

Lagre energi i fjedre

- Det væsentligste grundlag for kommercielle exoskeletter.
- Fjedre optager energi den ene vej og afgiver energi den anden vej.
- Derfor er denne slags exoskeletter velegnede, når den ydre kraft altid går i samme retning.
- Mest almindelige kraft med én bestemt retning: Tyngdekraften.

Passive exoskeletter er derfor gode, når en arbejdsfunktion er imod tyngdekraften.

"Imod tyngdekraften" kan være blot **at holde armen oppe** i længere tid.



Bladfjeder

Passive exo'er – stort set

- ▶ Aflastning af knæ og lårmuskler
- ▶ Aflastning af hofter og ryg
- ▶ Aflastning af skuldre og arme

Nogle leverandører har modulære systemer, der kan sættes sammen til at dække hele kroppen.

Det fleste brugere synes dog at satse på fokuseret aflastning af en enkelt kropsdel.

Største anvendelsesområde indtil videre er arme og skuldre.

Prisleje per modul: 10.000 – 50.000 kr.

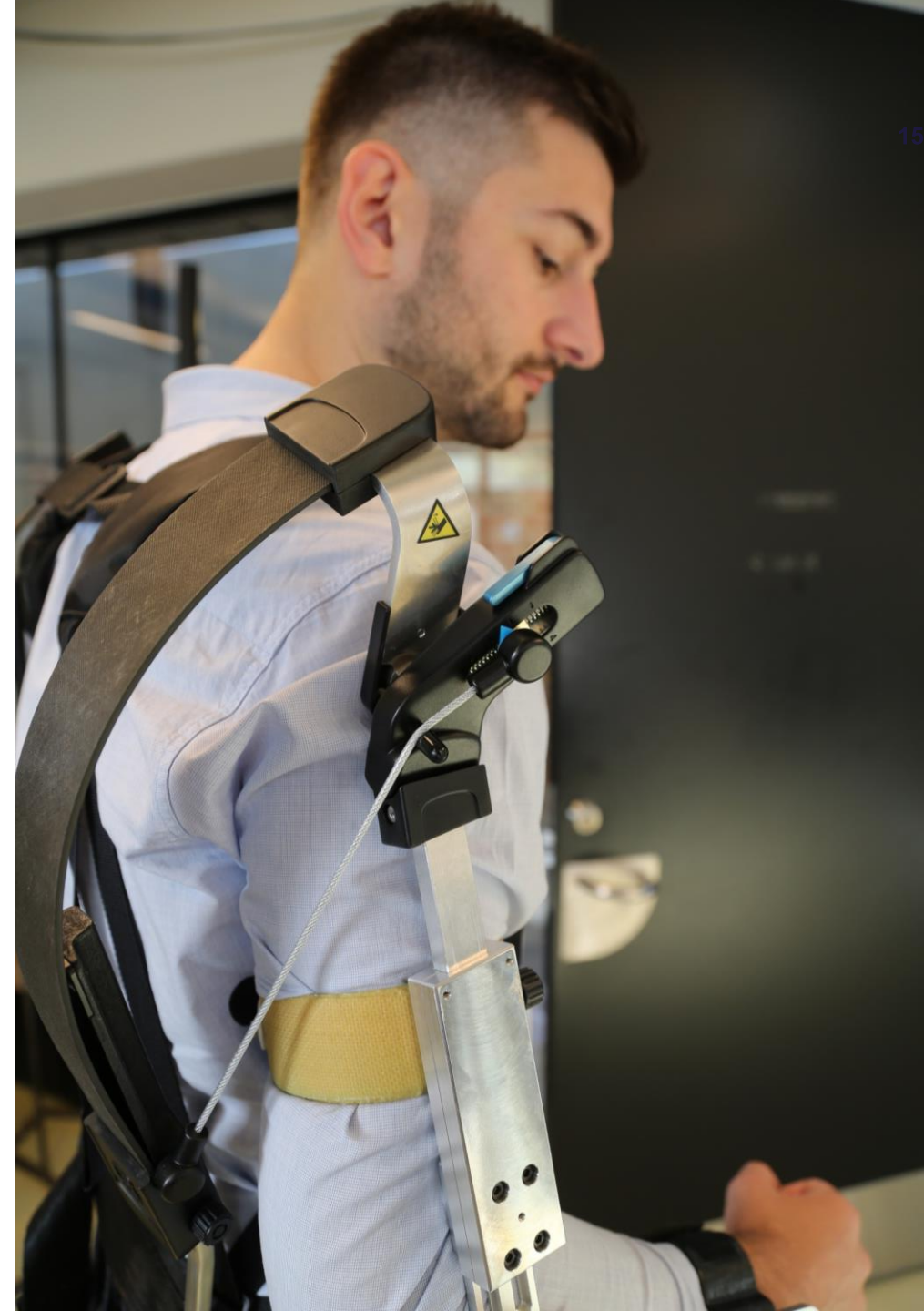


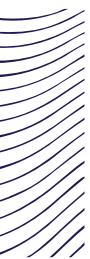


Virker de?

Nødvendige afklaringer

- ▶ Har jeg en arbejdsopgave, som kan aflastes af et passivt exoskelet?
- ▶ Hvor meget aflastning har jeg brug for?
- ▶ Hvad kan gå galt?
- ▶ Hvordan dokumenterer jeg virkningen?





Er min arbejdsopgave velegnet? Kan jeg forhindre skade?

Skader på levende væv er næsten umulige at forudsige med sikkerhed

- Mennesker er meget forskellige
- Belastningerne er delvist tilfældige

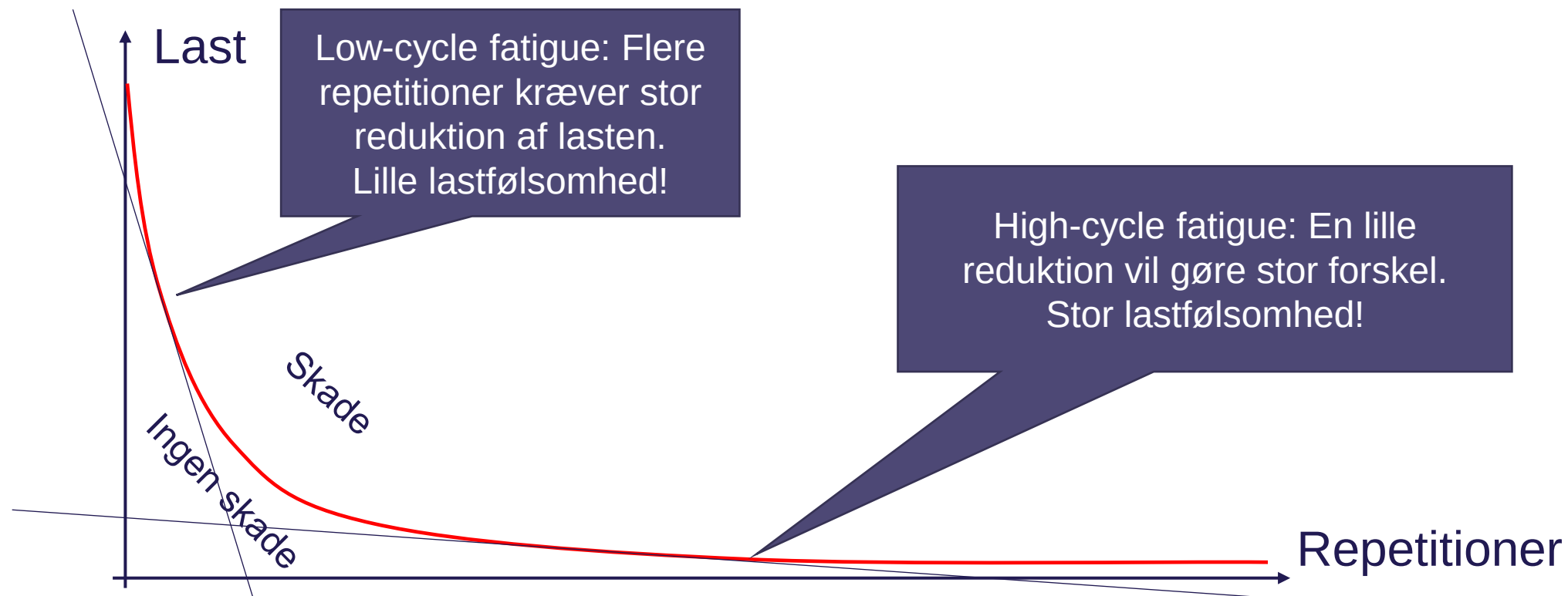
Tidsaspektet

- Kroppen reparerer sig selv, hvis den får tid og gode forhold
- Mennesker bliver svagere med alderen
- Sygdomme kan opstå og svække kroppen
- Skader opstår sjældent på grund af en enkelt belastning men snarere som en akkumuleret effekt

Men vi kan gøre os nogle forestillinger, som er ret sikre...



Repetitioner og skader



Det virker begge veje: I high cycle fatigue kan man enten skabe en masse problemer eller forbedre situationen kraftigt med en lille ændring af arbejdsforholdene.

Hvad kan gå galt?

Exoskelettet aflaster ikke de steder, hvor skaden sker.

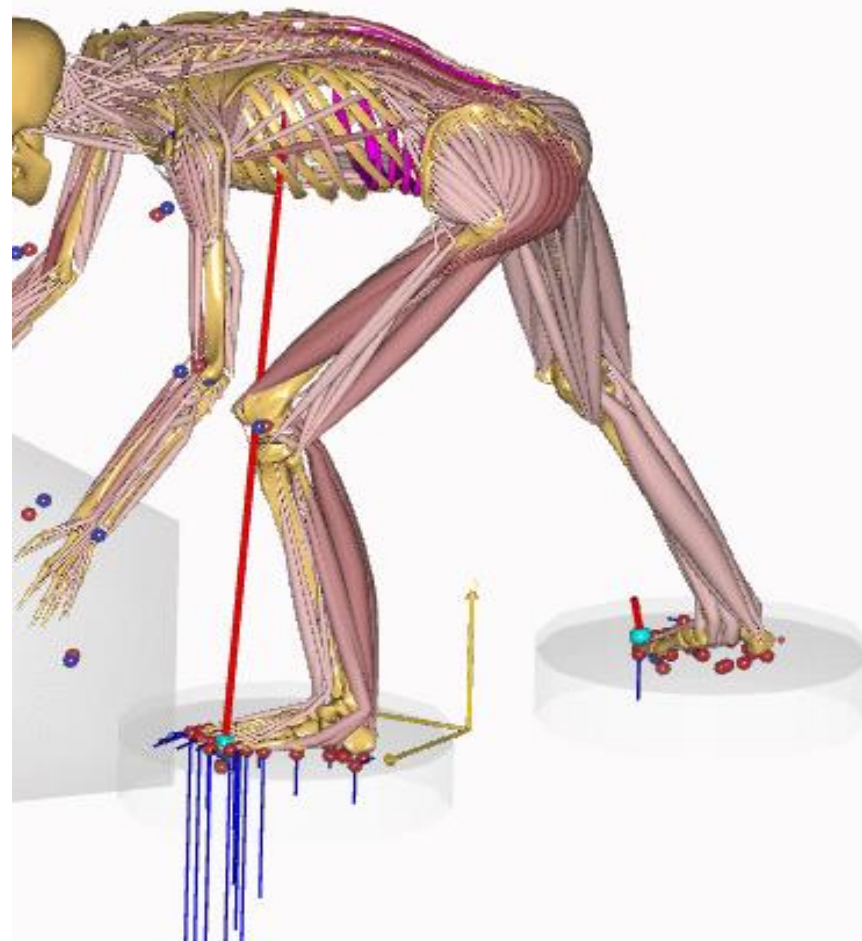
Exoskelettet er ikke justeret korrekt til personen eller arbejdsopgaven.

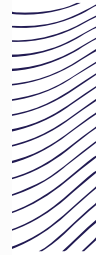
Exoskelettet gør personen stærkere og påfører derfor en øget last et andet sted på kroppen.

Vi har brug for at forstå biomekanikken



AALBORG UNIVERSITET





Nye måle- og beregningsmetoder

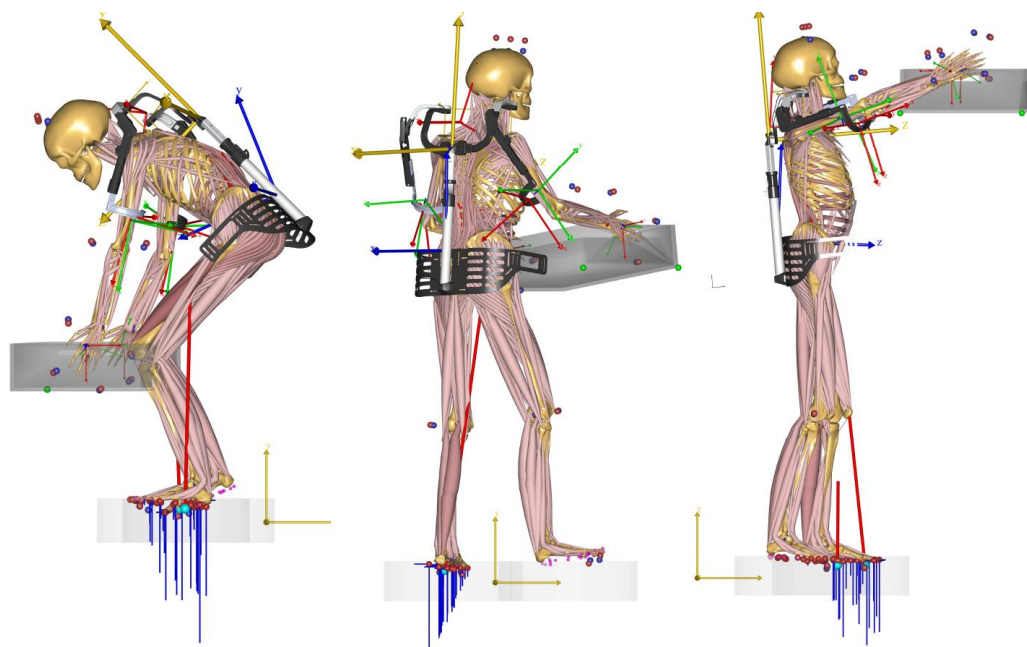


- Den konkrete medarbejders bevægelsesmønster kan måles på arbejdspladsen med $\frac{1}{2}$ - 1 times indsats med ny teknologi.
- Bevægelsen kan overføres til en computer, og de indre belastninger i kroppen kan beregnes med avancerede computermodeller.
- Man kan sammenligne med kendte "sikre" belastningsniveauer.
- Man kan sætte exoskelettet på modellen og undersøge aflastningen.



Exo + menneskemodel

Seiferheld et al.



The AnyBody Modeling System + SuitX shoulder exo



AALBORG UNIVERSITET

BIOMECHANICAL INVESTIGATION OF A PASSIVE UPPER EXTREMITY EXOSKELETON FOR MANUAL MATERIAL HANDLING – A COMPUTATIONAL PARAMETER STUDY

Bo E. Seiferheld^{1*}, Jeppe Frost¹, Mathias Krog¹, Sebastian Skals^{1,2}, Michael S. Andersen³

¹Department of Health Science and Technology, Aalborg University, Denmark. ²National Research Centre for the Working Environment, Copenhagen East, Denmark. ³Department of Materials and Production, Aalborg University, Denmark.

*Student. Corresponding author: mssa@mp.aau.dk

INTRODUCTION

Manual material handling (MMH) is a well-known risk factor for developing work-related musculoskeletal disorders (WMSD). Grocery work involves extensive MMH and is ranked within the top 25 occupations with the highest prevalence of WMSD with shoulder and lower back disorders accounting for approximately 40% [1]. As a solution to protect workers, passive upper-extremity exoskeletons are increasingly being used to decrease the risk of developing WMSD. However, the current literature is mostly limited to laboratory measurements. Therefore, we wanted to design a method to evaluate the biomechanical risk factors associated with using an exoskeleton based on inertial motion capture data of MMH performed in two supermarkets.

METHODS

An inertial motion capture system, Xsens Awinda (Xsens Technologies BV, Enschede, The Netherlands) sampling at 60 Hz, was used to capture full-body kinematics of 15 grocery workers who lifted a bread-case (7.9 kg) onto shopping shelves (145.5 cm). The kinematic data were used to drive a detailed human-exoskeleton model based on inverse dynamics, modelling the interaction between the human and external objects (i.e. exoskeleton, lifted object, and ground) (Figure 1). The detailed human-exoskeleton model was built in the AnyBody Modelling System v.7.2 (AnyBody Technology A/S, Aalborg, Denmark) and was based on the BVH_XSENS model template from the AnyBody Managed Model Repository v.2.3, which includes a method for predicting ground reaction forces and moments [2].

shoulder muscle force, and 3D spine and shoulder joint reaction forces. All peak forces were normalized to percentage of body weight (%BW) and impulse to %BW per second (BW-s).

RESULTS AND DISCUSSION

Simulations of various settings revealed that working with the exoskeleton could have both positive and negative effects on musculoskeletal loading. Generally, simulations with maximum torque combined with a peak angle setting between 75-105° led to the highest reductions of L4-L5 compression and anterior-posterior shear forces, glenohumeral contact forces and shoulder flexor muscle forces (Figure 2). Contrarily, in some cases, inappropriate settings with maximum torque combined with peak angle settings of 60° led to additional musculoskeletal loading compared to not wearing the exoskeleton.

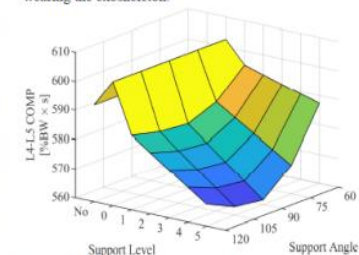
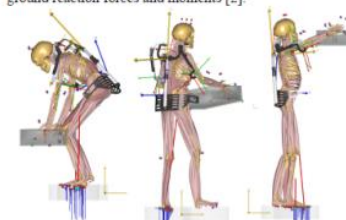


Fig. 2 L4-L5 compression impulse presented as a function of variations in the support level and support angle of the exoskeleton.

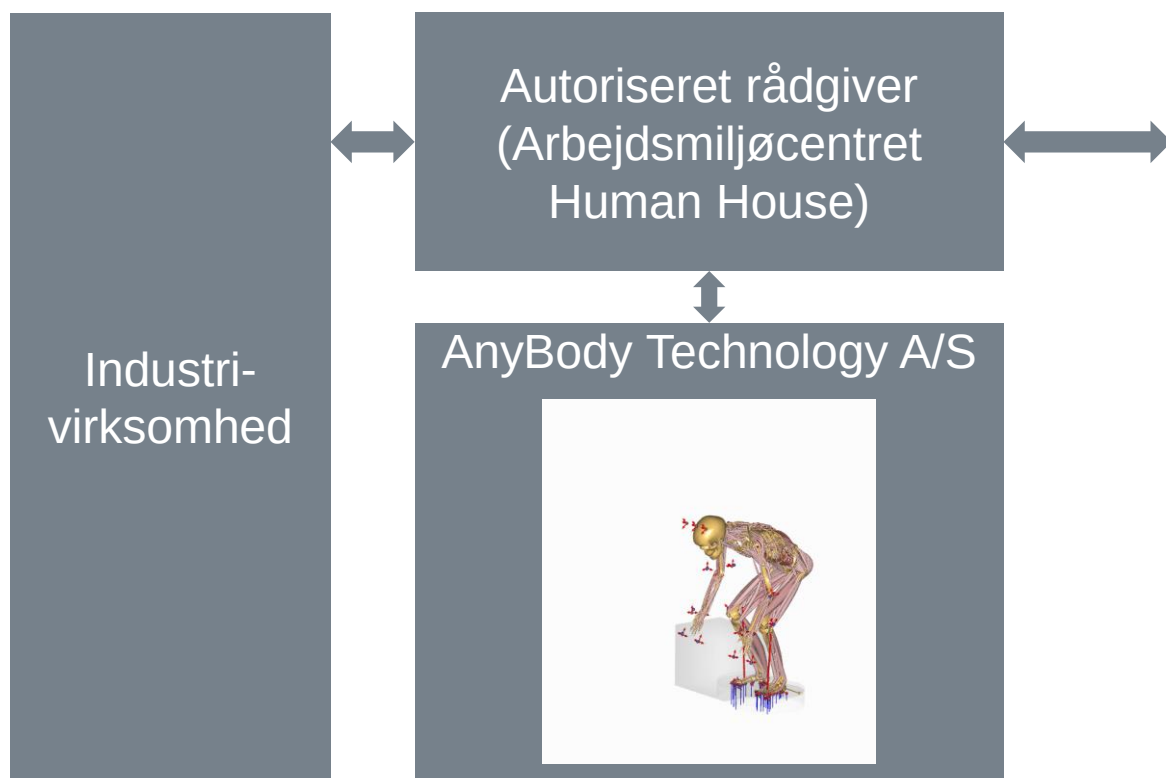


CONCLUSIONS

The passive exoskeleton appeared to be an efficient tool to potentially reduce work-related exposure during MMH. However, some support settings increased joint reaction forces, suggesting that not adjusting the exoskeleton properly could be detrimental to the protective effect of the device. Additionally, we demonstrated how musculoskeletal

Hvad kan man gøre, helt konkret?

21



arbejdsmiljøcentret
human house

LEDELSE ARBEJDSMILJØ KONSULENTER OM HUMAN HOUSE

YDELSER BRANCHER & CASES ARBEJDSMILJØPULJE KURSER NYHEDER

Arbejdsmiljøpulje til forebyggelse af nedslidning og arbejdsulykker i små private virksomheder

Om puljen

Arbejdstilsynet giver tilskud til projekter, der har til formål at forebygge fysisk og psykisk nedslidning og arbejdsulykker i små private virksomheder i Danmark. Puljen er på 105 mio. kr. årligt og er åben fra 2021 til 2023.

Hvem kan søge?

Puljen er for små private virksomheder med maksimalt 50 ansatte målt i årsværk og dækker projekter med en periode på maksimalt 1 år. Puljen er åben fra 2021 til 2023 og fordeles efter først til mølle-princippet.

Hvad får du dækket?

Du kan søge om at få dækket 80 % af omkostningerne i projektet med en beløbsgrænse på 500.000 kr. pr. ansøgning. Beløbet kan du bruge til autoriseret konsulentrådgivning inkl. hjælp til at få udarbejdet ansøgningen, afrapportering af projekter og transporttimer.

Det er ikke muligt at søge tilskud til igangværende projekter eller til påbudssager. Tænk i stedet på at reagere forebyggende, når du udvælger projektet.

Hvad kan vi hjælpe din virksomhed med?

Arbejdsmiljøcentret Human House er Danmarks største autoriserede arbejdsmiljørådgiver. Vores konsulenter har mange års erfaring i at hjælpe danske virksomheder med at udpege og arbejde proaktivt med arbejdsmiljøindsatsen for at undgå nedslidning og arbejdsulykker. Vores konsulenter kan hjælpe dig til at sætte rammerne for det gode, forebyggende projekt i netop din virksomhed, ligesom vi kan bistå med at udarbejde selve ansøgningen.

Læs mere om ansøgningsprocessen på [Arbejdstilsynets hjemmeside](#).

Hvilke indsatsområder kan du søge midler til?

Overordnet fordeler de projekter, du kan søge tilskud til, sig i de fem kategorier:

1. Forebygge fysisk nedslidning
2. Forebygge arbejdsulykker
3. Forebygge psykisk nedslidning
4. Sundhedsfremme i form af fysisk træning
5. Leje og afprøvning af tekniske hjælpemidler i driften, som kan forbedre det ergonomiske arbejdsmiljø samt reducere risiko for arbejdsulykker

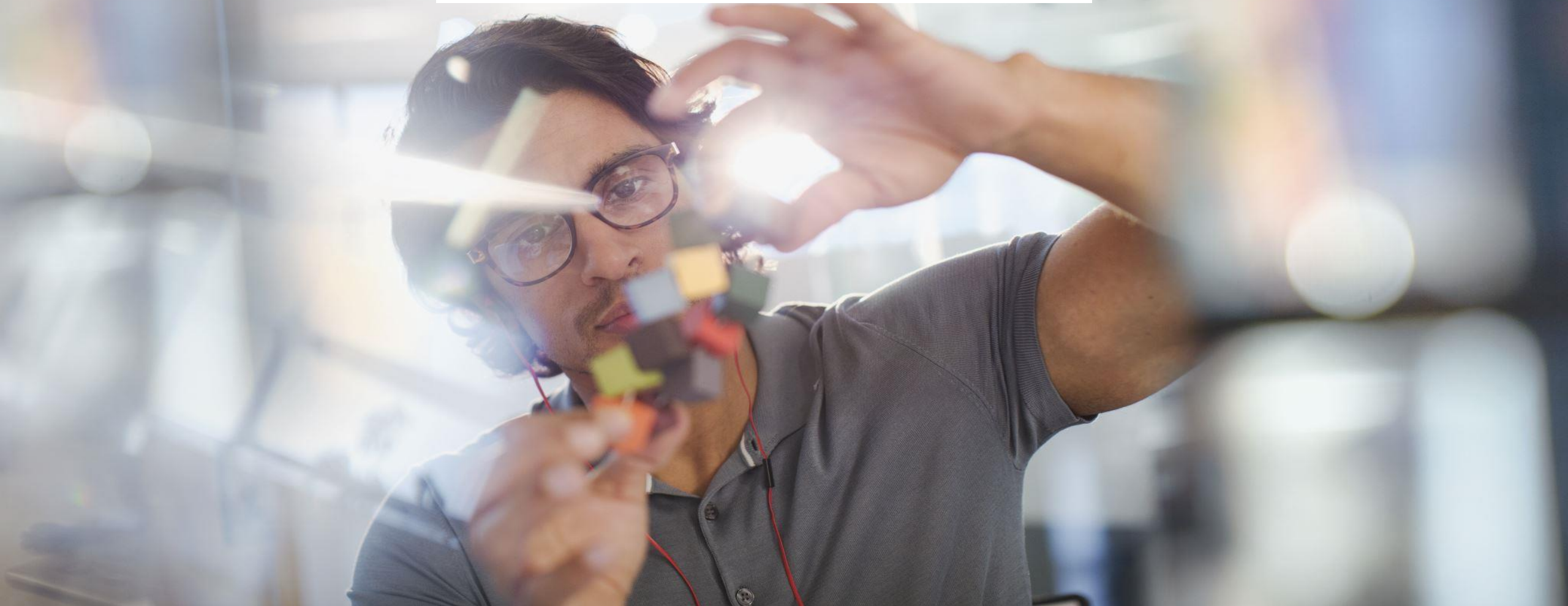
I boksene nedenfor har du mulighed for at dykke ned i hver kategori og blive inspireret til projekter, som kan være relevante i netop din virksomhed.

Event i Aarhus i januar. Stay tuned!

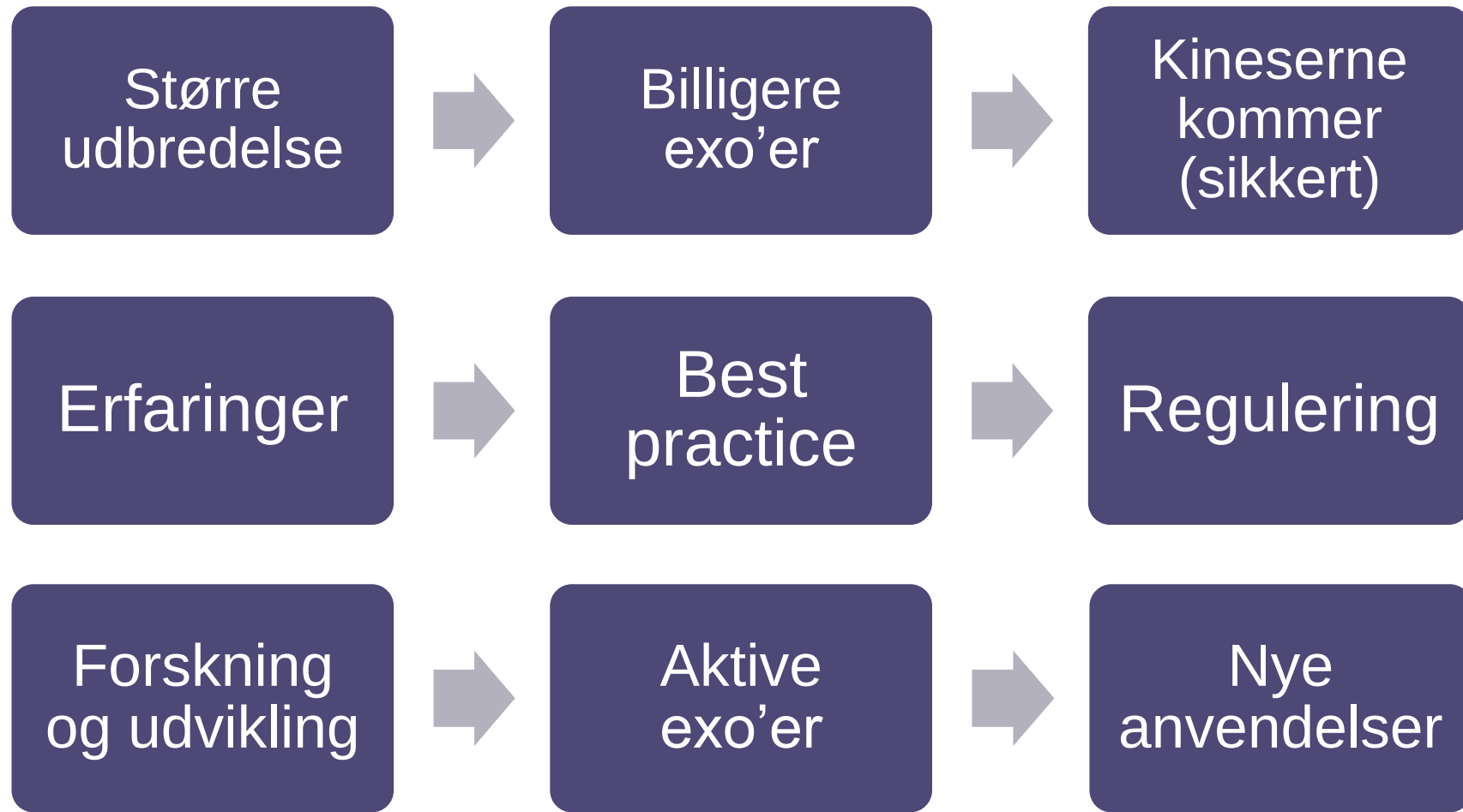


AALBORG UNIVERSITET

Fremtiden



AALBORG UNIVERSITET



EXSKALLERATE

ACCELERATE adoption of EXOSKELETONS for construction and manufacturing applications in the North Sea Region.

EXSKALLERATE will contribute to SME competitiveness and occupational health by **making the North Sea Region a leading exoskeleton ecosystem.**

The consortium of business support organisations, clusters, and research institutes, will do this through 3 main activities:

1

Identifying SME challenges and needs

to influence the co-design of field labs where next-generation exoskeletons integrate improvements. Improved exoskeleton benefits are validated in end-user pilots sites.

2

Informative workshops

for SMEs where exoskeleton experts present and receive feedback on tools to support SME decision-making in exoskeleton adoption, a key challenge limiting adoption.

3

Transnational benchmarking

to accelerate industrial exoskeleton standardisation.

A partnership of 6 NSR countries

Denmark

CITA



Belgium



KU LEUVEN



Germany



Mobilitätswirtschaft
Nordhessen
Netzwerk



The UK

CONSTRUCTION
SCOTLAND
INNOVATION
CENTRE



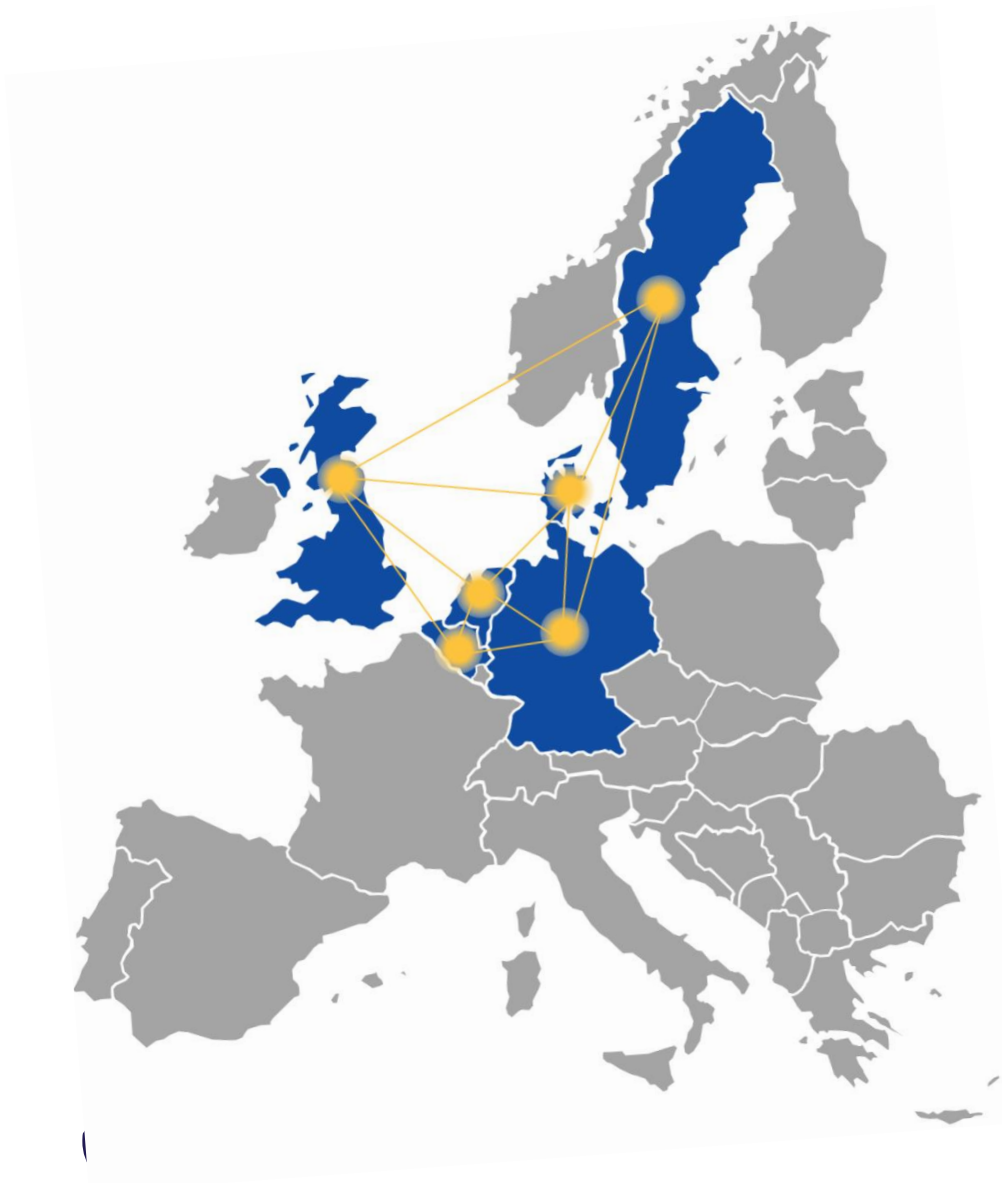
The Netherlands

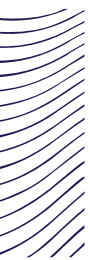


TNO

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

Sweden





© Ottobock

Join our ecosystem!

We're looking for SMEs willing to explore the benefits of exoskeletons.

To get more information or be involved, contact:

Matteo Musso (PhD student)

mmus@mp.aau.dk

► **Shaoping Bai** (Professor)

► sbh@mp.aau.dk



northsearegion.eu/exskallerate



@exskallerate



@exskallerate



Hvad nu?

- ▶ Snak med mig om forskning og studenterprojekter eller kontakt mig på jr@mp.aau.dk.
- ▶ Snak med Arbejdsmiljøcentret Human House eller anden autoriseret rådgiver om støtte fra Arbejdsmiljøpuljen
- ▶ Bliv hængende efter diskussionen og prøv vores medbragte exo hos Matteo
- ▶ Snak med Matteo om Ekskallerate
- ▶ Find andre forskere og følg med i udviklingen på www.exoskeletons.aau.dk

