

Työterveyslaitos

Eksoskeletonin hyödyntäminen työkuormituksen hallinnassa

Satu Mänttari, vanhempi tutkija



Eksoskeleton, ulkoinen tukiranka tai kevennin

- Voimistaa käyttäjänsä liikkeitä, keventää kuormitusta tai mahdollistaa liikkumisen



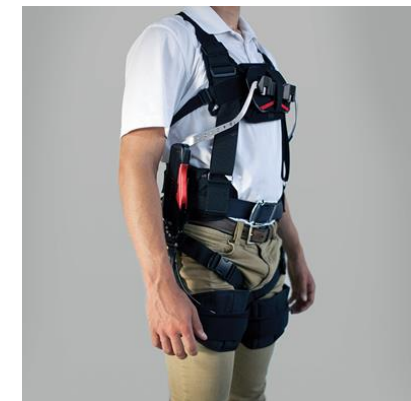
Yläraajat: esim. Skelex 360

- Keventää yläraajoilla tehtävää työtä työskenneltäessä ylöspäin kädet edessä tai etuviistossa.
- Suunniteltu tukemaan kehon luontaisia liikkeitä, sen kanssa voi kävellä, polvistua, istua, heiluttaa käsiä



Selkä: esim. V3 backX-S, Auxivo Lift Suit 2.0

- Keventää selän kuormaa nostoissa ja muissa eteenpäin kumartuvissa työasennoissa.
- Ei juurikaan rajoita käyttäjän luontaisia liikeratoja.
- Keventävän toiminnon saa myös pois päältä ekson ollessa päälle puettuna.



Case I: Eksoskeleton voi keventää kuormitusta rakennustyössä

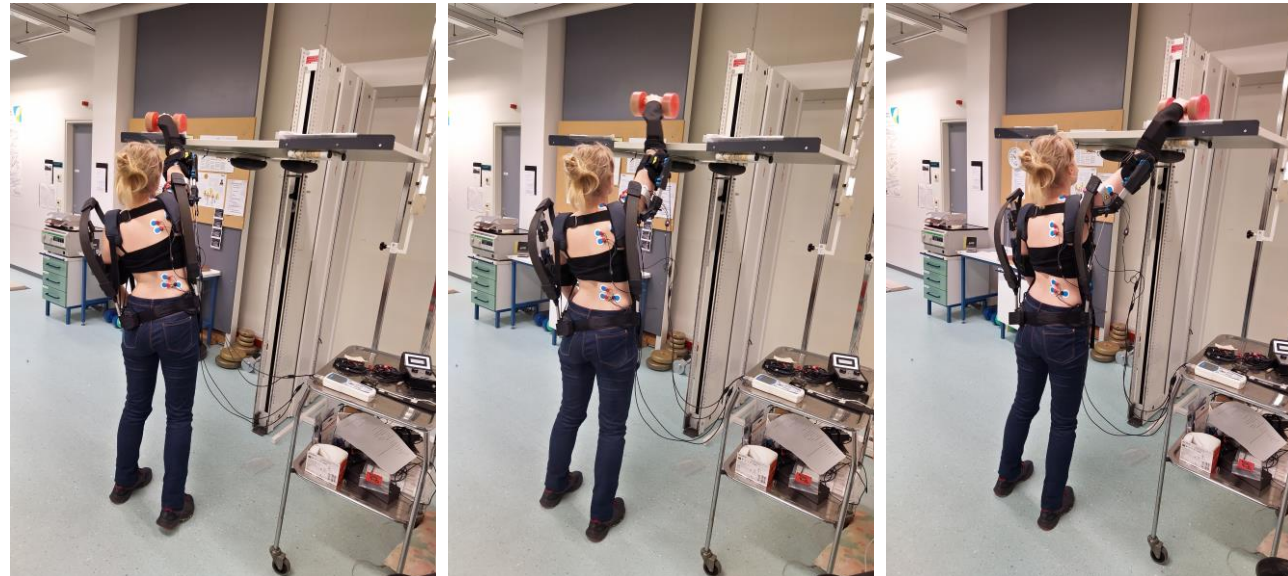
- Rakennustyössä kuormitus kohdistuu erityisesti yläraajoihin ja niskahartiaseudulle sekä selän alueelle
- Pitkäkestoinen kädet koholla työskentely ja olkavarren kohoasento on haitallista yläraajojen ja hartiaseudun lihaksistolle ja lisää niskahartiaseudun liikuntaelinvaikeuksien riskiä
- Runsaasti toistoliikkeitä tai tarkkuutta vaativa kädet koholla tehtävä työ kasvattaa riskiä edelleen
- Suomessa 9 % työvoimasta työskentelee enemmän kuin 1-2 tuntia päivässä kädet hartiatasolla tai sen yläpuolella

Tavoitteet

- ✓ Selvittää keventääkö ulkoinen tukiranka kädet koholla tehtävää työtä
 - ✓ vakio-olosuhteissa laboratoriossa
 - ✓ autenttisissa työtilanteissa
- ✓ Laatia arviointityökalu, jonka avulla määritetään milloin ja minkä tyyppisissä kädet koholla tehtävissä töissä eksoskeletonin käyttö on perusteltua ja suositeltavaa

Dynaamista ja staattista työtä laboratoriossa

- N = 15 + 6
- 4 kulmaa
 - 60 °, 90 °, 120 °, 150 °
- 2 kg käsipaino
- Eksoskeleton Skelex 360™ (Skelex B.V., Alankomaat)
- Staattinen työ: 2 kg painon kannattelu



Kuva: Jutta Karkulehto

Dynaaminen työ simuloi maalausta. Työtä tehdään kunnes lihaksistoon kohdistuva työkuormittavuuden taso on subjektiivisesti arvioituna tasolla "erittäin raskas".

Mitä mitattiin?

Työn aikana

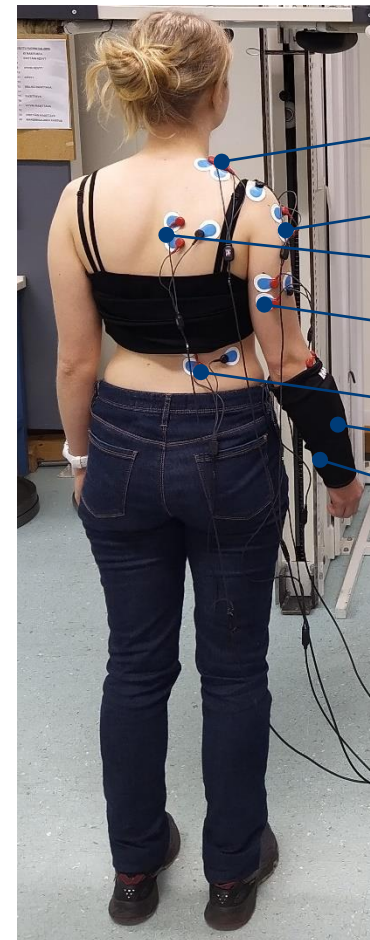
- EMG (lihaksen sähköinen aktiivisuus)
- lihaskudoksen happisaturaatio

Ennen-jälkeen

- puristusvoima
- lihasrakenne
- lihaksen kimmo-ominaisuudet
- hermon johtumisnopeus

Lisäksi

- heve-kuormitus



epäkäslihas

hartia(olkapää)lihas

- etuosa
- keskiosa

yläselkä

kolmipäinen olkalihas

alaselkä

ranteen ojentaja

ranteen koukistaja

Mittauksia autenttisissa työtilanteissa

- Yhteistyökumppanit: Talonrakennusteollisuus ry ja Ramirent Finland Oy
- Mittaus 3-4 h, ilman eksoskeletonia ja eksoskeletonin kanssa
- N = 15
- Mittaukset ja mitattavat lihakset ~samat kuin laboratorio-osiossa
- Lohja: Työtehtävät tasoitusta ja muurausta
Oulu: Työtehtävät telineasennusta ja purkua
Vaasa: Työtehtävät alakaton koolausta



Kuva: Johannes Tervo

Projektissa syntyneet tulokset

- Ylävartalon ulkoinen tukiranka keventää kädet koholla tehtävää työtä **sekä lihaksiston että hengitys- ja verenkiertoelimistön** osalta.
 - Lihasten keskimääräinen kuormitus vähenee keskimäärin
 - 18,0 % dynaamisessa työssä
 - 20,7 % staattisessa työssä
 - 22,9 % autenttisessa työssä
 - Lyhytaikaisessa dynaamisessa työssä sekä syke että hapenkulutus kehon painokiloa kohti ovat alhaisemmalla tasolla eksoskeletonia käytettäessä.
- Eksoskeletonin käyttö vaikuttaa lievästi negatiivisesti yläselän kimmo-ominaisuuksiin.

Suosituksset

- Ylävartalon eksoskeletonin käyttöä suositellaan, mikäli työvuoron aikana työskennellään yhtäjaksoisesti olkavarret yli 90 asteen kulmassa yli 20 minuuttia.
- Eksoskeletonia ei suositella käytettäväksi yhtäjaksoisesti useamman tunnin/koko työvuoron ajan.
- Käyttöä suositellaan vain tarveperusteisesti, sitä ei kannata käyttää "varmuuden vuoksi".
- Eksoskeleton on tarkoitettu työtä keventäväksi apuvälineeksi kuormitushuippujen tasaamiseksi. Sen avulla ei ole tarkoitus lisätä työntekijän suorituskykyä tai mahdollistaa raskaamman työn tekemistä.
- Eksoskeletonin käyttöön liittyvä riskiarviointi suositellaan tehtäväksi jokaisessa työpaikassa ennen apuvälineen käytön aloittamista.

EKS@

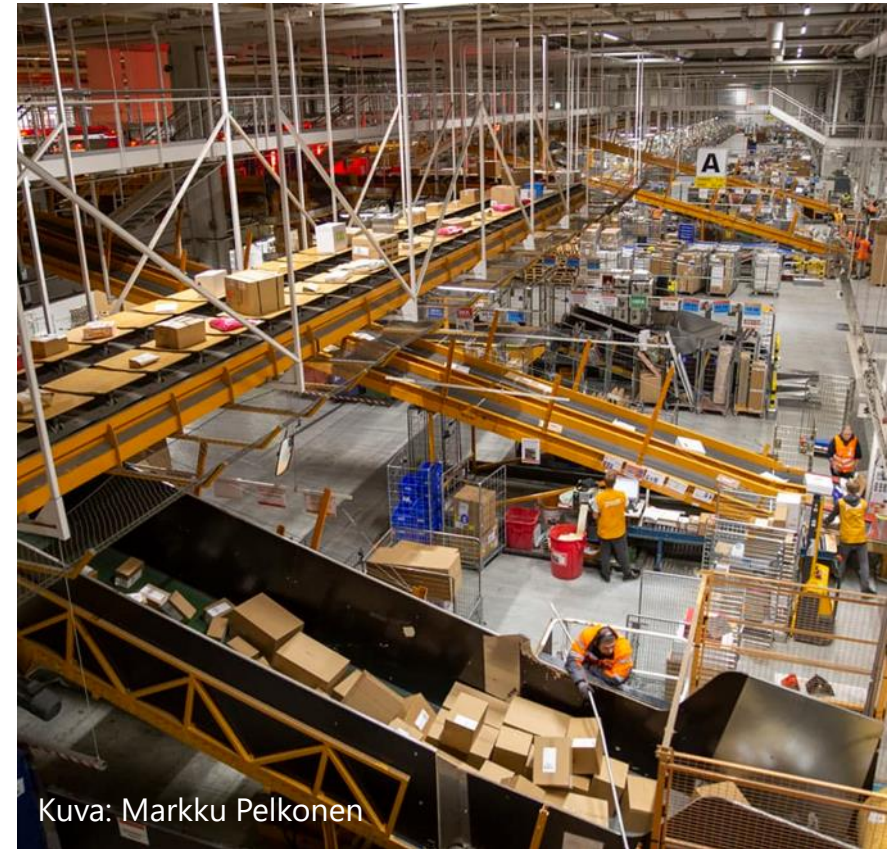
- Eksoskeletonin hyötyjen arviointityökalu kädet hartiatason yläpuolella tehtävässä työssä
- Tarkoitettu työpaikoille päätöksenteon tueksi tilanteisiin, joissa harkitaan voisiko eksoskeleton olla hyödyllinen apuväline erilaisissa työtehtävissä
- Erillisiä osaamis- tai koulutusvaatimuksia työkalun käytölle ei ole
- EKS@n löydät täältä:
 - <https://www.ttl.fi/tutkimus/hankkeet/kadet-koholla-tyoskentelyn-keventaminen-eksoskeletonin-avulla>
 - <https://www.julkari.fi/handle/10024/143272>

Eksoskeletonilla voidaan keventää yläkätisiä töitä.



Case II: Voidaanko nostotyötä keventää eksoskeleton avulla logistiikka-alalla?

- Selkäsairaudet merkittävä ongelma, riskinä mm. kumara/kiertynyt/staattinen asento ja nostot
- Suomessa 19,2 % (miehet) ja 13,2 % (naiset) työskentelee enemmän kuin 1-2 tuntia päivittäin hankalassa selän asennossa
- Ongelmallisia aloja mm. teollisuus, rakennusala ja logistiikka



Kuva: Markku Pelkonen

Tavoitteet

- 1) Selvittää, kuinka paljon nostotyötä voidaan keventää ulkoisen tukirangan avulla.
- 2) Selvittää kohdistuuko eksoskeletonin vaikutus vain nostotyötä tekeviin lihaksiin.
- 3) Antaa suositukset milloin ja minkä tyyppisissä nostotöissä eksoskeletonin käyttö on perusteltua ja suositeltavaa.

Osatutkimus 1, yläraajaeksoskeleton, johtopäätökset

- Tutkitut työtehtävät sisältävät suhteellisen vähän yläkätisiä töitä
- Eksoskeletonin käyttö lisää hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuneisuutta 11 %
- Eksoskeletonin käyttö ei vähennä lihaksiston kuormittuneisuutta
 - Yksilötasolla ja poikkeustapauksissa sen käytöstä voi olla hyötyä
- Käytettävyyskyselyn perusteella eksoskeleton soveltuu heikosti tutkittuihin työtehtäviin

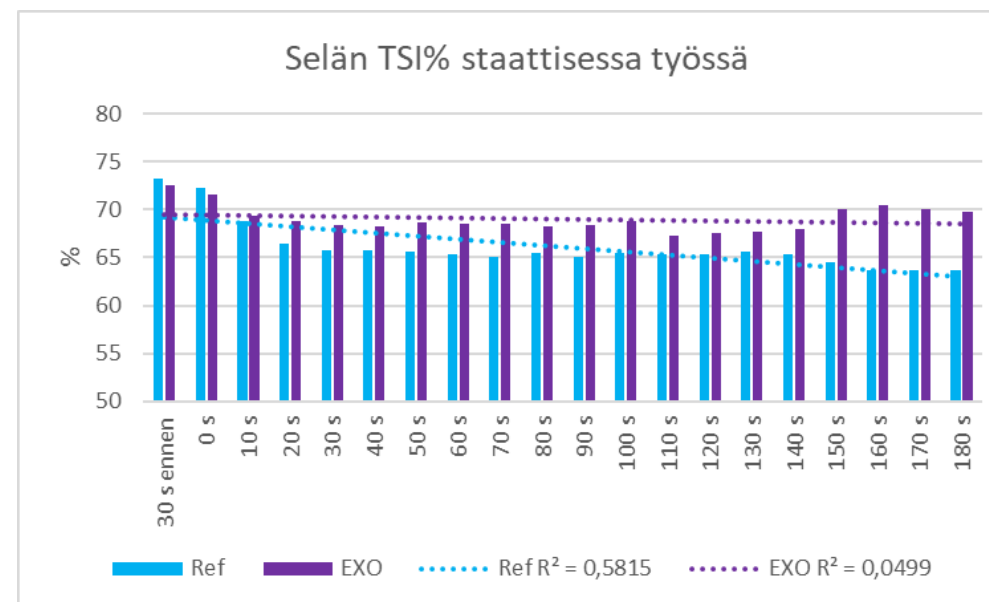
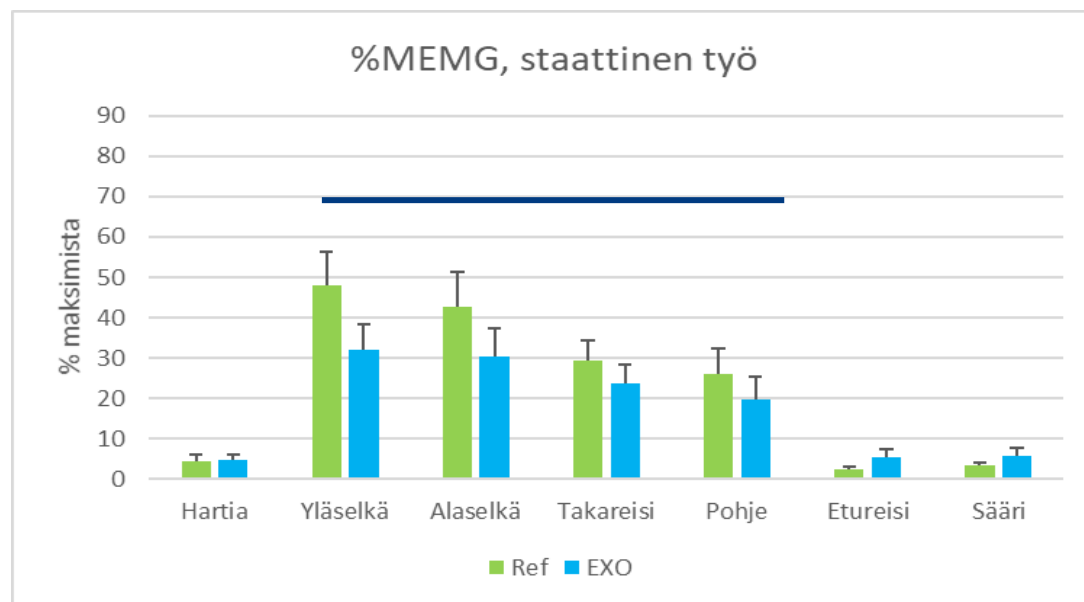


Osatutimus 2, selän eksoskeleton, nostotyötä laboratoriossa

- Dynaaminen nostotyö, 4, 10, 16, 18 ja 20 kg painoilla
- 10 krt / paino
- Ergonominen ja epäergonominen nostotekniikka
- Staattinen työ 10 kg punnuksella,
- 60 asteen etukumara asento
- EMG, happisaturaatio, kimmo-ominaisuudet, lihasrakenne



Alustavien tulosten perusteella eksoskeleton voi keventää nostotyötä ja ylläpitää selän lihasten verenkiertoa raskaassa työssä



Case III Eksoskeletonit ja hoitajan muuttuva työarki - TUEKS

- Selvitetään eksoskeletonien vaikutusta hoitotyön fyysiseen kuormittavuuteen sekä tunnistetaan hoitotyön edellytykset ja valmiudet niiden käyttöönottoon
- Tuotetaan monialaista ja -menetelmällistä tietoa eksoskeletoneista hoitotyössä
- Tulosten pohjalta laaditaan eksoskeletonien käyttöönottomalli työpaikoille.



Työterveyslaitos

KIITOS!



ttl.fi



@tyoterveys
@fioh



tyoterveyslaitos



tyoterveys



Tyoterveyslaitos

