



Hvordan exoskeletter virker i det fysiske arbejds miljø

INDHOLD

01

INTRODUKTION

Målet med dokumentet

03

AFSNIT 1

Vigtige principper

11

AFSNIT 2

Hvordan exoskeletter understøtter deres brugere

19

AFSNIT 3

Almindelige misforståelser

23

RESUME



Introduktion

Velkommen til ScanExo's whitepaper om exoskeletter. Dette dokument omtaler de vigtigste mekaniske og biomekaniske principper for, hvordan exoskeletter fungerer, og hvordan de understøtter brugere.

Exoskeletter er enheder, der bæres på kroppen for at aflaste. De bruges i dag med medicinske formål, f.eks. til at hjælpe brugere med et bevægelseshandicap, i arbejdsmiljøer, hvor de støtter arbejdere ved at reducere belastningen for at nedsætte risikoen for udmattelse og skader forårsaget af overbelastning.

Målet med dette dokument er at give læseren den information, der er nødvendig for at forstå funktionen mellem menneske og exoskelet, og hvordan exoskeletter kan reducere fysisk belastning af den menneskelige krop. Det behandler almindelige begreber for exoskelet-støtte på et konceptuelt niveau for at give et godt overblik og bruger kun tekniske eller videnskabelige detaljer, hvor det er nødvendigt for forståelsen.

Vi sigter efter at give dig den information, der er nødvendig for at forstå mulighederne og begrænsningerne af exoskeletter og træffe en informeret, faktabaseret beslutning, om exoskeletter er det rigtige valg i den situation, du står i.



*En medarbejder på et
gartneri får hjælp til
aflastning af lænd og ryg*

DOKUMENTET ER INDDELT I TRE SEKTIONER:

Afsnit 1

Introducerer de vigtigste mekaniske og biomekaniske principper, der er nødvendige for at forstå, hvordan exoskeletter giver støtte.

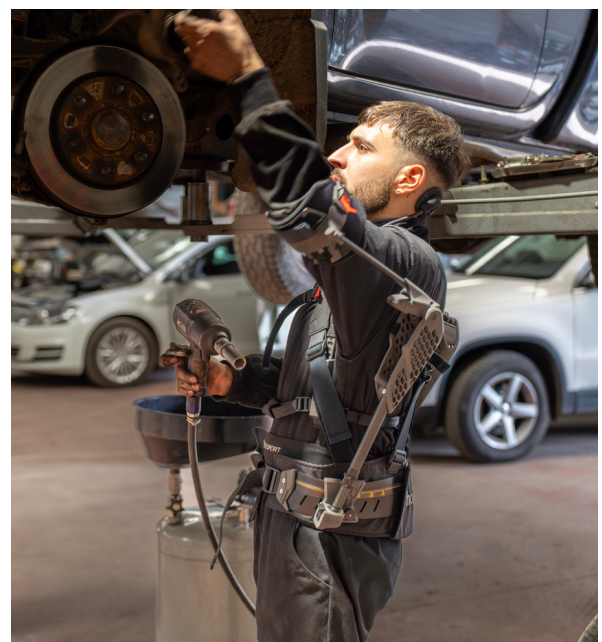
Afsnit 2

Omhandler mekanismerne og koncepterne for, hvordan bærbare exoskeletter understøtter deres brugere.

Afsnit 3

Behandler nogle af de mest almindelige misforståelser om hjælpen fra exoskeletter og bygger videre på informationen og begreberne introduceret i afsnit 1 og 2.

God læselyst!



*Mekaniker med et
exoskelet, der aflaster
skuldre og nakke*



Afsnit 1: Vigtige principper

Elektriker får støtte til sin ryg og lænd – i positioner, hvor han er i hug og knælende

Før vi gennemgår hvordan exoskeletter yder støtte, skal vi gennem nogle af de vigtigste mekaniske og biomekaniske principper.

Dette vil hjælpe med at forstå, hvordan fysisk arbejde forårsager belastning af den menneskelige krop, og hvordan et mekanisk system kan hjælpe med at reducere denne belastning.

Når du først har forstået disse grundlæggende principper, vil det være let at forstå hvordan exoskeletter virker.

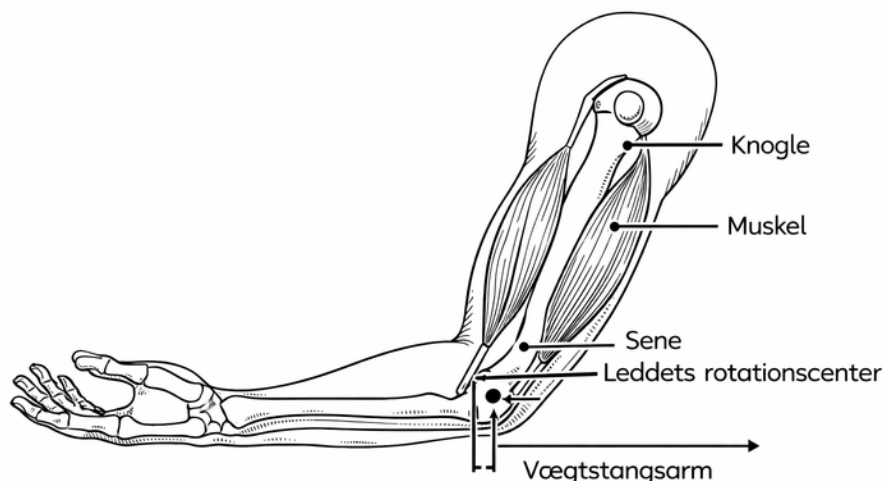


DET MENNESKELIGE MUSKEL- OG SKELETSYSTEM

Lad os først hurtigt se på, hvordan den menneskelige krop kan flytte, holde og løfte genstande ved at se på det menneskelige bevægeapparat.

Knoglerne i vores skelet er forbundet med led, der tillader bevægelse. Muskler forbinder de forskellige knogler på tværs af et eller flere led gennem sener. Når musklerne trækker sig sammen, skaber de en trækraft på knoglerne.

Der er en vis afstand mellem muskelfæstet og leddets rotationscenter, som vi kalder vægtstangsarmen. Sammentrækningen af musklen resulterer i en rotation i leddet, som får knoglerne til at bevæge sig i en bevægelse rundt om leddet.



Hvis en ekstern belastning, eller kroppens egen vægt, påvirker et led skal de tilsvarende muskler trække sig sammen for at generere et hold i og omkring dette led.

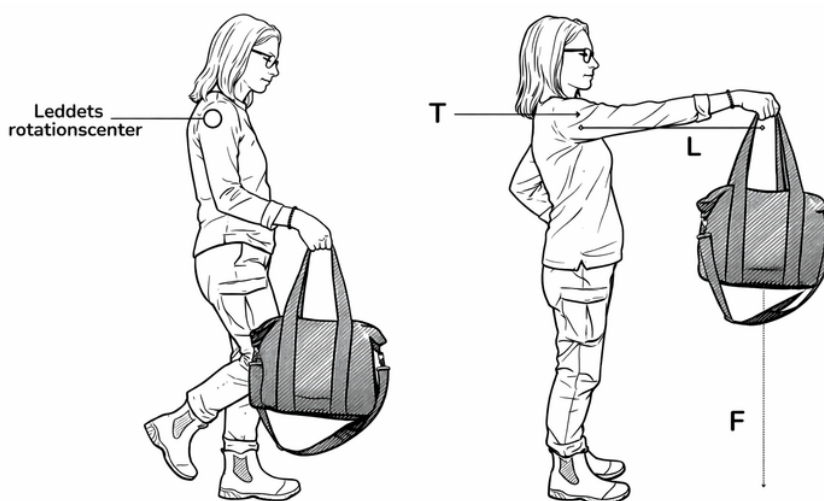
Dette gør det muligt for mennesket at holde eller flytte en ekstern belastning gennem muskelkraft. Menneskelige muskler kan kun trække sig sammen. De kan ikke skubbe mod en knogle. For at generere bevægelse i to retninger har man mindst to muskler per led, der hver for sig, trækker hver sin vej.

Aktiverer man begge muskler i et led på samme tid, bliver leddet meget stift. På denne måde kan du forhindre det i at bevæge sig og skabe stabilitet. Sammentrækning af begge muskler kan også bruges til at stabilisere en række led, som i rygsøjlen. For eksempel samarbejder ryg- og mavemusklene for at generere og holde en oprejst holdning.

HVORFOR DEN SAMME VÆGT KAN FORÅRSAGE FORSKELLIGE BELASTNINGER PÅ VORES KROP

Hvor meget kraft de menneskelige muskler skal generere, når de håndterer en belastning, afhænger af flere faktorer. For det første er den absolutte vægt af det der skal håndteres. Der er selvfølgelig forskel på om du holder 5 kg eller 20 kg., men der er lidt mere i dette, som er vigtigt at forstå.

Hvordan du holder og håndterer vægten, kan have en betydelig indflydelse på den belastning, den udsætter din krop for, mere end selve det du løfter. Lad os prøve at holde en pose med 10 kg. Hvis du bærer tasken på siden af din krop, kan du holde den uden stor belastning i lang tid. Men i det øjeblik du løfter den foran din krop, mærker du øjeblikkeligt belastningen i din skulder øges og du kæmper hurtigt for at holde den i denne position.



Vægtstangsprincippet, dvs. den vandrette afstand mellem det menneskelige led og den ydre kraft, er vist her:

Venstre: Personen bærer en taske på siden af kroppen. Tasken hænger mere eller mindre lodret under skulderleddet. Som følge heraf giver taskens vægt kun et lille moment i skulderleddet, som skal modvirkes af skuldermusklerne.

Højre: personen holder en taske foran kroppen. Dette resulterer i en vandret afstand mellem tasken og skulderleddet, hvilket resulterer i en højere kraft, som skuldermusklerne skal kompensere for.

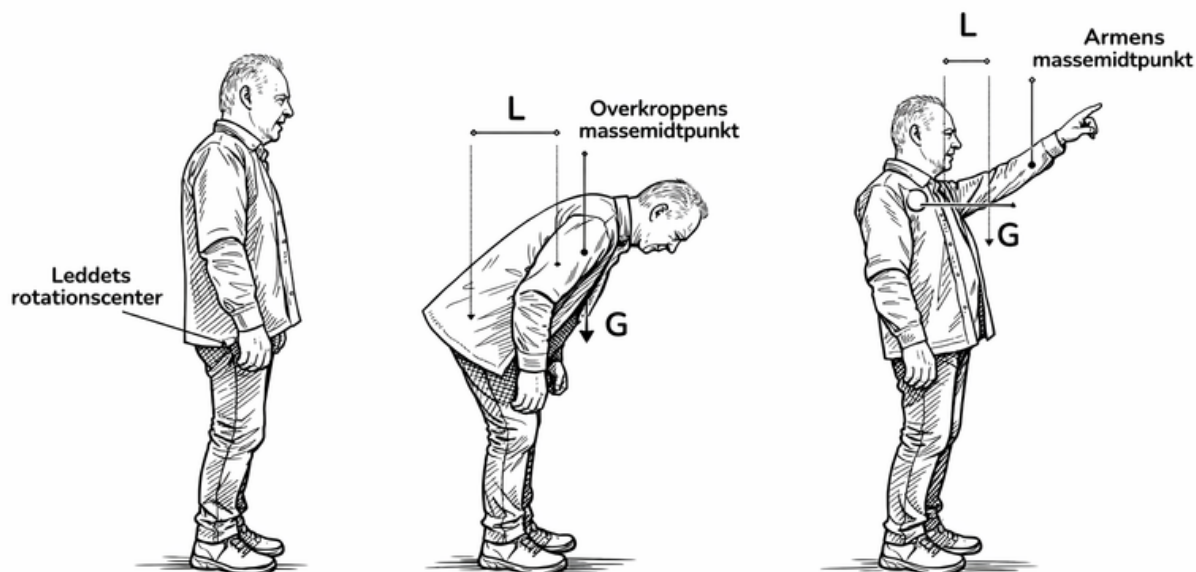
Årsagen til denne effekt er, at det ofte ikke er vægten, der udøver den primære belastning på din krop, men snarere det drejningsmoment, som denne kraft skaber på dine led. Som følge heraf kan en forøgelse af vægtstangsarmen vandret ved at holde en vægt foran dig eller læne kroppen fremad hurtigt øge momentet i leddet betydeligt, hvilket så kan forårsage overbelastning i de berørte led.



TYNGDEKRAFT OG VÆGTEN AF DEN MENNESKELIGE KROP

Det værd at fremhæve den rolle, som tyngdekraften og den menneskelige kropsvægt spiller, når vi taler om arbejdsbelastning. Mens andre aspekter er på spil, som dynamisk kraft forårsaget af accelerationer og bevægelser, er tyngdekraften vores største fjende i forholdet til fysisk belastning. Det trækker permanent nedad i alt, inklusive enhver belastning, vi håndterer, og alle vores kropsdele. Vores muskler skal arbejde kontinuerligt for at modvirke tyngdekraften.

Løftestangsprincippet, som beskrevet ovenfor, gælder også for massen og centret af vores krop. Således afhænger belastningen af vores led og muskler stærkt af vores kropsholdning. Når vi står lige, er belastningen af vores muskler relativt lille. Men når vi først læner os forover eller løfter vores arme, øger vi belastningerne på led betydeligt, og musklerne i ryggen eller skulderen skal arbejde hårdt, som vist nedenfor.



Påvirkningen af kroppens vægt og holdning i tyngdefeltet på belastningen af led:

Venstre: Med kroppen i oprejst stilling og armene hængende lodret på siden er belastningen på skulder, ryg og hofte relativt lille.

Midten: Med overkroppen i en mere fremadlænet stilling øges belastningen af ryg og hofter.

Højre: Med armen rettet fremad, har armens vægt en vandret afstand til skulderledet, hvilket resulterer i et betydeligt skuldermoment. Armen alene vejer ca. 5% af ens kropsvægt, f.eks. vejer du 80 kg, vejer en arm 4.

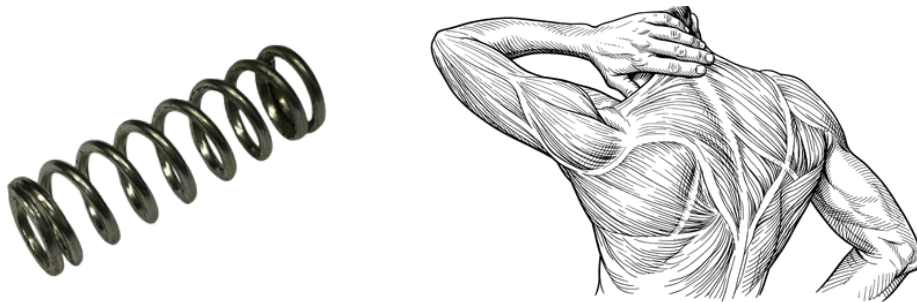
Meget ofte er belastningen fra ens egen kropsvægt, den vigtigste bidragsyder til den samlede arbejdsbyrde. For at forstå dette kan vi se på vores fremadbøjede eksempel ovenfor. Omkring 60 % af den menneskelige kropsvægt er typisk placeret fra hoften og opad. Så ryg- og hoftemusklene på en person på 80 kg, der blot læner sig fremad, skal allerede stabilisere sig omkring 50 kg belastning. Det betyder, at belastningen af kroppen forårsaget af dens egen vægt ofte er højere end den ekstra belastning, der opstår ved at løfte en 10 kg eller 15 kg genstand. Derfor kan brugen af et eksoskelet til at kompensere for kropsvægten reducere belastningen betydeligt.

Faktisk er den kraft musklerne i lænden skal generere, når kroppen er i en 90°'s vinkel, mere end 150 kg. Når man så rejser sig op, skal der genereres helt op til 250 kg.

VIGTIGE FORSKELLE MELLEM MEKANIK OG BIOMEKANIK

Den menneskelige krop er ikke en maskine. Og selvom dette kan lyde ret indlysende, er det vigtigt at forstå, hvad dette betyder på et mekanisk og biomekanisk niveau. Mens mange principper inden for mekanik (håndtering af kræfter og bevægelser i maskiner) og biomekanik (håndtering af kræfter og bevægelser i den menneskelige krop) er ens, er der forskelle. Når man diskuterer exoskeletter, er en vigtig forskel, hvordan menneskelige muskler og mekaniske fjedre arbejder.

Energimæssigt er en muskel og en mekanisk fjeder under spænding meget forskellig. At spænde en mekanisk fjeder kræver energi. Denne energi frigives, når fjederen er løs. Mens den strækkes, skaber den mekaniske fjeder permanent en kraft og skal ikke tilføres yderligere energi. Denne kraft kan bruges til at modarbejde tyngdekraften.



Det er vigtigt at forstå, at mekaniske fjedre og menneskelige muskler genererer kraft forskelligt. En forspændt mekanisk fjeder kræver ikke energi for at generere en konstant kraft og kan understøtte en belastning på ubestemt tid. Derimod vil de menneskelige muskler have brug for en konstant energi og vil hurtigt blive trætte.

På den anden side genererer menneskelige muskler kraft gennem sammentrækning ved hjælp af proteiner, der omdanner kemisk energi til mekanisk energi. Proteinerne i musklen kan glide ind i hinanden, hvilket gør muskelfibrene kortere, hvilket resulterer i en trækraft. Musklen kræver permanent energi ved at omdanne næringsstoffer. Dette kan føre til muskulær træthed, og begrænser musklens evne til at trække sig sammen.

Sammenfattende kan en mekanisk fjeder, når den er spændt, skabe en permanent kraft uden yderligere energi. Derimod kræver en menneskelig muskel en konstant energi for at forblive sammentrukket, hvilket fører til træthed og udmattelse.



Afsnit 2: Hvordan exoskeletter understøtter deres brugere

*Medarbejder på et lager får
skulder aflastning til de mange
gentagende bevægelser*

Nu hvor vi har dækket de vigtigste (bio)mekaniske grundelementer, så lad os se på, hvordan exoskelettet kan hjælpe deres brugere.

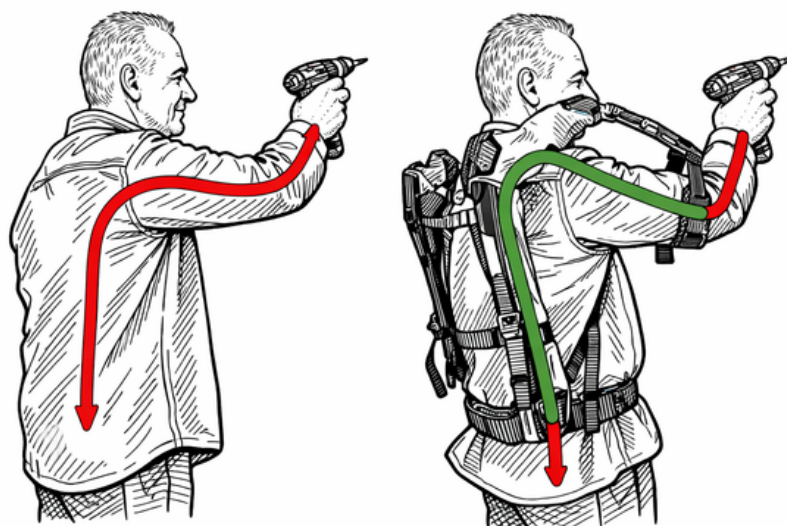
De fleste exoskeletter kombinerer flere principper, men vi omtaler hver enkelt for sig, for at gøre det lettere at forstå.



BYPASS-PRINCIPPET

Dette er en forholdsvis enkel, men effektiv tilgang. Mange exoskeletter fører belastningen af muskler og led uden for kroppen. Så for de kropsdele, der er dækket af et exoskelettet, overfører det belastningen, eller en del af den, fra din krop til exoskelettet, og belastningen ledes derefter gennem exoskelettet og uden om muskler og led.

Ved det nederste fastgørelsespunkt af exoskelettet, overføres belastningen tilbage til kroppen, i det viste tilfælde til hofterne, hvor den overføres til jorden, svarende til belastningen uden exoskelettet.



Princippet er illustreret med EASYEXO ALTUO: Den røde pil viser vægtens vej gennem kroppen og den grønne gennem exoskelettet. Overførsel af belastningen til exoskelettet kan reducere belastningen af muskler, sener og led.

For eksempel, når du holder en boremaskine på 5 kg i hånden, guides denne belastning gennem dit håndled, albue og skulder, ned ad din rygsøjle, gennem hoften ind i dine ben, knæ, ankler og til sidst ned i jorden. Undervejs belaster det alle disse kropsdele.

Når du bruger et skulderskelet, som ALTUO, overføres en betydelig del af belastningen direkte fra din overarm til din lænd, og omgår de forholdsvis sårbare områder som skulderled og lænd.

PRINCIPPET OM OMFORDELING AF BELASTNING

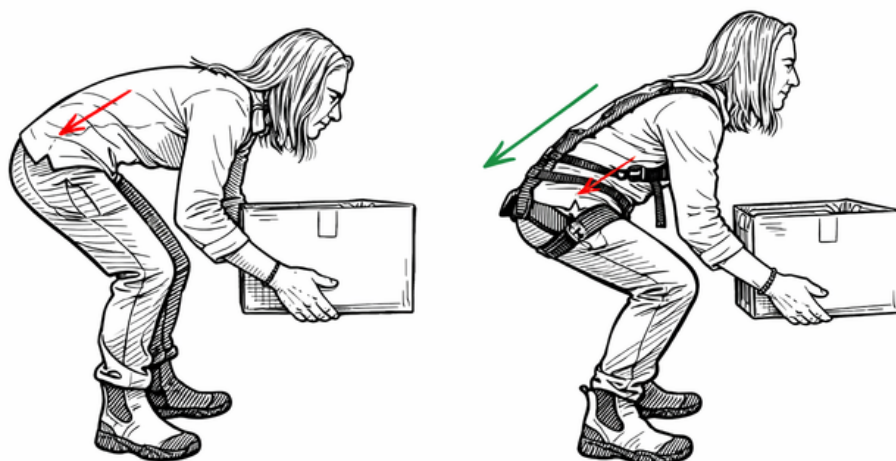
Når en belastning påvirker din krop lokalt eller asymmetrisk, fx når du bærer noget tungt med én hånd, vil det typisk kun forårsage belastning af en lille del af din krop. Dette sker, fordi lasten vil blive dirigeret langs den mest direkte vej gennem din krop til jorden. Det betyder også, at du har stor risiko for lokal overbelastning i specifikke led, mens resten af din krop knap nok bliver påvirket af belastningen.

MUSKELSTØTTE MED KUNSTIGE MUSKLER

Idéen med brugen af kunstige muskler er enkel: passive eller aktive systemer på ydersiden af kroppen skaber en støttekraft svarende til den kraft, der skabes af de menneskelige muskler. Exoskeletter, der bruger dette koncept, har "kunstige muskler", der er forbundet til kroppen, typisk ved hjælp af fjedre, der er arrangeret til at skabe en trækraft parallelt med de menneskelige muskler nedenunder, og derved understøtte disse.

Disse kunstige muskler kan drives af en motor forbundet til et kabel eller gennem fjedre eller elastiske bånd, der strækker sig under bevægelse og skaber en mekanisk trækraft.





Eksempel på hvordan BISKO'ens kunstige muskler understøtter brugerens rygmuskler.

Når brugeren læner sig frem, skal rygmusklerne trække sig sammen og skabe en kraft til at holde kroppen i den foroverbøjede stilling. Med eksoskelettet på ryggen, skaber de "kunstige muskler" en kraft, der direkte støtter rygmusklerne nedenunder, og reducerer derved muskelbelastningen.

Dette koncept bliver ofte brugt af bløde exoskeletter, fordi det kan bruges uden en stiv ramme. I dette tilfælde er de kunstige muskler afhængige af det menneskelige skelet for stabilitet.

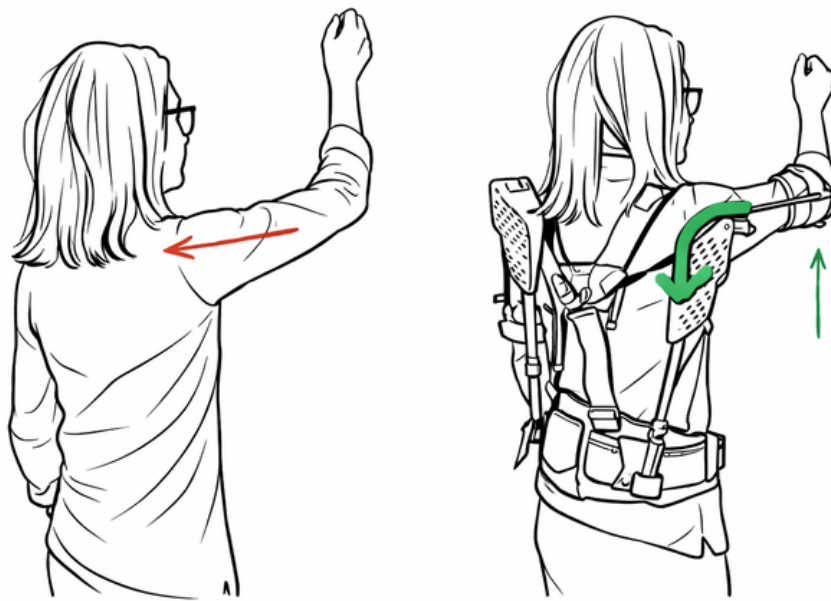
Målet med kunstige muskler er at reducere belastningen af brugerens muskler og sener. Hvis brugerens muskler arbejder mindre hårdt, bliver de mindre trætte. Når musklerne er trætte, bliver det sværere at koordinere dem. Gentagen belastning og træthed er der risiko for at udvikle muskel- og skeletlidelser. Så hovedideen er at hjælpe menneskelige muskler med kunstige muskler og reducere muskeltræthed, udmattelse, risikoen for at skade muskler, led og sener og dermed nedsætte den samlede arbejdsbyrde.

STØTTE TIL LED MED ET MOMENT

En anden mulighed for, hvordan exoskeletter kan støtte deres brugere, er ved at anvende en mekanisme omkring et specifikt led.

Exoskeletter kan generere moment i et led på forskellige måder. Aktive exoskeletter er typisk afhængige af eldrevne motorer, passive exoskeletter er typisk afhængige af fjedre, der er arrangeret på en sådan måde, at de skaber drejningsmoment i leddet. I begge tilfælde kan de menneskelige muskler slappe af til en vis grad, da i det mindste en del af det nødvendige moment, f.eks. til at løfte armen, leveres af exoskelettet.

Exoskelettet trækker således ikke, når bæreren står lige, først når brugeren læner sig frem, vil exoskeletterne begynde at støtte.



HJÆLP TIL SKULDERLED MED EXOSKELET

Venstre: Når brugeren løfter armen, trækker de tilsvarende muskler i skulderen sig sammen og skaber en trækraft, som så skaber et moment i skulderleddet, der løfter armen.

Højre: Med leddet understøttet af exoskelettet, løfter exoskelettet armen og drejningsmoment ved leddet. Det skaber en opadgående kraft i armen. Det reducerer kompressionen og potentielt forhindre ledskeader såsom slidgigt. Årsagen er, at støtten også fører til en reduktion i muskelkraft svarende til kunstige muskler. Men i modsætning til en kunstig muskel, erstatter den ikke bare en trækraft med en anden.

Det skaber et drejningsmoment omkring leddet i exoskelettet og overfører derefter denne kraft gennem den stive ramme på kroppen. Denne mekaniske forskel kan resultere i et reduceret slid i leddet.

Det er vigtigt at bemærke, at naturlig kompression af leddet ikke er dårligt. Det er faktisk med til at stabilisere leddet under belastning. Men hvis der ofte påføres høje kræfter på et led, kan dette føre til overbelastningsskader og smerter forårsaget af skader på leddets ledbånd og brusk.

KOMPENSATION - UDLIGNING AF TYNGDEKRAFTENS BELASTNINGER

Da tyngdekraften er en af hovedårsagerne til en høj fysisk arbejdsbelastning, er det en positiv tilgang at udligne virkningerne af gravitationskræfter ved hjælp af et eksoskelet.

En vigtig detalje her er, at eksoskelettet kun yder compensation, når tyngdekraften påfører de relevante led en belastning på grund af en løftet arm.

Typisk vil et eksoskelet ikke fuldstændig kompensere for tyngdekraften. Det udligner en vis procentdel (typisk 20%-50%) af tyngdekraften på kroppen og vil derfor gøre hver gentagelse eller hvert sekund, du arbejder, lettere.

Denne delvise compensation betyder også, at de menneskelige muskler ikke behøver at spænde fjedrene i et passivt eksoskelet – det gør tyngdekraften.

Kompensation for tyngdekraften, i kombination med det faktum, at menneskelige muskler kræver konstant energi, når de holder en vægt, forklaret i afsnit I, er de primære principper for støtte af et eksoskelet under statiske opgaver, såsom langvarig fremadlænet eller arbejde over hovedhøjde.

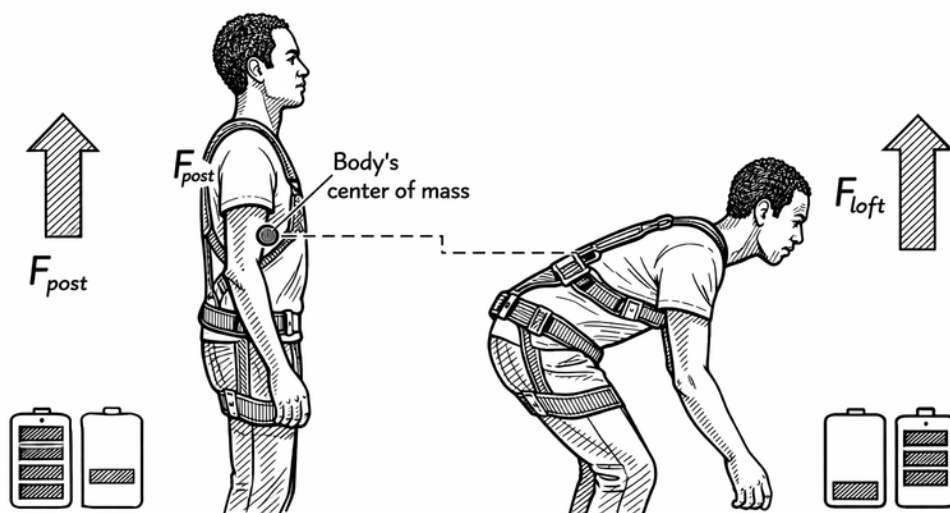


GØR KUN ARBEJDET ÉN GANG

Et meget vigtigt koncept for passive, fjederbaserede exoskeletter er energigenvinding. Et ofte stillet spørgsmål er, hvor den nødvendige energi til at spænde fjedrene i et passivt eksoskelet kommer fra. Svaret er: energien er der allerede, lagret i din krop, når du står oprejst. Eller sagt på en anden måde: du opbyggede den potentielle energi i din krop om morgenen, når du stod ud af sengen. For at forklare dette skal vi hurtigt introducere noget fysik:

Hver genstand med en masse har lagret såkaldt potentiel energi. Mængden af den energi, der er lagret i f.eks. en kasse, er lig med $Vægt \cdot Tyngdekraften \cdot Højde$. Denne potentielle energi ændres, hvis vi øger højden, kræver det ekstra energi eller mindsker højden, frigives energi af kassen. For et exoskelet som BSKO og HAPO BACK, er den energi vi taler om, den potentielle energi af massen af den menneskelige overkrop.

Når en person står oprejst, er overkroppen på det højeste punkt, og massen af overkroppen bærer potentiel energi i sig. Når personen læner sig forover, flyttes massen nedad, og den potentielle energi frigives, og det meste af det går tabt, tabes på gulvet. Når vi skal op igen, skal vores muskler gendanne den tabte energi for at genoprette den potentielle energi.



Med BSKO og HAPO Back og deres mekaniske fjedre, så strækkes disse fjeder, når man læner sig fremad, og en del af den potentielle energi, der frigives af kroppen, overføres til fjederen og forbliver lagret i stedet for at blive spredt og tabt.

Når kroppen er i oprejst stilling, lagrer overkroppen potentiel energi, mens der ikke er lagret energi i fjedrene. Når brugeren læner sig fremad og sænker overkroppen, frigives den potentielle energi, som så overføres til fjedrene i exoskelettet, hvor den gemmes. Når brugeren skal tilbage til en oprejst stilling, bruges den gemte energi bevægelsen, så musklerne ikke selv skal opbygge den potentielle energi, hvilket aflaster bevægelsen.

Naturligvis kan fjederen typisk ikke lagre al den potentielle energi i den menneskelige overkrop, og processen er heller ikke 100 % effektiv, f.eks. på grund af friktion. Ellers ville vi stort set ikke kunne bevæge os. Men selvom kun en vis procentdel af den potentielle energi lagres og genvindes efter hvert løft, reducerer denne proces arbejdsbyrden markant.

Målinger i laboratorier viser gennemsnitlig **aflastning på mellem 15 og 50% i det enkelte løft, på en hel dag ligger det på mellem 10 og 20%.**

Genindvinding af energien er grunden til, at fjederbaserede exoskeletter er yderst energieffektive og kan give et godt niveau af støtte, mens de er små, lette og omkostningseffektive.





Afsnit 3: Almindelige misforståelser

*BSKO er en brugervenlig model,
der aflaster lænden med op til 50%*

I dette sidste afsnit vil vi gerne adressere nogle almindelige misforståelser, som vi ofte hører, og som ofte er en kilde til forvirring.

Hvis du har læst de foregående afsnit, vil du hurtigt kunne gennemskue de forkerte antagelser, som disse misforståelser bygger på.

1

MISFORSTÅELSE: Kun aktive exoskeletter giver reel støtte, fordi passive kræver, at du investerer energi først

Den største misforståelse er, at med et passivt eksoskelet skal dine muskler bruge kræfter på at stramme exoskelettets fjedre. Så du skal først give den energi, der støtter dig senere. Derfor er dette ikke "rigtig" støtte, da du stadig skal gøre alt arbejdet selv først. Aktive systemer giver på den anden side yderligere kraft og energi. Derfor er det logisk, at kun aktive systemer kan understøtte dig.

Denne misforståelse er afhængig af flere forkerte antagelser, som hurtigt kan løses, når man anvender begreberne om kompensation af tyngdekraften, energigenvinding og forskellene mellem ingeniørmekanik og biomekanik.

Den første forkerte antagelse her vedrører kræfterne

Det antages, at de menneskelige muskler aktivt skal bruges til at spænde fjedrene i det passive eksoskelet. Som vi ved, at så længe de passive fjedre kun udligner tyngdekraften på din krop, behøver du ikke investere yderligere kraft for at spænde fjederen, fordi tyngdekraften gør det for dig! Når den er korrekt indstillet, vil fjederstøtten aldrig kompensere mere end f.eks. din arms vægt, og du behøver derfor ikke at bruge dine muskler til at stramme fjederen.

Den anden forkerte antagelse om energibalancen

Det forudsætter, at man med et passivt system altid skal investere energi og, hvis man er heldig, kun få noget af det tilbage. Som følge heraf er dette i bedste fald en nul-sumbalance, hvilket betyder, at der ikke er nogen reel støtte eller belastningsreduktion.

Et aspekt af denne misforståelse er, at en nul-sumenergibalance er noget dårligt og ineffektivt. I virkeligheden ville en nulsum af energibalance være et fantastisk resultat. Det ville betyde, at vi kunne lave endeløse squats uden at svede, fordi vi under hver gentagelse får al vores energi tilbage gennem energigenvinding.

Virkeligheden med at løfte og læne sig fremad er meget værre. Vores krop forbrænder energi hvert sekund, vi forbliver i en fremadlænet stilling. Hver gang vi sætter os på hug, forsvinder den potentielle energi i vores krop næsten fuldstændigt og skal bygges op igen ved hjælp af muskelstyrke.

Som følge heraf kan et passivt fjederbaseret eksoskelet, der gemmer energien til at genoprette selv en lille procentdel under hvert løft, gøre en væsentlig forskel. Det er rigtigt, at dette eksoskelet ikke tilføjer yderligere energi. Alligevel forhindrer det os i at miste og spilde energi under arbejdet, hvilket er en meget mere effektiv måde at yde støtte på.

Et andet aspekt af denne forkerte antagelse er, at der ikke tages højde for forskellene mellem mekanik og biomekanik. Mennesket kan spare meget mere energi, end der er lagret i den mekaniske fjeder, simpelthen fordi, en permanent støtte fra en forspændt mekanisk fjeder, vil spare den menneskelige bruger for yderligere energi hvert.



2

MISFORSTÅELSE: Exoskeletter reducerer belastningen af en kropsdel ved at overføre den til en anden og øge den der, hvilket faktisk er farligt

Dele af denne erklæring er ikke helt forkerte. Som omtalt ovenfor kan exoskeletter udnytte omfordelingen af belastningen på forskellige måder. Men når det er beskrevet som ovenfor, indebærer det, at omfordeling altid er nødvendig og fører til øget belastning af kropsdele, der tidligere ikke var under belastning. Det indebærer også, at det at flytte belastningen fra en del til en anden altid dårligt og usundt, hvilket er den misforståelse:

For det første kan lokal belastning reduceres uden at øge belastningen andre steder

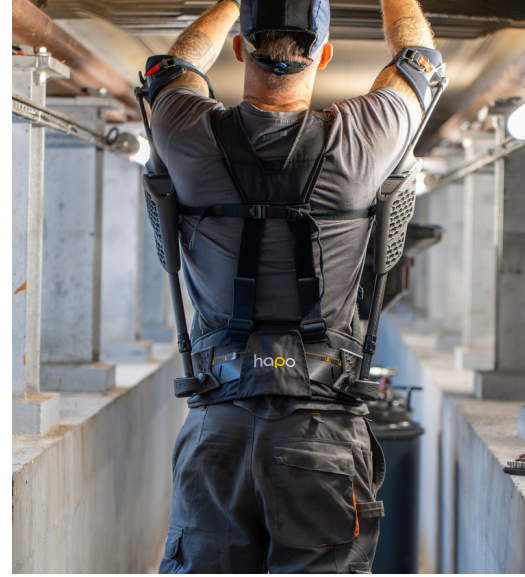
Ved at benytte koncept med omgåelse af belastning, er det muligt at reducere slid på den menneskelige krop og de individuelle kropsdele uden nødvendigvis at øge den andre steder. Eksoskelettet giver simpelthen en alternativ vej for energien mod jorden, hvor til sidst al belastning på kroppen vil ende. Så hvorfor ikke springe de dele af kroppen over, der er i risiko for overbelastning?

For det andet kan det være nyttigt at sprede en belastning over et større kropsområde

Flytning af belastning, som bevidst giver forøgelse i andre dele af kroppen, er en tilgang, der kan bruges bevidst. Og ja, det betyder, at belastningen i nogle kropsdele øges, men hvis den bruges korrekt, er belastningsfordelingen ikke som standard noget dårligt. Belastningsfordeling kan også betyde bedre belastningsbalancering, så den fx kan fordele en asymmetrisk belastning mere jævnt mellem venstre og højre side af kroppen.

Et skulderskelet flytter f.eks. vægten af armene samt en del af det man har i hænderne, uden om skuldre, nakke og ryg, direkte til hofterne, hvor vægter fordeles til gulvet.

Ved hofterne kan man bære betydeligt mere uden at risikere skader, men selv arbejde med armene ud fra kroppen, hvor armens vægt i sig selv, kan give skader i skuldrene.



Resume

Vi håber, at du fik noget ud af at læse dette whitepaper, og at den hjalp dig med at forstå, hvilke koncepter der bruges i moderne exoskeletter til arbejdsbrug.

Det blev sandsynligvis tydeligt, at der er mange koncepter, man kan vælge imellem, når man designer et exoskelet, og en god forståelse af mekaniske og biomekaniske principper er afgørende for at sikre, at det endelige design giver den bedst mulige ydeevne og maksimale fordele for sine brugere.

De fleste af de omtalte principper kan bruges af alle typer exoskeletter og er på en måde universelle. Så uanset om du har et aktivt eller passivt, stift eller blødt eksoskelet, vil de alle på den ene eller anden måde bruge nogle af de begreber, der er beskrevet ovenfor.

Dette er også grunden til, at ingen af disse kategorier af exoskeletter, som standard, er bedre eller værre end de andre. De er alle afhængige af de samme grundlæggende ideer.

I dette dokument er omtalt exoskeletter til skulder og lænd. Der findes flere modeller inden for hver kategori og en dybere gennemgang af den enkelte arbejdsopgave og personlige præferencer, er derfor vigtige før der vælges type.

Andre områder, der kan dækkes af exoskeletter er f.eks. nakke og hænder.

Ud over den støtte et exoskelet giver under arbejde, kan nogle af modellerne med stor effektivitet, gøre hverdagen lettere for dem, hvor skaden er sket.

Forsikringsselskaber og jobcentre har haft stor gavn af at hjælpe borgere tilbage på arbejde, eller op i tid.



Om ScanExo

Hos ScanExo arbejder vi for at medarbejdere i alle brancher kan gå hjem efter en arbejdsdag uden at føle sig fysisk belastet. Vi hjælper danske virksomheder og kommuner med at forebygge fysisk nedslidning og skabe et sundere arbejdsmiljø for deres medarbejdere - med exoskeletter.



Dorte Bøyesen
66 46 96 12
dorte@scanexo.com

Salgskonsulent



Arne Urskov
66 46 96 13
arne@scanexo.com

*Salgs- og
produktansvarlig*



Bjarne Terndrup
66 46 96 10
bjarne@scanexo.com

CEO og indehaver

