

# **HARTIALIHASTEN KUORMITTUMINEN RAITIOVAUNUNKULJETUKSESSA**

Katri Haukka-Aromaa

Pro gradu

Ergonomia

Itä-Suomen yliopisto

Lääketieteen laitos

Kesäkuu 2012

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, Terveystieteiden tiedekunta

Lääketieteen laitos

Ergonomia

HAUKKA-AROMAA, KATRI: Hartialihasten kuormittuminen  
raitiovaunukuljetuksessa

Pro gradu tutkielma, 48 sivua, 1 liite (3 sivua)

Ohjaaja: Veikko Louhevaara, professori, FT, Susanna Järvelin-Pasanen, yliopisto-  
opettaja, TtM, Eur.Erg.

Kesäkuu 2012

Avainsanat: raitiovaunukuljettajat, lihakset, rasitus, elektromyografia, ergonomia

Raitiovaunukuljettajan työssä esiintyy niskahartiaoireiden riskitekijöitä kuten pitkittynyttä istumista, staattista lihastyötä, yläraajojen toistoliikkeitä ja psykososiaalisia kuormitustekijöitä. Työperäisiin niskahartiaoireisiin liittyy usein hartialihasten matalatasoista staattista kuormittumista. Elektromyografia eli lihasten sähköisen aktiviteetin mittaaminen (EMG) on menetelmä, jolla voidaan arvioida lihasten kuormittumista kuormituksen määrän, keston ja toistuvuuden perusteella.

Poikkileikkaustutkimuksen tarkoituksena oli arvioida raitiovaunukuljettajien hartialihasyhmien kuormittumista työvuoron aikana EMG-mittauksella. Tavoitteena oli mitata ja arvioida vasemman ja oikean hartialihasyhmän keskimääräinen kuormittuminen. Lisäksi tarkoituksena oli arvioida esiintyykö hartialihasyhmien kuormittumisessa eroja oikean ja vasemman puolen, naisten ja miesten sekä kuljettaessa nivel- ja matalalattiavaunua.

Tutkittavina oli 10 nais- ja 10 miesraitiovaunukuljettajaa. Vasemman ja oikean hartialihasyhmän EMG mitattiin yhden työvuoron ajan nivel- ja/tai matalalattiavaunukuljetuksessa MyOnWear anturipaitaan sulautetuilla pintaelektrodeilla ja ME6000 laitteella. EMG-signaali analysoitiin MegaWin ja SPSS 14.0 ohjelmilla. Keskimääräistä kuormittumista kuvattiin EMG-amplitudilla. Työssä mitattu EMG-amplitudi suhteutettiin submaksimaalisen referenssisupistuksen arvoon (RVE), ja tulokseksi saatiin %RVE-arvo.

Raitiovaunukuljetuksessa vasemman hartialihasyhmän EMG-arvo oli 17 %RVE ja oikean 16 %RVE. Yksilöiden välinen vaihtelu hartialihasyhmien EMG-arvoissa oli suurta. Ero vasemman ja oikean hartialihasyhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä koko tutkittavien ryhmässä eikä nivel- ja matalalattiavaunun kuljetuksessa. Naisilla puoliero oli merkitsevä ( $p=0,013$ ) oikean (20 %RVE) hartialihasyhmän EMG-arvon ollessa suurempi kuin vasemman (14 %RVE). Miehillä vasemman (22 %RVE) hartialihasyhmän EMG-arvo oli suurempi kuin oikean (11 %RVE), mutta ero ei ollut merkitsevä. Merkitseviä eroja ei esiintynyt vasemman eikä oikean hartialihasyhmän EMG-arvoissa naisten ja miesten välillä eikä nivel- ja matalalattiavaunukuljetuksen välillä.

Hartialihasten keskimääräinen kuormittuminen oli EMG-tulosten perusteella matalaa. Naisilla kuormittuminen oli epäsymmetristä. Naisilla ja miehillä sekä nivel- ja matalalattiavaunukuljetuksessa hartialihasyhmien kuormittuminen oli samansuuruista. Matala EMG viittaa vuomantuotoltaan matalatasoiseen lihastyöhön, joka saattaa olla niskahartiaoireiden riskitekijä raitiovaunukuljetuksessa, mikäli lihastyö on staattista, pitkäkestoista tai toistuvaa eikä lihas pääse riittävästi palautumaan. Tulokset mahdollistavat raitiovaunukuljettajan työn ergonomian kehittämisen työperäisten hartiaoireiden ehkäisemiseksi ja työhyvinvoinnin edistämiseksi.

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND, Faculty of Health Sciences  
School of Medicine  
Ergonomics

HAUKKA-AROMAA, KATRI: The strain of shoulder muscles in tram driving  
Master's graduate thesis, 48 pages, 1 appendix (3 page)

Tutors: Veikko Louhevaara, Professor, PhD, Susanna Järvelin-Pasanen, MSc, Eur.Erg.  
June 2012

---

Keywords: Tram drivers, Muscles, Strain, Electromyography, Ergonomics

Tram driving consists of prolonged sitting, static muscle work, repetitive movements of upper limbs and psychosocial exertion which are risk factors for neck and shoulder complaints. Low level static exertion is often associated with work related neck and shoulder symptoms. Electromyography i.e. the measurement of muscle activity (EMG) is a method in order to assess muscle strain based on the exposure level, duration and frequency.

The object of this cross-sectional study was to evaluate the strain of muscle groups of shoulders of tram drivers by electromyography during a work shift. The aim was to measure and assess the average strain of muscle groups of left and right shoulder. Furthermore, the aim was to assess the differences of the muscle groups of the shoulders between the left and right side of the body, between female and male and when driving a combined tram and a low floor tram.

The subjects were 10 female and 10 male tram drivers. The MyOnWear shirt with textile integrated surface electrodes and a ME6000 device were used for the measurement of EMG of the muscle groups of both the left and right shoulder, during a work shift. MegaWin and SPSS 14.0 software were used to analyze the EMG-signal. EMG amplitude was used to describe the average strain. The EMG amplitude measured during work was normalized to the value of a submaximal reference contraction (RVE) and the result was %RVE.

The average EMG value, of the muscle groups was 17 %RVE for the left and 16 %RVE for the right shoulder. Interindividual variation in average EMG values of shoulder muscle groups was large. The statistical differences were not significant between the left and the right side of the body for all the subjects and neither for the eight subjects when driving the combined tram and the low floor tram. The difference was significant ( $p=0,013$ ) for the EMG values between the two sides of the body for the female, the right shoulder (20 %RVE) was bigger than the left shoulder (14 %RVE). There was no significant difference in EMG values between the left shoulder (22 %RVE) and the right shoulder (11 %RVE) for the males. Neither were there no significant differences in EMG values of the muscle groups for both the left and the right shoulder for the female and the male, nor when driving the combined tram or the low floor tram.

The strain of the shoulder muscles was, on average low, based on assessment of EMG value. The strain was unsymmetrical for the female. The strain in the muscle groups of the shoulders were the same level between women and men both driving the combined tram and the low floor tram. Low EMG indicates low level exertion. It can be a risk factor for neck and shoulder symptoms if the exertion is static, prolonged or repetitive and the muscle can not recover sufficiently. The results make it possible to improve the work ergonomics of tram drivers, to prevent work related shoulder symptoms and to promote health at work.

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	4
2 KIRJALLISUUSKATSAUS .....	5
2.1 Raitiovaunukuljettajan työ.....	5
2.2 Hartialihasten kuormittuminen työssä.....	7
2.2.1 Hartiaoireiden esiintyvyys ja riskitekijät .....	7
2.2.2 Hartialihasten kuormittuminen eri ammateissa.....	10
2.3 Hartialihasten kuormittumisen mittaaminen ja arviointi.....	11
2.3.1 Kysely, haastattelu ja havainnointi.....	12
2.3.2 Elektromyografia.....	13
3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA VIITEKEHYS .....	17
3.1 Tavoite.....	17
3.2 Viitekehys .....	17
4 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	19
4.1 Tutkitut .....	19
4.2 Menetelmät .....	20
4.3 Tulosten analysointi .....	21
4.4 Eettiset näkökohdat .....	22
5 TULOKSET.....	23
5.1 Hartialihasyhmien kuormittuminen .....	23
5.2 Hartialihasyhmien kuormittuminen naisilla ja miehillä.....	24
5.4 Hartialihasyhmien kuormittuminen nivel- ja matalalattiavaunukuljetuksessa...	26
6 POHDINTA.....	29
6.1 Tutkimusmenetelmien tarkastelu .....	29
6.2 Tulosten tarkastelu .....	31
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	39
LÄHTEET .....	40

LIITE 1 Tieteellisen tutkimuksen rekisteriseloste

## 1 JOHDANTO

Kuljetusala kasvaa ja muuttuu nopeasti Euroopan Unionissa. Ala mahdollistaa ihmisten ja tavaroiden liikkumisen, mutta on myös ensiarvoisen tärkeä Euroopan Unionin vauraudelle, talouden kasvulle, sosiaaliselle kehitykselle ja ympäristölle. Kuljetusalaan kuuluvat maaliikenteen tie- ja raideliikenne sekä vesi- ja lentoliikenne. Yhteisten työhön liittyvien terveys- ja turvallisuusriskien lisäksi kullakin liikennemuodolla on omat riskinsä. Euroopan työterveys- ja turvallisuusvirasto (OSHA) suosittelee määrittämään kokonaisvaltaisesti kunkin sektorin terveys- ja turvallisuusriskit. Se suosittelee toimenpiteitä mm. työvälineiden ja työympäristön sopeuttamiseksi yksilöllisiä ominaisuuksia vastaaviksi. Syynä on erityisesti miesvaltaisen alan kasvava naisten osuus (EU-OSHA 2011). Suomessa ammattiliikenteessä työskentelee 142 000 henkilöä (Kärmeniemi ym. 2010).

Kaupunkialueilla toimiva raitiovaunuliikenne on pieni osa kuljetusalaan. Suomessa vain Helsingissä on raitiovaunuliikennettä. Helsingin kaupungin palveluksessa on 340 raitiovaunukuljettajaa (Tyke 2008). Helsingissä on päätetty lisätä raitioliikennettä 30 %:lla. Uusia reittejä on rakennettu ja rakennetaan lisää lähitulevaisuudessa. Raideliikennettä kehitetään osana koko kaupunkisuunnittelua, koska se on kestävä kehityksen mukainen, energiatehokas ja ilman laadun kannalta edullinen joukkoliikennemuoto (Helsingin Sanomat 6.4.2011). Mikäli suunnitelmat uusista reiteistä toteutuvat, hankitaan uusia raitiovaunuja jopa 70 kappaletta vuoteen 2020 mennessä (Räty ym. 2009). Vaunujen suunnittelussa otetaan huomioon esteettömyys ja kuljettajien työn ergonomia (Helsingin Sanomat 15.6.2011).

Fyysisesti raitiovaunukuljettajan työ on istumista, staattista lihastyötä ja yläraajojen toistoliikkeitä. Kuormitus kohdistuu liikuntaelimiin; lihaksiin, jänteisiin ja niveliin. Raitiovaunukuljettajilla on paljon oireita niska-hartiaseudussa (Tyke 2008). Tunnistettaessa liikuntaelinten terveyden kannalta epäedullinen kuormitus, voidaan työergonomiaa kehittää ja pyrkiä vähentämään oireita ja tukemaan työhyvinvointia.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida raitiovaunukuljettajien hartialihasuryhmien kuormittumista työvuoron aikana lihasten sähköisen aktiivisuuden mittauksella.

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 Raitiovaunukuljettajan työ

Raitiovaunukuljettajat ovat raideliikenteen alaan kuuluvia kuljetusalan ammattilaisia. Raitiovaunukuljettajia työskentelee Helsingin kaupungin liikennelaitoksella (HKL) noin 340, joista 200 on miehiä (Tyke 2008). Työ on tiukasti aikataulutettua ja tarkkuutta vaativaa (HKL 2012). Kuljettajat ovat vastuussa työstään ja vaunuista sekä matkustajien ja muiden liikenteessä olevien turvallisuudesta. Työ käsittää myös asiakaspalvelua kuten lipunmyyntiä ja neuvontaa. Lipunmyynti aiotaan lopettaa vuoden 2013 alussa (Räty ym. 2009).

Työ on vuorotyötä. Vuorot ajoittuvat aamuviiden ja yö kahden välille (HKL 2012). Aamuvuoro alkaa kello 5-7 ja iltavuoro klo 12 -15. Viikkotyöaika ilman ylitöitä on 38,15 tuntia. Ylitöitä on melko paljon. (TTL 2005, Tyke 2008, Lehtinen 2010).

Yhtämittäinen ajoaika vaihtelee hieman alle tunnista yli kolmen tunnin ajojaksoihin. Niihin sisältyy joillakin linjoilla pääte pysäkillä tai ajantasauspaikoilla muutaman minuutin pysähtymisiä, jolloin voi jaloitella vaunussa tai ulkona. Toisilla ns. kierrätyslinjoilla siirrytään takana olevaan vuoroon muutaman minuutin tauon jälkeen. Työvuoron aikana voidaan ajaa useita linjoja ja eri vaunutyyppisiä (Lehtinen 2010).

Useimmat käytössä olevat raitiovaunumallit ovat matalalattia- ja nivelvaunuja, jotka eroavat toisistaan mm. ohjaamoiden, ajokytkinten ja painikkeiden osalta. Matalalattiavaunun ohjaamo on tilavampi kuin nivelvaunun. Matalalattiavaunussa tuulilasi on suuri, ja peilien sijainti hyvä, jolloin näkyvyys on parempi kuin nivelvaunussa. Molempien vaunujen istuimissa on yhdenmukaiset ja monipuoliset säädöt. Nivelvaunun istuimesta puuttuvat niskatuki ja kyynärnojat ohjaamon ahtauden takia. Matalalattiavaunun istuimessa on niskatuki ja vain vasemmalla puolella on metallipintainen, sähköisesti eteen-taakse säädettävä kyynärnoja, johon ajokytkin on kiinnitetty. Matalalattiavaunun ajokytkimessä on turvatekninen ohjausjärjestely ns. kuolleen miehen kytkin, jota on jatkuvasti puristettava ajon aikana. Vaihtoehtoinen, jalalla painettava turvakytkin on etuseinässä lattianrajassa. Painaminen edellyttää kyynärvarren asennon ääripronaatiota ja yläraajan lihasten staattista jännittämistä.

Nivelvaunussa ajokytkin kiinnittyy lattiaan ja on pitkävartinen. Sen pää on pyöreä sallien vapaasti käden asennon valinnan. Nivelvaunussa ei ole kuolleen miehen kytkintä. Ajokytkinten ja etupaneelissa olevien vilkkujen, ovi- ja merkinantopainikkeiden ym. hallintavipujen etäisyys kuljettajasta määräytyy kuljettajan mittasuhteiden ja istuimen säätöjen perusteella. Matalalattiavaunussa on mahdollista säätää myös etupaneelia. Matalalattiavaunun istuimen ja etupaneelin säädöt voidaan ennakkoon ohjelmoida älykortille omia mittoja vastaaviksi, mikä ei kuitenkaan ole käytössä (Haukka-Aromaa 2010). Kuljettajien mukaan saman vaunumallin vaunuissa voi olla suuriakin eroja ajettavuudessa, istuimissa tai muissa toiminnoissa (Lehtinen 2010).

Raitiovaunukuljettajien työ ja työliikkeet eroavat monelta osin muiden ammattikuljettajien ja myös raideliikenteen veturin- ja metronkuljettajien työstä mm. ohjaus- ja hallintalaitteiden erojen takia. Metsä- ja kaivinkoneiden ohjauslaitteet muistuttavat eniten raitiovaunukuljettajan ajokytkintä. Raitiovaunussa ajokytkintä käytetään vain vasemmalla kädellä. Ajokytkintä työnnetään eteenpäin virranannossa ja vedetään taakse vähennettäessä virranantoa. Vasen yläraaja tekee jatkuvaa toistoliikettä ojentuen vartalolinjan etupuolelle ja palautuen vartalolinjaan. Vasen hartialihaksisto tukee proksimaalisesti yläraajaa staattiseen otteeseen ajokytkimestä. Oikealla kädellä käytetään etupaneelin vipuja ja painikkeita. Ulottuminen edellyttää vartalon kallistumista ja yläraajan kurkottamista eteen. Raitiovaunukuljettajien työssä ei ole fyysisesti raskaita lastaus- tai purkutehtäviä (Haukka-Aromaa 2010). Näistä eroista huolimatta raitiovaunukuljettajien työssä voidaan olettaa olevan samankaltaisia kuormitustekijöitä ja terveysriskejä kuin kuljetusalalla yleensä. Niitä ovat melu, tärinä, staattiset työasennot, pitkä istuminen ahtaassa ohjaamossa, väkivallan uhka, ilmansaasteet sekä vähentyneet mahdollisuudet terveellisten elämäntapojen noudattamiseen ja ergonomisesti moitteettomiin työolosuhteisiin (EU-OSHA 2011).

Raitiovaunukuljettajan työssä on vähän dynaamista lihastyötä ja energiankulutus on lähellä lepotasoa. Fyysisesti työ on pääosin istumista, niska-hartiaseutua ja yläraajoja kuormittavaa staattista lihastyötä ja toistoliikkeitä, jotka voivat staattisuudessaan aiheuttaa liikuntaelinten raskastuntemuksia ja terveyden kannalta epäedullista kuormittumista (Tyke 2008).

Kemiallisista ja fysikaalisista kuormitustekijöistä raitiovaunukuljettajat altistuvat eniten tärinälle, melulle ja vedolle. Kuumuudelle altistuminen riippuu vuodenaikojen lämpöolosuhteiden vaihteluista. Nivelvaunu ei ole ilmastoitu, joten kesällä sisälämpötilaa ei voi laskea (TTL 2005). Psykkisiä kuormitustekijöitä ovat tiukassa aikataulussa pysyminen ja jalankulkijoiden käyttäytymisen ennakoimattomuus. Vakavien liikennetapaturmien riski ajettaessa kaupunkialueella on suuri erityisesti ruuhka-aikoina. Riski kasvaa, kun jarrutusmatkat pitenevät talviliukkailla ja syksyllä lehtien aiheuttaessa kiskojen liukkautta. Talvella sekä lumi että kiskojen ja vaihteiden jäätyminen ja vaunujen putoaminen kiskoilta vaikeuttavat ja hidastavat ajoa. Väkivallan uhka ilta- ja viikonloppuajossa sekä asiakkaiden häiriökäyttäytyminen ovat lisääntyneet huomattavasti viime aikoina (Tyke 2008, Rätty ym. 2009).

Raitiovaunua ajetaan muun kaupunkiliikenteen lomassa vaihtelevissa olosuhteissa. Kognitiivisia kuormitustekijöitä raitiovaunukuljettajan työssä ovat huomiokyvyn jakaminen liikenteen, teknisten ajo- ja viestintälaitteiden sekä asiakkaiden kesken. Jatkuva hyvän vireystason ylläpito on liikenneturvallisuuden kannalta välttämätöntä (Tyke 2008).

## **2.2 Hartialihasten kuormittuminen työssä**

### **2.2.1 Hartiaoireiden esiintyvyys ja riskitekijät**

Työterveyslaitoksen mukaan työstä aiheutuvia tai työssä pahentuvia liikuntaelinten rasitusoireita koettiin yleisimmin niska-hartiaseudussa (19 % työssä käyvistä). Pitkäaikaisia tai toistuvia niska-hartiavaivoja oli hieman yli 50 %:lla työssä käyvistä. Naisilla liikuntaelinten vaivat ja erityisesti hartiaoireet ovat tyypillisempiä kuin miehillä. (Perkiö-Mäkelä ym. 2010). Ammattikuljettajilla on kohonnut liikuntaelinoireriski kohdistuen erityisesti alaselkään. Paikallisliikenteen bussin-, metron- ja veturinkuljettajilla on raportoitu enemmän niskahartia- ja selkäoireita kuin muilla julkisen liikenteen työntekijöillä (Markowitz 2005). Israelilaisilla bussinkuljettajilla 12 kuukauden esiintyvyys niskaoireissa oli 21 % ja hartiaoireissa 14 % (Alperovitch-Najenson ym. 2010). Raitiovaunukuljettajista 70 %:lla on niska-hartiaseudun oireita (Tyke 2008). Paikallisliikenteen naiskuljettajilla selkä- ja niskaoireiden esiintyvyys on kaksinkertainen miehiin verrattuna (Krause ym. 1997).



Puutavara- ja säilöautonkuljettajista 40 %:lla on todettu ajonaikaisia jännitysoireita hartioissa (Kärmeniemi ym. 2004). Suomalaisista kunta-alan työntekijöistä palvelualoilla sairauspoissaoloja oli eniten liikenteen ja kiinteistöpalvelualan yrityksissä. Koneenhoitajilla ja kuljettajilla oli ammattiryhmänä kahdeksanneksi eniten sairauspoissaoloja eli keskimäärin 23 päivää vuodessa (Oksanen ym. 2010). Liikuntaelinten sairaudet olivat kuljettajien yleisin syy työkyvyttömyyseläkkeelle siirtymiseen (Kärmeniemi ym. 2009).

Liikuntaelinoireet ovat yhteydessä työvuosiin, viikottaiseen ajoaikaan, pitkittyneeseen istumiseen, tärinään, työn psykososiaalisiin vaatimuksiin ja raskaaseen ruumiilliseen työhön, lastaukseen ja lastin purkuun sekä huonoon ergonomiaan (Markowitz 2005). Ongelmat penkin säädettävyydessä lisäsivät paikallisliikenteen kuljettajien selkä- ja nisakoieriskia nelinkertaiseksi (Krause 1997). Pitkittynyt istuminen ja yläraajojen kannattelu sekä toistoliikkeet kulkuvälineen ohjauksessa ja hallinnassa kuormittavat staattisesti erityisesti niskahartiaseutua (Kärmeniemi ym. 2009).

Yleisten niska-hartia ja yläraajojen sairauksien ja oireiden taustalla arvioidaan olevan automaation, päätetyön sekä toistotyön lisääntyminen (Nevala ym. 2010). Näissä töissä yläraajojen toistoliikkeet ja kohoasennot sekä katseen suuntaaminen tarkasti kohteeseensa edellyttää hartiarenkkaan ja pään stabiloimista paikoilleen. Tämä vaatii hartiaseudun, erityisesti stabiloivien lihasten matalatasoista staattista lihassupistusta. Sillä tarkoitetaan voimantuottoa, joka on alle 5 % maksimaalisesta voimantuotosta. Palautuminen pitkäkestoisesta staattisesta matalatasoisesta lihassupistuksesta on hidasta, mikä saattaa johtaa liikuntaelinten kumulatiivisiin rasitusoireisiin. (Sjøkaard ja Jensen 2006).

Yläraajatuen on osoitettu vähentävän hartialihasktivaatiota näppäin- ja hiirityöskentelyssä, mikroskooppityössä ja pipetoinnissa (Aarås ym. 1997, Karlqvist ym. 1998, Sillanpää ym. 2003, Rempel ym. 2011). Sen arvellaan keventävän hartialihaskuormitusta myös metsäkoneenkuljettajan työssä (Asikainen 1992, Asikainen ja Harstela 2008). Tutkittaessa näyttöpäätetyössä hiiren sijainnin vaikutusta asentoon, hartialihasten kuormittumiseen ja koettuun rasitukseen todettiin, että yläraajan hartiatuki toteutuu helpommin, kun pöytätaaso on hieman kyynärpäätason yläpuolella. Epäkäslihaksen lihasaktivaatio oli alhaisempi pöydän ollessa 0,03 m kuin 0,03-0,09 m

kyynärpäätason yläpuolella (Karlqvist ym. 1998). Molemminpuoleinen yläraajatuki vähentää hartialihasten kuormittumista päätetyössä enemmän kuin toispuoleinen tuki, joka koetaan subjektiivisesti epämiellyttävänä ja se saattaa altistaa hartia- ja yläraajaoireisiin ohjatessaan epäsymmetriseen asentoon (Lintula ym. 2001). Hartian kohoasento lisää hartialihaskäyttöä hiirityössä silloinkin kun käytetään yläraajatukea. Lyhyillä ja kapeaharteisilla työntekijöillä hartialihakset kuormittuivat eniten kun hiiri oli sijoitettuna lateraalisesti näppäimistöä. Pitkät ja leveäharteiset pystyivät pienentämään yläraajan abduktiosta aiheutuvaa hartialihaskäyttöä tukemalla yläraajansa laajemmin pöytätasoon (Karlqvist ym. 1998).

Hartiaoireiden ja EMG-arvojen välisestä yhteydestä on ristiriitaista tietoa. Kohonnut hartialihasten EMG yhdessä harvojen alhaisen lihasaktiivisuuden jaksojen kanssa saattaa johtaa lihasperäisiin hartiaoireisiin. Kohonnut lihasaktiivisuus ei yksin selitä oireiden kehittymistä. Psykososiaalisilla tekijöillä, kuormituksen kestolla ja lihasten rentoutumiskyvyllä on merkitystä hartiaoireiden kehittymisessä. (Jensen 1993, Veiersted 1994, Vasseljen ja Westergaard 1995, Hägg ja Åström 1997, Westergaard ym. 2001, Wahlström ym. 2003).

Yksilöllisistä tekijöistä sukupuoli (nainen) vaikuttaa olevan johdonmukaisesti yhteydessä niskalihasten epämukavuustuntemuksiin päätetyössä (Punnett ja Bergqvist 1997, Korhonen ym. 2003). Syyksi on esitetty mm. naisten pienempiä mittasuhteita, jotka saattavat edellyttää sellaisia työasentoja tai suhteellisesti suurempaa voimankäyttöä, josta seuraa suurempi mekaaninen kuormittuminen verrattuna miehiin (Tittiranonda ym. 1999).

Sukupuolten välisistä eroista hartialihaskäytössä on ristiriitaista tietoa. Hiirityötä käsittävässä tutkimuksessa todettiin, että naisilla yläraajalihaskäyttö oli suurempaa kuin miehillä, kun taas miehillä hartialihaskuormittuminen oli suurempaa kuin naisilla. Lihaskäyttöön vaikutti hiiren sijainti. Hartialihaskuormittuminen oli vähemmän olkanivelen ollessa keskiasennossa kuin olkavarren ollessa lateraalisesti, ulko- tai sisäkierrossa. Kun koko kyynärvarsi oli tuettuna, hartialihasten EMG oli pienempi kuin vain ranne tuettuna. Silloin myös hartialihaskuormittuminen oli subjektiivisesti pienin. (Wahlström ym. 2000). Toisessa hiirityötä käsittelevässä tutkimuksessa hartialihasten EMG on todettu pienikokoisilla suuremmaksi kuin suurikokoisilla. Kaikki pienikokoiset tutkitut olivat

naisia ja suurikokoisista yksi oli nainen ja loput miehiä (Karlqvist ym. 1998). Päätettyä tekeviä toimistotyöntekijöitä käsittelevässä tutkimuksessa hartialihaskäytössä ei todettu eroja sukupuolten välillä (Nordander ym. 2000).

### **2.2.2 Hartialihasten kuormittuminen eri ammateissa**

Hartialihasten kuormittumista on tutkittu paljon eri tehtävissä ja ammateissa (Asikainen 1992, Harms-Ringdahl ym. 1996, Aarås ym. 1997, Sillanpää ym. 2003, Leinonen ym. 2005, Sjøgaard ja Jensen 2006). Sjøgaard ja Jensen (2006) ovat koonneet luettelon ammateista ja tehtävistä, joissa hartialihaksissa on todettu staattista kuormitusta EMG-arvojen perusteella. Hartialihaskuormituksen taso oli matalaa ja staattista näyttöpäätetyössä, konekirjoitustyössä, toimistotyössä, tietokoneavusteisessa suunnittelutyössä, suklaan tuotannossa sekä teollisessa tuotantotyössä. Kuormitustasot olivat korkeita ja lihastyö staattista teollisessa ompelutyössä, lattian puhdistuksessa, hammaslääkärin työssä, elektroniikan kokoonpanotyössä, lihan leikkauksessa, lentokoneiden kuormauksessa ja kirjeiden lajittelussa (Sjøgaard ja Jensen 2006). Raitiovaununkuljettajien hartialihasten kuormittumisesta ei ole aikaisempia tutkimuksia. Heidän työnsä kuormittavuutta ja terveysriskejä on tutkittu vähän verrattuna bussinkuljettajiin ja veturinkuljettajiin (Virtanen ja Björkman 1975, TTL 1977, Ollila ym. 1995, Markowitz 2005).

Metsäkoneen- ja traktorinkuljettajien hartialihasten kuormittumista on tutkittu kenttä- ja laboratorio-olosuhteissa (Asikainen 1992, Castren 1992, Asikainen ja Harstela 2008, Østensvik ym. 2009). Castren (1992) tutki hartialihasten aktiivisuutta EMG:n avulla puutavaran hakkuussa ja kuljetuksessa kolmella eri traktorilla kolmelta kuljettajalta. Keskimääräinen EMG-aktiivisuus hartialihaksissa oli alhaista ja epäsymmetristä ( $<10\mu\text{V}$ ) kaikilla kuljettajilla ja ajettaessa kaikkia traktoreita. Suhteellinen EMG-aktiivisuus oli vasemmalla puolella korkeampi kuin oikealla. Hallintavipujen pituus oli yhteydessä EMG-aktiivisuuteen. Oletettiin, että lihaskuormitukseen voitaisiin vaikuttaa, jos ohjaamot olisivat yksilöllisesti säädettäviä. Tärkeitä tekijöitä olivat mm. näkyvyys, jalkatilan suuruus, istuimen kääntyminen ja istuimen koko. Hallintalaitteiden mitoituksella, säätömahdollisuuksien lisäämisellä ja työtapaopastuksella arveltiin pystyttävän tasaamaan lihaskuormituksen puolieroja (Castren 1992).

Metsäkoneenkuljettajilla hartialihasten EMG-aktiivisuus oli matalaa ja lihastyö staattista metsäkonesimulaattorilla sekä metsätraktorilla ja harvesterilla tehdyissä tutkimuksissa. Lisäksi todettiin oikean hartian EMG-aktiivisuus korkeammaksi kuin vasemman. Syynä pidettiin ohjaustoimintojen painottumista oikealle kädelle. Minivipujen käytössä keskimääräinen hartialihasten EMG oli selvästi alhaisempi kuin tavanomaisia vipuja käytettäessä. Yläraajatuen arveltiin vaikuttavan vähäisempään hartiakuormitukseen (Asikainen 1992). Myös muissa metsäkoneen kuljettajia kohdistuvassa tutkimuksessa hallintavipujen ominaisuuksien ja yläraajatuen on todettu olevan yhteydessä hartialihastenkuormittumiseen EMG:n ja oireiden perusteella arvioituna (Asiakainen ja Harstela 2008, Østensvik ym. 2008, Østensvik ym. 2009).

Oireettomilta ja toistuvia alaselkäkipujaksoja kokevilta bussinkuljettajilta arvioitiin alaselän ja hartialihasten EMG aktiivisuutta pitkäaikaisen ajon aikana. Keskimääräinen hartialihasten EMG-aktiivisuus oli 2-4 % maksimaalisesta voimantuotosta. Hartialihasten kuormittuminen oli alhaisempaa alaselkävaikeuksista kärsivillä. Kuitenkin niskahartiakivut ja väsymys olivat voimakkaampia alaselkäoireisilla. Niskahartiaseudun väsymys lisääntyi ajon aikana molemmissa ryhmissä ja erityisesti kuljettajilla, joilla tärinä provosoi kipua. Alaselän tuella ei ollut vaikutusta hartialihasten EMG-aktiivisuuteen tai koettuun kuormittumiseen (Leinonen ym. 2005).

### **2.3 Hartialihasten kuormittumisen mittaaminen ja arviointi**

Työperäisten liikuntaelinvaivojen riskitekijät jaetaan kolmeen: fyysisiin, psykososiaalisiin ja yksilöllisiin tekijöihin. Fyysisiä riskitekijöitä ovat suuri voimankäyttö, staattiset asennot, toistotyö ja tärinä (Li ja Buckle 1999). Mekaanisesta kuormituksesta on vahvin näyttö riskitekijänä työperäisten liikuntaelinvaivojen synnyssä (Takala 2007). Ulkoiset ja sisäiset voimat vaikuttavat lihakseen aiheuttaen kuormittumista, mikä on mitattavissa elimistön fysiologisten vasteiden muutoksina tai subjektiivisina vaiva- ja rasituskokemuksina (Winkel ja Mathiassen 1994).

Fyysisen kuormituksen arviointi edellyttää mekaanisen kuormituksen kaikkien kolmen ulottuvuuden: voimantuottotason (amplitudi), keston (aika) ja toistuvuuden (frekvenssi) mittaamista (Winkel ja Mathiassen 1994). Saatavat tulokset voivat perustua subjektiivisiin arvioihin, systemaattiseen havainnointiin ja suoraan mittaamiseen.

Subjektiiivisen arvioinnin menetelmät ovat itsearviointi ja asiantuntija-arviot. Systemaattisen arvioinnin menetelmät ovat havainnointi työpaikalla ja videonauhoitusten tarkastelu jälkeenpäin. Suorat mittaukset voidaan toteuttaa työpaikalla tai työsimulaatioina laboratorio-olosuhteissa. (van der Beek ja Frings-Dresen 1998). Menetelmät voidaan jakaa myös subjektiivisiin ja objektiivisiin. Subjektiiiviset mittarit ovat standardoidut tai ei-standardoidut asiantuntija-arviot ja työntekijöiden itsearviot. Objektiiviset menetelmät ovat suoria mittauksia kuten numeerista tietoa tuottavat EMG-mittari ja sykemittari (Tulppo ja Mäkitalo 1993). Kuormituksen mittaus- ja arviointimenetelmät valitaan käyttötarkoituksen ja käytössä olevien resurssien perusteella (Van der Beek ja Frings-Dresen 1998, Takala ym. 2010).

Liikuntaelinten terveydelle haitallisia kuormitustasojen raja-arvoja on ongelmallista määrittää, koska myös yksilölliset ja olosuhdetekijät vaikuttavat kuormittumiseen. Lisäksi monisyinen etiologia ja toisistaan eroavat mittausmenetelmät vaikeuttavat haitallisen kuormituksen määrittämistä (Takala 2007).

### **2.3.1 Kysely, haastattelu ja havainnointi**

Subjektiiivisen arvioinnin menetelmät ovat itsearviointi ja asiantuntija-arviot ammattinimikkeiden perusteella tai tarkastuslistojen käyttö työpaikalla. Itsearviointia tehdään kyselyillä, päiväkirjan avulla tai haastattelemalla. Tietoa työolosuhteista ja -menetelmistä saadaan koottua useilta henkilöiltä suhteellisen edullisesti, mutta arviot ulkoisista kuormitustekijöistä jäävät epätarkoiksi. Niitä on syytä täydentää suorilla mittausmenetelmillä. Itsearviointi ei ole validi menetelmä kuormituksen keston, työasentojen tai liikkeiden arviointiin (van der Beek ja Frings-Dresen 1998). Kuljettajien liikuntaelinten kuormittumista käsittelevissä tutkimuksissa on käytetty usein kyselyä (Chen ym. 2005, Robb ja Mansfield 2007, Østensvik 2008) ja harvemmin haastattelua (Okunribido ym. 2008). Kyselyissä Visual Analogic Scale (VAS) janaa voidaan käyttää kuormittumisen oirekokemusten mittaamiseen (Leinonen 2005).

Systemaattisen arvioinnin menetelmät toteutetaan havainnointina työpaikalla tai jälkeenpäin videonauhoilta (van der Beek ja Frings-Dresen 1998). Useita systemaattisia havainnointimenetelmiä on kehitetty. Ne keskittyvät tyypillisesti työasentojen keston tai toistuvuuden sekä työtoimintojen arviointiin (Li ja Buckle 1999). Työpaikalla

tapahtuvalla havainnoinnilla saadaan parhaiten tietoa työskentelystä, vartalon taakse ja eteen taipuneista työasunnoista ja niiden kestosta. Ranteiden, käsien ja vartalon kiertyneiden asentojen arviointi luotettavasti on vaikeampaa (Takala ym. 2010). Huomion kiinnittäminen työpaikalla useaan asiaan samanaikaisesti asettaa rajoituksia arvioinnille. Videonauhalla pystytään parhaiten arvioimaan työasennon eri muuttujia kuten asennon kuormitustasoa, kestoja ja toistuvuutta, koska tarvittaessa videonauha voidaan pysäyttää ja katsoa useita kertoja uudelleen kuva kuvalta (van der Beek ja Frings-Dresen 1998). Liikkeiden videohavainnointiin perustuva arviointi on todettu erittäin vertailukelpoiseksi, tarkaksi ja toistettavaksi menetelmäksi suhteessa suoriin menetelmiin (Leinonen ja Ma 1996).

### **2.3.2 Elektromyografia**

Mekaaniseen lihastoimintaan liittyy sähköisiä ilmiöitä lihassolukalvolla. Sähköiset ilmiöt liittyvät keskushermoston tuottamaan aktiopotentiaaliin, joka etenee motoneuronin haarakkeita pitkin lihassoluun. Lihassolukalvo depolarisoituu ja repolarisoituu kalium- ja natriumionien siirtyessä vastavuoroisesti lihassolukalvon läpi. Aktiopotentiaalin vaikutuksesta lihassolukalvon jännitetasapaino lihassolukalvon eri puolilla muuttuu. EMG:llä tarkoitetaan depolarisaation aiheuttamien aktiopotentiaalien mittausta (DeLuca 1978, Nieminen ym. 1990, Lamb ja Hobart 1992).

EMG on käyttökelpoinen ja tarkka menetelmä lihaksiin kohdistuvien ulkoisten ja sisäisten voimien mittaamiseen. Sen avulla on mahdollista määrittää mekaanisen kuormituksen kolme pääulottuvuutta: kuormituksen määrä, kesto ja toistuvuus (van der Beek ja Frings-Dresen 1998).

Ergonomiassa EMG:tä voidaan käyttää työn kuormittavuuden arvioinnissa muiden mittaus- ja analyysimenetelmien ohella. Yleensä EMG-mittausta edeltää asiantuntijan havainnointi tarkempaa kuormitusarviota vaativasta työstä tai työvaiheesta. EMG:n avulla voidaan arvioida keskimääräistä lihaskuormitusta, staattista lihaskuormitusta, huippukuormitusta ja kehon kuormittumisen puolieroja sekä lihaksen väsymistä staattisessa työssä. EMG-mittausta voidaan käyttää apuna työpisteiden mitoituksessa, tuotteiden ergonomian ja käytettävyyden testaamisessa. Sillä voidaan osoittaa kehittämistä vaativa työtehtävä tai työmenetelmä ja todentaa työtehtävään tai

työmenetelmään tehdyn muutoksen vaikutus. Sitä käytetään myös työn organisoinnissa kuten työnkierron suunnittelussa ja määrittämään tarkoituksenmukaista työn tauotusta. Lisäksi sen avulla voidaan arvioida ja opettaa työtekniikoita sekä tehostaa työntekijöiden ergonomiatietoisuutta (Rauas ja Ketola 1997, Sillanpää 2007).

Mittaamalla EMG:llä lihaksen sähköistä aktiivisuutta, voidaan välillisesti arvioida lihaksen tuottamaa voimaa ja lihaksen kuormittumista. Mittaustuloksena saadaan mm. kulloiseenkin voimantuottotasoon suhteessa olevia keskimääräisiä jännitearvoja. EMG-signaalien ja voimantuottotasojen välinen yhteys on koejärjestelyistä ja mittaustilanteesta riippuen lineaarinen tai käyräviivainen. Amplitudin voimakas korrelaatio lihassupistuksen voiman kanssa on osoitettu kiistattomasti. EMG-signaalin RMS-amplitudin on todettu kuvastavan parhaiten voimantuottotasoja. Kun voimantuotto on vähäinen, on suhde jokseenkin lineaarinen. Eri liikenopeus, lihastyötapa ja lihaksen pituus antavat samalla voimatasolla eri EMG-arvoja. Voimantuottotasoa kuvaa amplitudin korkeus ( $\mu\text{V}$ - $\text{mV}$ ). Jännitearvojen kohoaminen ajan funktiona voi myös indikoida lihaksen väsymistä. Lihaksen väsymistä voidaan arvioida paremmin taajuussisällöstä (Hz) tai EMG-gap analyyseillä. EMG-gap tarkoittaa ajanjaksoa, jolloin lihasaktivaatiota ei esiinny tai se on erittäin vähäistä (Remes ym. 1984, Marras 1992, Nieminen 1994).

Aktiopotentialin synnyttämää jännitettä voidaan mitata joko neulaelektrodeilla yksittäisistä lihaksista tai pintaelektrodeilla ihon pinnalta suurelta alueelta. Pinta-EMG mittaa vain lähellä ihon pintaa sijaitsevien lihasten sähköistä aktiivisuutta ja parhaiten vain lähellä elektrodia olevia aktiivisia motorisia yksiköitä (Nieminen ym. 1990).

EMG-mittalaitteet ja analyysiohjelmat ovat kehittyneet paljon viime vuosina. Tekstiilelektrodit ovat uusi pintaelektrodi-innovaatio. Tässä tutkimuksessa käytettävää pitkähihaista MyOnWear anturipaitaa ([www.myontec.com](http://www.myontec.com)) ei ole aikaisemmin käytetty tutkimusprojektissa kenttäolosuhteissa. Pintaelektrodit on sulautettu joustavaa materiaalia olevaan paitaan. Tekstiilelektrodishortsit on kenttäolosuhteissa todettu helppokäyttöisiksi verrattuna perinteisiin pintaelektrodeihin ja menetelmänä validiksi keskiarvoistetun tasasuunnatun EMG-arvojen mittaamiseen. Ne sopivat paremmin rekisteröintiin kuin perinteiset pintaelektrodit, koska ne pysyvät paikallaan liikkeestä ja hikoamisesta huolimatta (Lintu ym. 2005, Finni ym. 2007).

Monet eri tekijät vaikuttavat EMG-mittaustuloksiin. Aktiivisten lihassäikeiden ja mittauskohdan välillä oleva kudosis heikentää EMG-signaalia. Mitä paksumpi rasvakudos on, sen heikompi on signaali. Kudosisvaikutusten takia EMG-signaalin taajuus jää alle 500 Hz. Ihon pinnalta mitatun signaalin amplitudi vaihtelee 50  $\mu\text{V}$  – 5 mV välillä. Mittauskohdan alueella muiden lihasten, muiden elinten EMG-signaalit ja kudosisen lämpötila vaikuttavat myös mittaustuloksiin. Lisäksi EMG-amplitudiin vaikuttaa ihon ja elektrodien vastus. Elektrodien liikkuminen iholla ja kaapelien liike saattaa aiheuttaa häiriötä mittaustuloksiin. Elektrodien sijoittelussa ja kiinnityksessä sekä ihon käsittelyssä on siksi oltava erittäin huolellinen. Eri lihasten EMG:n mittaamiseksi on määritetty elektrodien standardoidut sijoittelukohteet (Zipp 1982, Gerleman ja Cook 1992, Le Veau ja Andersson 1992, Nieminen 1994). Vastaavaan sijoittelutarkkuuteen ei ole tarvetta käytettäessä tekstiiliektrodeja ja mitattaessa lihasryhmien EMG-arvoja. Ulkoisen sähkömagneettikentän vaikutus mittaussiiriin voi myös aiheuttaa häiriötä mittaustuloksiin (Nieminen 1994).

EMG-signaalien amplitudiarvot on normalisoitava häiriötekijöiden vaikutusten vähentämiseksi ja jotta mittaustulosten vertaileminen on mahdollista eri henkilöiden, saman henkilön vasemman ja oikean puolen, tehtävien tai mittauskertojen välillä. Normalisointimenetelmiä on useita (Nieminen 1994). Yleensä EMG-arvot suhteutetaan maksimaalisen lihassupistuksen (MVC, maximum voluntary contraction) EMG-arvoihin (MVE, electrical activity during a maximum voluntary contraction) tai submaksimaaliseen lihassupistukseen (RVC, reference voluntary contraction) EMG-arvoihin (RVE, electrical activity during a reference voluntary contraction) ja ilmaistaan prosenttilukuna maksimaalisen (%MVE) tai submaksimaalisen (%RVE) lihassupistuksen sähköisestä aktiivisuudesta. Epäkäslihaksen normalisointimenetelmiä on tutkittu muita lihaksia enemmän ja eri menetelmiä suositellaan eri tilanteisiin (Winkel ja Mathiassen 1994, Mathiassen 1995, Sillanpää 2007).

EMG-arvojen suhteuttaminen submaksimaalisiin lihassupistusarvoihin (%RVE) on luotettavampaa kuin maksimaalisiin lihassupistusarvoihin (%MVE) suhteuttaminen (Bao ym. 1994). %MVE:n käyttö helpottaa kuitenkin lihaskuormituksen käytännön merkityksen arviointia verrattaessa tuloksia Johnssonin on vuonna 1982 määrittämiin 10, 50 ja 90 prosenttiin; staattisen (2 -5 %MVE), mediaani- (10-14 %MVE) ja



huippukuormitustason (50-70 %MVE) raja-arvoihin (Sillanpää 2007). Jakauman muoto kuvaa kuormittumisen tyyppiä (Nieminen 1994).

### 3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA VIITEKEHYS

#### 3.1 Tavoite

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida raitiovaunukuljettajien hartialihasuryhmien kuormittumista työvuoron aikana EMG-mittauksella.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Kuinka paljon raitiovaunukuljettajien hartioiden lihasryhmät kuormittuvat keskimäärin työvuoron aikana?
2. Eroaako hartialihasuryhmien kuormittuminen kehon oikean ja vasemman puolen välillä?
3. Eroaako hartialihasuryhmien kuormittuminen nais- ja mieskuljettajien välillä?
4. Eroaako hartialihasuryhmien välinen kuormittuminen ajettaessa matalalattia- ja nivelvaunua?

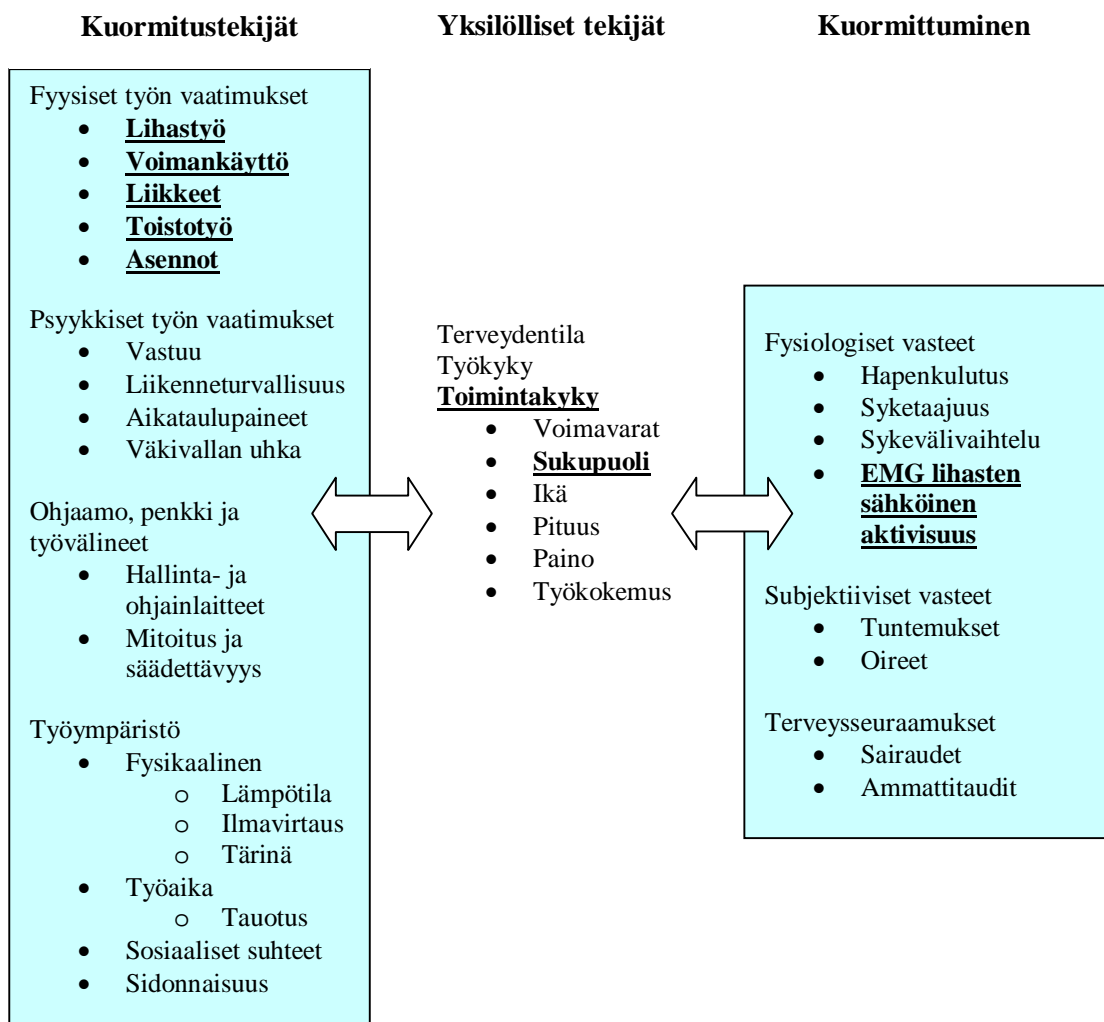
#### 3.2 Viitekehys

Ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen tarkasteleminen työssä on keskeistä silloin, kun tavoitteena on kehittää ihmisen hyvinvointia ja toimintajärjestelmän tuottavuutta ja tehokkuutta. Tämän vuorovaikutuksen tarkastelu ja kehittäminen kuuluvat ergonomia-alaan (IEA 2000). Tarkastelun teoreettisena mallina on useissa tutkimuksissa käytetty kuorma-kuormittuminen -mallia. Malli jakautuu ihmisen ulkopuolisiin työn kuormitustekijöihin, työntekijän yksilöllisiin ominaisuuksiin ja työntekijän yksilöllistä kuormittumista sekä kuormittuneisuutta kuvastaviin vasteisiin (Tuomi ym. 1985, Nuikka 2002, Vehmasvaara 2004).

Kuormitustekijät jaetaan fyysisiin (mekaaniset voimat, työasennot, kesto ja toistuvuus) ja psyykkisiin työn vaatimuksiin, työvälineisiin sekä työympäristöön (fysikaaliset, kemialliset, työaika, sosiaaliset, turvallisuus) liittyviin tekijöihin. Kuormitustekijöiden vaikutus ilmenee työntekijän fyysisenä ja/tai psyykkisenä kuormittumisena. Työntekijän yksilölliset ominaisuudet (terveydentila, työkyky, toimintakyky, voimavarat, ikä, sukupuoli, antropometria) säätelevät työn kuormitustekijöiden vaikutusta ihmisessä. Työntekijän kuormittumisen ilmenemismuotoja ovat muutokset subjektiivisissa

tuntemuksissa, fysiologisissa vasteissa sekä käyttäytymisessä. Lyhytaikaisen kuormituksen seurauksena ne ovat usein ohimeneviä ja haitattomia. Lyhytaikainen kuormitus voi olla oikein annosteltuna ja jaksotettuna hyödyllistä ja harjoittavaa. Hetkellisestä ylikuormituksesta voi seurata kudosten fysiologisen kestokyvyn ylittyminen ja kudoksen vaurioituminen. Pitkään jatkuessaan kuormitus, joko määrällinen tai laadullinen yli- tai alikuormitus, voi aiheuttaa pysyviä muutoksia, työperäisiä sairauksia ja työkyvyttömyyttä (Tuomi ym. 1985, Lindström ym. 2006).

Tämän tutkimuksen teoreettisena viitekehyksenä on kuorma-kuormittuminen -malli (Tuomi ym. 1985), joka on mukailtu raitiovaununkuljettajan työhön (kuva 1).



Kuva 1. Kuorma-kuormittuminen -malli mukailtuna raitiovaununkuljettajan työhön (Tuomi ym. 1985).

## 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 4.1 Tutkitut

Tutkittavat olivat 20 vapaaehtoista Helsingin kaupungin liikennelaitoksen (HKL) raitiovaunukuljettajaa, 10 naista ja 10 miestä tutkimuskysymysten yksi, kaksi ja kolme osalta (taulukko 1). Tutkittavien keski-ikä oli 45 (28 - 60) vuotta, ja työkokemusta oli keskimäärin 15 (2 - 38) vuotta. Tutkittavien keskipituus oli 174 (159 - 192) cm ja keskipaino 75 (55 - 115) kg. Painoindeksi oli keskimäärin 25 (20 - 31). Naistutkittavien keski-ikä oli 49 (28 - 60) vuotta, ja työkokemusta oli 16 (2 - 38) vuotta. Keskipituus oli 167 (159 - 170) cm ja keskipaino 71 kg (60 - 88) kg. Miestutkittavien keski-ikä oli 42 (30 - 59) vuotta, ja työkokemusta oli keskimäärin 11 (2 - 23) vuotta. Keskipituus oli 180 (167 - 192) cm ja keskipaino 79 (55 - 115) kg.

Tutkittavat kokivat terveydentilansa ikäisiinsä verrattuna keskimäärin melko tai erittäin hyväksi. Tutkittavista 75 % oli edellisen kuukauden aikana kokenut hartiaoireita. Päivittäin oireita koki 40 % tutkituista. Naisista 70 %:lla oli niskakipuja kahdesti viikossa tai useammin, miehistä vastaavasti 40 %:lla. Päivittäin hartiaoireita koki 60 % naisista ja 20 % miehistä. Tutkittavilla oli ollut sairaudesta johtuvia poissaoloja työstä edellisen vuoden aikana keskimäärin 14 (0 - 60) päivää. Tupakoijia tutkittavista oli kaksi viidestä (40 %).

Neljännän tutkimuskysymyksen osalta tutkittavina oli neljä naista ja neljä miestä, jotka kuljettivat sekä nivel- että matalalattiavaunua samassa työvuorossa. Näiden tutkittavien keski-ikä oli 38 (28 - 49) vuotta. Työkokemusta oli keskimäärin 11 (2 - 22) vuotta. Keskipituus oli 174 (167 - 186) cm ja keskipaino oli 72 (55 - 100) kg. Viimeisen kuukauden aikana niskaoireita kaksi kertaa viikossa tai useammin oli ollut 75 %:lla ja päivittäisiä hartiaoireita 50 %:lla.

TAULUKKO 1. Tutkittavien (N=20) taustatiedot. Tunnuslukuina keskiarvo, keskihajonta, ja pienin (min) ja suurin (maks) arvo.

Muuttuja	Keskiarvo (keskihajonta, vaihteluväli)
Ikä (v)	45 (10, 28 - 60)
Pituus (cm)	174 (9, 159 - 192)
Paino (kg)	75 (15, 55 - 115)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24,7 (4, 19,7 - 31,2 )
Työkokemus (v)	15 (10, 2 - 38)
Terveydentila samanikäisiin verrattuna (asteikolla 1 - 5)	3,9 (1, 3 - 5)
Koettu työkyky (asteikolla 0 - 10)	8,5 (1, 5 - 10)

## 4.2 Menetelmät

Tämä tutkimus oli poikkileikkausasetelmalla tehty määrällinen kenttätutkimus. Lihasten kuormittumista tutkittiin raitiovaunukuljetuksessa satunnaisesti valitun vapaapäivän jälkeisessä työvuorossa kymmenen lihasryhmän EMG-mittauksella hartioista ja yläraajoista symmetrisesti kehon oikealta ja vasemmalta puolelta. Tämä tutkimus koskee vain hartialihasyhmien EMG-signaalin ja hartialihasten kuormittumisen arviointia. Kuljetetut raitiovaunut olivat nivelvaunuja ja/tai matalalattiivaunuja.

Tuloksiin otetut 20 mittausta tehtiin kesä-heinäkuussa 2009 (kolme mittausta), syysmarraskuussa 2009 (13 mittausta) ja tammikuussa 2010 (neljä mittausta). Kaikkiaan mittauksia tehtiin 21, joista ensimmäinen oli ns. nollamittaus, jossa testattiin käytäntöjen ja menetelmien toimivuutta kenttäolosuhteissa. Mittauksessa kymmenen tutkituista kuljetti vain nivelvaunua, kaksi tutkituista vain matalalattiivaunua ja kahdeksan sekä nivel- että matalalattiivaunua. Puolet mitatuista työvuoroista oli aamuvuoroja aikavälillä 5 - 15, jotka alkoivat klo 5 - 9 ja puolet iltavuoroja aikavälillä 12 - 01, jotka alkoivat klo 13 - 15. Helsingin kaupungin liikenteenvalvontakeskuksesta saatiin kunkin tutkittavan kuljettajan tarkasteltavaa työvuoroa koskevat lokitiedot. Niistä saatiin työvuoron alkamis- ja loppumisaika, taukoajat sekä ajatut linjat ja raitiovaunutyypit. Yhtäjaksoinen raitiovaunun ajoaika vaihteli 48 minuutista 3 tuntiin 45 minuuttiin. Työvuoron aikaisten mittausten kesto oli 473 - 597 minuuttia. Mitattujen työvuorojen aikana ei sattunut tavanomaisista työvuoroista poikkeavia tilanteita.

Lihasuryhmien EMG-signaalin rekisteröintiin käytettiin MyOnWear anturipaitaan (www.myontec.com) sulautettuja tekstiilelektrodeja ja Biomonitor ME6000-laitetta (www.megaemg.com). Lihasten sähköinen aktivaatio rekisteröitiin amplitudina ( $\mu\text{V}$ ). Anturipaidat olivat kokoa S ja M. ME6000-laite sijoitettiin juomapullotelineeseen tutkittavan vyötärölle oikealle puolelle siten, ettei kaapeleiden ja johtojen liikkeistä aiheutuisi häiriötä mittaussignaaliin tai laite ei häiritsisi työskentelyä ja työliikkeitä.

Ennen mittauspäivää tutkitut olivat saaneet täytettäväkseen taustatietoja kartoittavan lomakkeen. Ennen työvuoron alkua ja varsinaisen rekisteröinnin aloittamista tarkistettiin laitteiden toimivuus ja suoritettiin testiliikkeet EMG-referenssisignaalien tuottamiseksi. Tutkittavia ohjeistettiin toimimaan työvuoron aikana tavanomaisesti muuttamatta työskentelytapojaan. Käytännön mittaukset toteutti professori Veikko Louhevaara Itä-Suomen yliopistosta.

EMG-referenssisignaalien tuottamiseksi käytettiin submaksimaalista koetta. Koe suoritettiin istuen 1 kg:n käsipainot käsissä. Alkuasennossa olkavarret olivat lähellä kylkiä ja kyynärpäät 90 asteen kulmassa. Testiliikkeenä suoritettiin molempien yläraajojen yhtäaikaainen ojennus ja loitonnuks sivulle hartiatasoon ja palautus alkuasentoon. Liike toistettiin kolme kertaa. Liikkeiden välissä pidettiin 30 sekunnin tauko. Kolmesta testisuorituksesta valittiin referenssisignaali teknisesti puhtain ja moitteettomin, josta laskettiin lihasaktivaatiota kuvaavan EMG-amplitudin keskiarvo.

### **4.3 Tulosten analysointi**

EMG-signaalia kertyi 183 tuntia, josta analyysiin arvottiin kutakin työtuntia kohden yksi 15 minuutin aikaikkuna. Analyysi käsitti 20 % (36 tuntia) mitatusta kokonaistyöajasta. EMG-signaalin raaka-aineisto tarkastettiin silmämääräisesti ja suodatettiin Root Mean Square eli RMS-kuvaajaksi (De Luca 1978, Nieminen ym. 1990, LeVeau ja Anderson 1992). Kunkin tutkittavan RMS-kuvaajaan merkittiin liikenteenvalvontakeskuksesta saatujen lokitietojen perusteella ajon alkamis- ja loppumisajankohdat sekä lakisääteiset taukoajat, joita ei sisällytetty analyysiin. Reittien päätepysäkeillä vietetty odotusaika sisällytettiin käytettyyn aineistoon.

Aikaikkunoiden EMG-amplitudin keskiarvo laskettiin MegaWin-ohjelmalla (www.megaemg.com) kultakin tutkittavalta. Aineisto analysoitiin SPSS 14.0 ohjelmalla. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen osalta jatkuvat muuttajat esitettiin EMG-amplitudin (EMG) absoluuttisina keskiarvoina (cuV) ja submaksimaaliseen referenssisupistukseen suhteutettuina (RVE) keskiarvoina (%RVE), keskihajontoina, pienimpinä ja suurimpina arvoina. Tutkimuskysymysten kaksi, kolme ja neljä osalta jatkuvat muuttajat esitettiin EMG-amplitudin referenssisupistukseen suhteutettuina (RVE) keskiarvoina (%RVE), keskihajontoina, pienimpinä ja suurimpina arvoina. Tutkittavien pienen määrän takia tutkimuskysymysten jatkuvien muuttajien eroja testattiin parametrittömillä testeillä, Mann-Whitneyn U-testillä (tutkimuskysymys kolme) ja Wilcoxonin merkkitestillä (tutkimuskysymykset kaksi ja neljä, naisten ja miesten sekä nivel- ja matalalattiavaunukuljetuksessa hartialihasurymien symmetrisyys). Tulos katsottiin tilastollisesti merkitseväksi, kun  $p < 0,05$ .

#### **4.4 Eettiset näkökohdat**

Helsingin kaupungin työterveyskeskuksen johtaja Tiina Pohjolalle ja Helsingin kaupungin liikennelaitoksen ja henkilöstön edustajille (HKL) oli ennen tutkimusta esitetty Raitiovaunukuljettajien työn kuormittavuus ja riskit hallintaan (RAKUHA) – tutkimus- ja kehittämishankkeen hankesuunnitelma. Tutkimuslupa dokumentoitiin kirjallisesti Helsingin kaupungin Työterveyskeskuksen tieteellisen tutkimuksen rekisteriselosteena (liite 1). Tutkittavaksi ilmoittautuneille vapaaehtoisille annettiin tutustuttavaksi kirjallinen tiedote hankkeesta, jonka jälkeen heiltä pyydettiin kirjallinen suostumus hankkeeseen osallistumisesta. Heillä oli mahdollisuus keskeyttää tutkimus milloin tahansa niin halutessaan. Tutkimus toteutettiin Helsingin kaupungin työterveyskeskuksen eettisten periaatteiden mukaisesti ja noudatettiin tietosuojalain vaatimuksia tietojen käsittelystä ja säilytyksestä.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Hartialihhasryhmien kuormittuminen

Nivel- ja matalalattiavaunuilla ajettaessa vasemman hartialihhasryhmän keskimääräinen EMG-amplitudi oli 51  $\mu\text{V}$  ja oikean 56  $\mu\text{V}$ . Hartialihhasryhmien EMG-arvo oli vasemmalla 17 % submaksimaalisesta testisupistuksesta (RVE) ja oikealla 16 % RVE. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (taulukko 2).

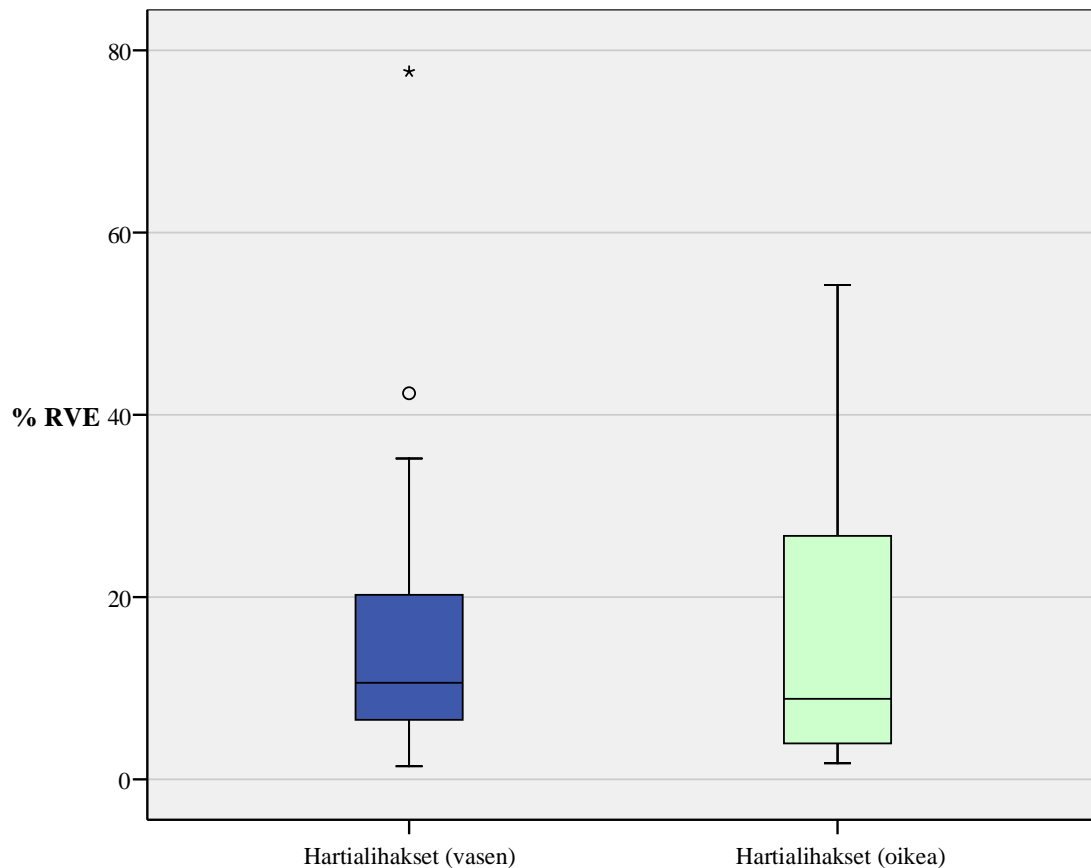
TAULUKKO 2. Vasemman ja oikean hartialihhasryhmän EMG-amplitudi (EMG) raitiovaunukuljetuksessa absoluuttisina arvoina ( $\mu\text{V}$ ) ja suhteutettuna submaksimaalisen referenssisupistuksen (RVE) arvoihin (%RVE) (ka = keskiarvo, kh = keskihajonta sekä pienin (min) ja suurin (maks) arvo.

Muuttuja	Hartialihakset, vasen (n=20)	Hartialihakset, oikea (n=20)
	ka (kh, min – maks)	ka (kh, min – maks)
EMG ( $\mu\text{V}$ )	51 (49, 5 – 233)	56 (49, 10 – 224)
EMG (%RVE)	17 <sup>a</sup> (18, 1 – 78)	16 <sup>a</sup> (16, 2 – 54)

<sup>a</sup> Vasemman ja oikean hartialihhasryhmän välinen tilastollinen ero:  $p=0,296$  (NS).

Keskimääräinen hartialihasten kuormittumisen vaihtelu oli molemmissa hartialihhasryhmissä suurta. Hartialihaksissa vasemmalla pienimmät keskimääräisen %RVE-arvot olivat 1 %RVE ja suurimmat 78 %RVE. Oikealla vastaavat %RVE arvot olivat 2 %RVE ja 54 %RVE. Oikean ja vasemman hartialihhasryhmän keskimääräisen kuormittumisen jakautuma tutkituilla on kuvassa 2, jossa palkin poikkiviiva kuvaa mediaania. 50 % tapauksista sijoittuu palkin sisään ylä- (Q3) ja alakvartiiliin (Q1), palkin reunojen väliin ja valtaosa tapauksista janojen väliin (korkeintaan  $1,5 \times (Q3-Q1)$ ). Ääritapauksen etäisyys esitetään asteriksilla ja on yli  $3 \times (Q3-Q1)$  (Karjalainen 2004).





Kuva 2. Vasemman (n=20) ja oikean (n=20) hartialihasyhmän %RVE -keskiarvon (%RVE = EMG-amplitudi suhteutettuna referenssisupistuksen arvoon) jakautuma, mediaani, ala- (Q1) ja yläkvartiili (Q3), pienin ja suurin arvo työvuoron aikaisessa raitiovaunukuljetuksessa.

## 5.2 Hartialihasyhmien kuormittuminen naisilla ja miehillä

Naistutkittavien vasemman hartialihasyhmän keskimääräinen EMG-amplitudi suhteutettuna testisupistuksen arvoon oli 14 %RVE ja miesten 20 %RVE. Oikean hartian lihasryhmän vastaavat arvot olivat naisilla 22 % ja miehillä 11 %RVE. Erot sukupuolten välillä vasemman (8 %RVE) ja oikean (9 %RVE) hartialihasyhmän keskimääräisissä %RVE-arvoissa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 3).

Naisten oikean hartialihasyhmän keskimääräinen EMG-amplitudi suhteutettuna referenssisupistuksen arvoon oli 6 %RVE korkeampi kuin vasemman hartialiharyhmän (p=0,013). Miehillä puolestaan vasemman hartialihasyhmän referenssisupistuksen

arvoon suhteutettu EMG-amplitudi oli 11 %RVE korkeampi kuin oikean. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (taulukko 3).

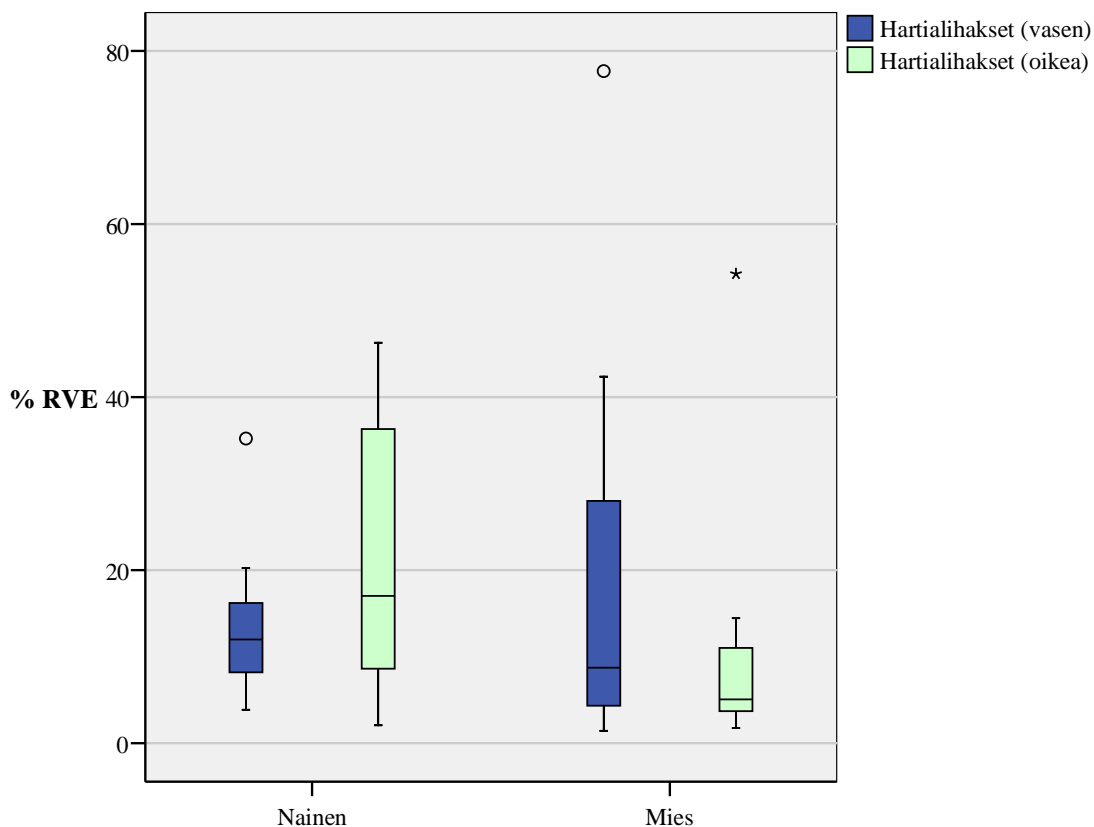
TAULUKKO 3. Vasemman ja oikean hartialihasuryhmän keskimääräiset EMG-amplitudit (EMG) submaksimaalisen referenssisupistuksen arvoihin (RVE) suhteutettuna %RVE-arvoina naisilla ja miehillä raitiovaunukuljetuksessa (ka = keskiarvo, kh = keskihajonta sekä pienin (min) ja suurin (maks) arvo).

Muuttuja	Naiset (n=10)	Miehet (n=10)	p-arvo
	ka (kh, min – maks)	ka (kh, min – maks)	
EMG, hartialihakset, vasen (%RVE)	14 <sup>a</sup> (9, 4 – 35)	22 <sup>b</sup> (24, 1 – 78)	0,852 (NS)
EMG, hartialihakset, oikea (%RVE)	20 <sup>a</sup> (16, 2 – 46)	11 <sup>b</sup> (16, 2 – 54)	0,052 (NS)

<sup>a</sup> Vasemman ja oikean hartialihasuryhmän välinen tilastollinen ero naisilla:  $p=0,013^*$ .

<sup>b</sup> Vasemman ja oikean hartialihasuryhmän välinen tilastollinen ero miehillä:  $p= 0,508$  (NS).

Yksilöiden välinen molempien hartialihasuryhmien keskimääräisen kuormittumisen vaihtelu oli naisilla ja miehillä suurta. Naisilla %RVE-keskiarvojen vaihtelu oli hartialihaksissa oikealla (2 - 46 %RVE) suurempaa kuin vasemmalla (4 - 35 %RVE). Miehillä vastaavasti vaihtelu oli suurempaa vasemmalla (1 - 78 %RVE) kuin oikealla (2 - 54 %RVE) (kuva 4).



Kuva 4. Vasemman ja oikean hartialihasyhmän %RVE-keskiarvon (%RVE = EMG-amplitudi suhteutettuna referenssisupistuksen arvoon) jakautuma, mediaani, ala- (Q1) ja yläkvartiili (Q3), pienin ja suurin arvo naisilla (n=10) ja miehillä (n=10) työvuoron aikaisessa raitiovaunukuljetuksessa.

#### 5.4 Hartialihasyhmien kuormittuminen nivel- ja matalalattiavaunukuljetuksessa

Vasemman hartialihasyhmän EMG-amplitudi oli nivelvaunun kuljetuksessa 23 %RVE ja matalalattiavaunun kuljetuksessa 20 %RVE. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Molempien vaunujen kuljetuksessa oikean hartialihasyhmän EMG-amplitudi oli samansuuruinen (16 %RVE) (taulukko 4).

Nivelvaunukuljetuksessa vasemman hartialihasyhmän EMG-amplitudi oli 7 %RVE suurempi kuin oikean hartialihasyhmän. Myös matalalattiavaunukuljetuksessa vasemman hartialihasyhmän EMG-amplitudi oli 4 %RVE suurempi kuin oikean hartialihasyhmän (taulukko 4). Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

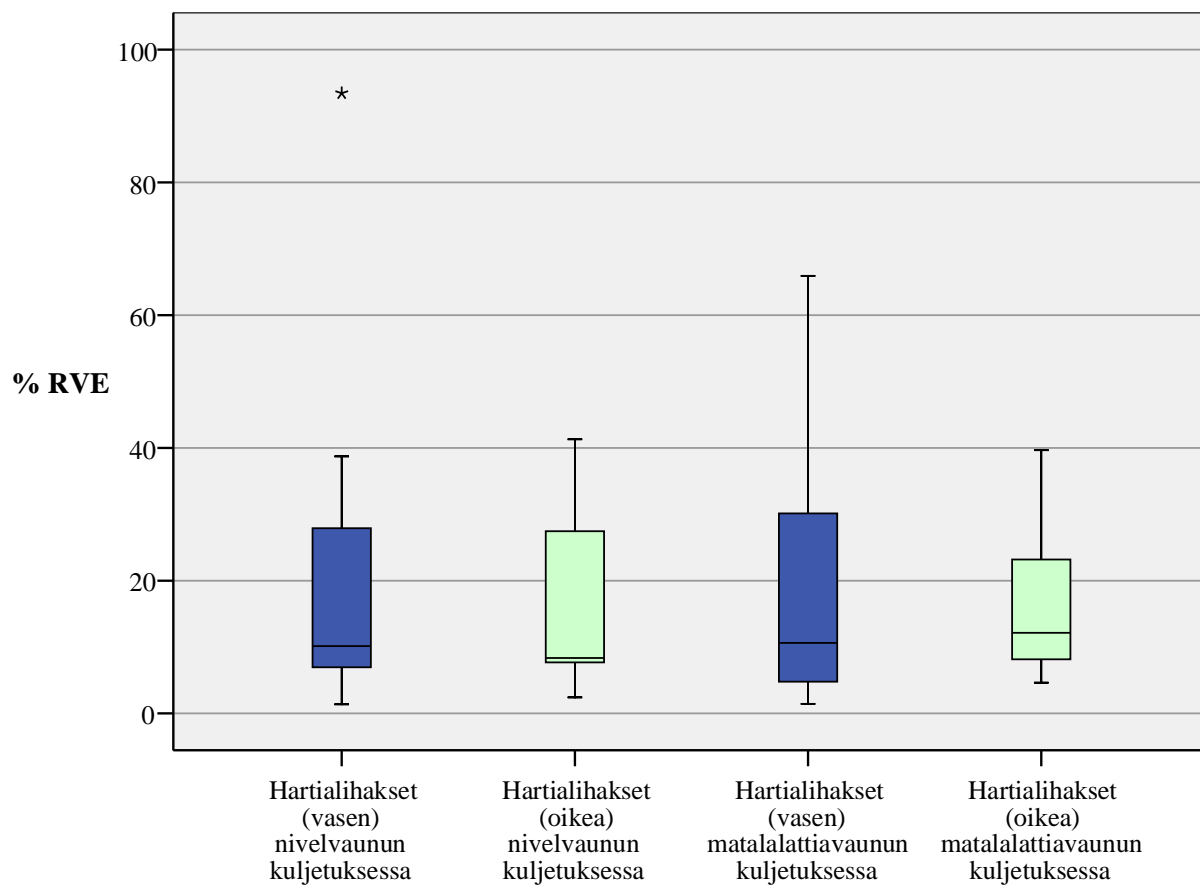
TAULUKKO 4. Vasemman ja oikean hartialihasyhmän keskimääräiset EMG-amplitudit (EMG) submaksimaalisen referenssisupistuksen arvoihin (RVE) suhteutettuna %RVE-arvoina nivel- ja matalalattiavaunun kuljetuksessa (ka=keskiarvo, kh= keskihajonta, pienin (min) ja suurin (maks) arvo).

Muuttuja	Nivelvaunu (n=8)	Matalalattiavaunu (n=8)	p-arvo
	ka (kh, min – maks)	ka (kh, min – maks)	
EMG, hartialihakset, vasen (%RVE)	23 <sup>a</sup> (31, 1 – 93)	20 <sup>b</sup> (22, 1 – 66)	0,484 (NS)
EMG, hartialihakset, oikea (%RVE)	16 <sup>a</sup> (15, 2 – 41)	16 <sup>b</sup> (12, 5 – 41)	0,889 (NS)

<sup>a</sup> Vasemman ja oikean hartialihasyhmän välinen tilastollinen ero nivelvaunun kuljetuksessa: p= 0,484 (NS).

<sup>b</sup> Vasemman ja oikean hartialihasyhmän välinen tilastollinen ero matalalattiavaunun kuljetuksessa: p= 0,161 (NS).

Molempien vaunumallien kuljetuksessa yksilöiden välinen hartialihasyhmän keskimääräisen kuormittumisen vaihtelu oli suurta ja vaihtelu vasemmalla suurempaa kuin oikealla. Nivelvaunun kuljetuksessa %RVE-keskiarvot vaihtelivat vasemmassa hartialihasyhmässä 1 %RVE - 93 %RVE välillä ja oikeassa hartialihasyhmässä 2 %RVE – 41 %RVE välillä. Matalalattiavaunun kuljetuksessa %RVE-keskiarvot vaihtelivat vasemmassa hartialihasyhmässä 1 %RVE – 66 %RVE ja oikeassa hartialihasyhmässä 5 %RVE – 41 %RVE (kuva 5).



Kuva 5. Vasemman (n=8) ja oikean (n=8) hartialihasyhmän %RVE-keskiarvon jakautuma, mediaani, ala- (Q1) ja yläkvartiili (Q3), pienin ja suurin arvo nivelvaunun ja matalalattiavaunun kuljetuksessa.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Tutkimusmenetelmien tarkastelu

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida hartialihasten kuormittumista raitiovaunukuljetuksessa. Viitekehyksenä on kuorma-kuormittuminen -malli, joka kuvaa annos-vaste suhdetta. Tässä tutkimuksessa mitataan ja arvioidaan vastetta, oikean ja vasemman hartialihasyhmän keskimääräistä kuormittumista elektromyografiamittauksella (EMG). Käytännön ergonomian kannalta on olennaista miten annos-vastesuhde vaikuttaa työntekijän (tai työyhteisön) työkykyyn, työhyvinvointiin, työterveyteen ja toiminnan tehokkuuteen. Ergonomian kehittämistyö pyrkii positiiviseen kehitykseen ja välttämään kielteisiä seuraamuksia.

Elektromyografialla voidaan mitata kaikkia mekaanisen kuormittumisen ulottuvuuksia (voimantuottotasoa, kestoa ja toistoja) (van der Beek 1998). Arvioitaessa lihasten kuormittumista tulisi kaikki ulottuvuudet ottaa huomioon (Winkel ja Mathiassen 1994). Tässä tutkimuksessa arviointi kohdistuu vain voimantuottotasoon, mikä on tutkimuksen heikkous. Ergonomiassa kuormittumisen arvioinnissa on keskeistä löytää oireiden ja sairauksien ehkäisyn, terveyden edistämisen ja toiminnan tehokkuuden kannalta optimaalinen kuormittuminen (IEA 2000). Optimaalista lihasten kuormittumista on vaikea määrittää hartiaoireiden etiologian moninaisuuden takia (van der Windt ym. 2000). Työn ja työntekijän vuorovaikutus tapahtuu monitasoisessa avoimessa muuttuvassa systeemissä, jossa työntekijän ulkopuoliset työn ja vapaa-ajan olosuhteet, fyysiset ja psyykkiset vaatimukset yksin ja yhdessä vaikuttavat yksilöön. Myös yksilöllisissä säätelevissä tekijöissä on suuria eroja yksilöiden välillä ja yksilöllä eri aikoina (Tuomi ym. 1985, van der Windt ym. 2000).

Lihaksen optimaalisesta aktivoitumisen mallista tai optimaalisista EMG-arvoista ei ole olemassa oireiden etiologian kannalta täsmällistä tietoa (Jensen ym. 1993, Hägg ym. 2000). Voimantuotoltaan matalatasoisessa staattisessa lihasrasituksessa kriittiseksi muuttujaksi näyttäisi nousevan aika sekä niiden ajanjaksojen lukumäärä, jolloin lihas on inaktiivi (EMG gaps) (Jensen ym. 1993). Metsäkoneenkuljettajilla ja toimistotyöntekijöillä tehdyssä tutkimuksessa yli 10 minuuttia kestävien yhtäjaksoisten, yli 0,5 %MVC lihasaktivaatiojaksojen määrä (SULMA, sustained low-level muscle

activity) tunnissa korreloi positiivisesti ja alle 10 minuutin SULMA-jaksojen määrä korreloi negatiivisesti hartiaoireiden kanssa. Terveiden kannalta epäedullisen lihaskuormituksen arvioimiseksi matalilla voimantuottotasoilla tulisi analysoida EMG-amplitudin lisäksi myös frekvenssijakaumaa. Se on parempi menetelmä lihasväsymyksen arvioimiseen kuin RMS-EMG (Østensvik ym. 2009). Amplitudin voimakas korrelaatio lihassupistuksen voiman kanssa on osoitettu kuitenkin kiistattomasti (Remes ym. 1984). Elektromyografia on menetelmä, jolla voidaan toteuttaa toistettavasti ja pysyvästi normalisoituja trapeziuksen EMG-mittauksia (Aarås ja Ro 1996).

Tekstiielektrodishortsit on todettu helppokäyttöiseksi, hyvin paikallaan pysyväksi ja validiksi mittariksi (Lintu ym. 2005, Finni ym. 2007). Tekstiielektrodipaidan validiteettia ei ole tutkittu. Tekstiielektrodit ovat isompia ja mittaavat toiminnallista lihasryhmää eikä niiden sijoittelussa vaadita samaa tarkkuutta kuin perinteisiltä pintaelektrodeilta. Olennainen ero on siinä, että anturipaita rekisteröi hartialihasyhmän sähköistä aktiivisuutta laajalta alueelta kun taas perinteiset pintaelektrodit mittaavat tarkasti vain määritellyn lihaksen tai sen osan aktiivisuutta standardoidun asettelu mukaisesti (Nieminen 1994). Vertailtaessa tekstiielektrodeilla saatuja tutkimustuloksia perinteisillä pintaelektrodeilla saatuihin tuloksiin tulee olla kriittinen, vaikka normalisointi toteutetaankin asianmukaisesti. Tässä tutkimuksessa mittaukset onnistuivat kenttäolosuhteissa hyvin eikä teknisiä ongelmia ilmennyt. Pitkähiihaisella tekstiielektrodipaidalla pystyttiin mittaamaan kelvollista EMG-signaalia kenttäolosuhteissa. Oikean kokoinen paita on olennainen kontaktin kannalta. Yhdellä tutkittavista anturipaidan ja elektrodien kontaktia hartioihin jouduttiin parantamaan olkaimilla. Tutkittavat eivät kokeneet paitaa epämiellyttävänä työssä. Saadut käyttökokemukset ovat arvokkaita uusien suorien ja pitkäkestoisten mittausmenetelmien kehittämiseksi käytännön työtilanteisiin kenttäolosuhteissa.

Validiteetin lisäksi tulosten luotettavuus perustuu mm. yleistettävyyden tarkasteluun ja mittaus- ja käsittelyvirheiden välttämiseen. (Heikkilä 2002, 185.) Tutkituilla oli työkokemusta lyhimmillään kaksi vuotta, jolloin työ ja työliikkeet hallitaan siten, että kokemattomuudesta johtuvia kohonneita EMG-arvoja ei oletettavasti esiinny (Ankrum 2000). Osalla tutkituista oli mittausajankohtana akuutteja voimakkaita oireita, jotka saattavat vaikuttaa EMG-tuloksiin (van der Windt ym. 2000). Yksilöllisistä tekijöistä

kuten erilaisesta ruumiinrakenteesta ja lihaskunnosta sekä erilaisesta työskentelytekniikasta ja liikenopeudesta johtuvia eroja absoluuttisissa EMG-arvoissa pyrittiin vähentämään normalisoinnilla (Ankrum 2000). Mittaukset kattoivat hyvin aamu- ja iltavuorot sekä eri vuodenaikojen sääolosuhteet. Vapaaehtoisuuteen perustuvaa otosta kaikkien kuljettajien, naisten ja miesten sekä matala- ja nivelvaunua ajaneiden tutkittavien osalta voidaan pitää edustavana.

Mittausvirheiden vähentämiseksi suoritettiin ensin kenttäolosuhteissa käytäntöjen ja menetelmien toimivuutta testaava ns. nollamittaus. Lisäksi laitteiden toimivuus tarkastettiin ennen jokaisen mittauksen aloittamista. Kaapeleiden liikkeestä aiheutuvat häiriöt pyrittiin minimoimaan sijoittamalla mittalaitteet juomapullotelineeseen tutkittavan vyötärölle oikealle puolelle. Sijoittelu saattoi vaikuttaa oikean hartian lihastoimintaan, vaikka se pyrittiin asettelemaan siten, ettei se häirinnyt oikean hartian ja yläraajan asentoa tai käyttöä työssä. Tutkittavat ohjeistettiin toimimaan tavanomaisesti ja mittaukset suoritti mittalaitteet tunteva kokenut tutkija. Mitattujen työvuorojen aikana ei tapahtunut tavallisuudesta poikkeavaa, onnettomuuksia tai läheltä piti -tilanteita. Käsittelyvaiheessa EMG-raaka-aineisto tarkastettiin silmämääräisesti häiriösignaalien poistamiseksi.

Yksilöiden, lihasryhmien ja kahden vaunumallin kuljetuksesta johtuvien erojen vertailtavuuden vuoksi absoluuttiset EMG-arvot suhteutettiin submaksimaalisten testisupistusten EMG-arvoihin, mitä suositellaan käytettäväksi matalilla voimantuottotasoilla (Marras 1992, Nieminen 1994). Lisäksi RVE-arvoihin suhteuttaminen on luotettavampaa kuin MVE-arvoihin suhteuttaminen (Sillanpää 2007). Kenttäolosuhteissa RVC:n toteuttaminen on helpompaa kuin MVC:n. MVE:hen suhteuttaminen antaa kuitenkin mahdollisuuden Johnsonin määrittämien yleisesti käytettyjen raja-arvojen hyödyntämiseen EMG:n käytännön merkityksen arvioinnissa ja on siksi suositeltavaa (Ankrum 2000, Sillanpää 2007).

## **6.2 Tulosten tarkastelu**

Tämän tutkimuksen tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia kirjallisuuden EMG-tutkimusten kanssa useista eri syistä. EMG-arvojen vertailu eri tutkimusten kesken on haasteellista mm. käytössä olevien eri mittalaitteiden, elektrodien sekä useiden eri



EMG-signaalin käsittely- ja normalisointitapojen takia (LeVeau 1992, Nieminen 1994). Kirjallisuudesta löytyy tutkimuksia (Karlqvist ym. 1998, Nordander ym. 2000, Wahlström ym. 2000), jotka tutkimuskysymysten (puolierot, sukupuolirot) kannalta olisivat vertailukelpoisia, mutta niissä käytetään eri muuttujia. Normalisointi tehdään pääsääntöisesti MVC:n EMG-arvoihin ja tulokset esitetään %MVE:nä. Matalilla lihasrasitustasoilla ne esitetään usein %MVE 10-persentiili arvoina ns. static load level –arvoina. Viimeaikaisissa EMG:llä tehdyissä tutkimuksissa matalilla lihasrasitustasoilla on pyritty käyttämään myös muita muuttujia %MVE:n ohella. Näillä muuttujilla on pystytty osoittamaan tilastollisesti merkitseviä eroja lihaskuormituksessa (Østensvik ym. 2009). Tässä tutkimuksessa tulokset esitetään keskimääräisenä %RVE:nä. Kirjallisuudesta löytyy tutkimuksia eri menetelmien ja työtekniikoiden, kuten metsäkoneiden ohjainvipujen, kyynärtukien, työliikkeiden, ja työasentojen välisiä eroja (Asikainen 1992, Castren 1992, Aarås ym. 1997, Karlqvist ym. 1998, Sillanpää ym. 2003, Østensvik ym. 2009, Rempel ym. 2011), mutta ne eivät vastaa raitiovaununkuljetusta tai tutkittujen raitiovaunumallien ominaisuuksia. Työliikkeet ja asennot ovat erilaisia. Yksi olennainen ero muihin tutkimuksiin verrattuna on se, että tekstiiliektrodit mittaavat lihasryhmän eivätkä yksittäisen lihaksen tai sen osan toimintaa. Pitkäkestoisia EMG-mittauksia ei ole koskaan aikaisemmin tehty sensorivaatteella aidossa työtilanteessa.

Tässä tutkimuksessa työvuoron aikainen hartialihasten keskimääräinen kuormittuminen raitiovaununkuljetuksessa oli matalaa voimantuottotason perusteella arvioituna. Mitatut hartialihasten keskimääräiset EMG-aktiivisuudet olivat vasemmalla 51  $\mu$ V ja oikealla 56  $\mu$ V. Keittiötyössä ja lumitöissä hartialihasten EMG-aktiivisuuden mittaamiseen on käytetty samoja mittalaitteita ja tekstiiliektrodeja kuin tässä tutkimuksessa. Keittiötyössä kauhottaessa suuresta padasta vettä pieniin patoihin yläraajojen ja hartialihasten keskimääräiset aktiivisuudet olivat 30 - 80  $\mu$ V (Kähkönen ym. 2009). Fyysisesti raskaissa lumitöissä sekä lapiolla että kolalla vastaavat keskimääräiset sähköiset aktiivisuudet olivat 300 - 600  $\mu$ V (Kähkönen ym. 2006). Näihin normalisoimattomiin arvoihin verrattaessa hartialihasten EMG-arvot tässä tutkimuksessa olivat alhaisia.

Tekstiiliektrodishortsien on todettu antavan pintaelektrodeja vastaavia EMG-arvoja (Finni ym. 2007) ja siksi eri mittalaitteilla tehtyjä mittauksia voi varauksin verrata. Hartialihasten keskimääräinen kuormittuminen raitiovaununkuljetuksessa oli vasemman hartian lihaksissa

17 %RVE ja oikealla 16 %RVE. Castren (1992) on todennut hartialihasten lihasaktiivisuuden hakuussa ja lähikuljetuksessa maataloustraktorilla pieneksi (alle 100  $\mu$ V) pintaelektrodeilla mitattuna. Keskimääräinen lihasaktiivisuus suhteutettuna vakiokuormaan oli koehenkilöillä keskimäärin vasemmalla hartialla 77 - 90 ja oikealla 55 - 62. Myös Asikainen (1992) on todennut tutkimuksessaan metsäkonetyöstä hartialihasten EMG:n olleen pintaelektrodeilla mitattuna alle 16 90 % ajoajasta ja alle 10 50 % ajoajasta kun EMG-arvot oli normalisoitu maksimaalisen supistuksen EMG-arvoon (Asikainen 1992). Näyttöpäätetyössä, jossa esiintyy matalatasoista staattista hartialihasten kuormittumista, todettiin (eräessä tutkimuksessa) näppäin- ja hiirityöskentelyssä hartialihasten keskimääräisen kuormittumisen olleen erilaisissa yläraajatukiratkaisuissa alle 7,5 %MVE (Lintula ym. 2001). Vaikka normalisointitavat ovat erilaisia em. tutkimuksissa, voi varoen arvioida, että hartialihasktivaatio on raitiovaunukuljetuksessa matalatasoista kuten metsäkonetyössä ja päätetyössä.

Raitiovaunukuljetuksessa etenkin vasemmalla kädellä on jatkuva ote ajokahvasta ja toistuva flexio-extensio -liike olkavarren nolla-asennosta noin 10 cm eteen. Oikea yläraaja lepää sylissä tai nostettuna rahastustasolle silloin kun ei ole tarvetta kurkottaa yläraajaa ja vartaloa etupaneelin kytkimille. Päätetyössä ja metsäkonetyössä on vastaavasti pitkittyvää istumista ja yläraajojen toistoliikkeitä, mikä vaatii yläraajan stabilointia hartialihasten staattisella lihastyöllä (Asikainen 1992, Sjøgaard ja Jensen 2006). Matalatasoinen staattinen lihasrasitus on todettu altistavan niska-hartiaseudun oireille (Sjøgaard ja Jensen 2006), joita esiintyy paljon mm. päätetyössä (Nevala ym. 2010) ja metsäkonetyössä (Asikainen ja Harstela 2008, ). Voisi olettaa, että myös raitiovaunukuljetuksessa hartiaoireriski on kohonnut, vaikka hartioiden lihasryhmien kuormittuminen EMG-amplitudin perusteella on matalaa. Matala hartialihasktivaatio ei indikoi matalaa hartiaoireriskiä (Jensen ym. 1993). Psykososiaaliset tekijät, kuten raitiovaunukuljettajan työssä jatkuva valppaanaolo ja aikataulupaineet, saattavat altistaa myös hartiaoireille. Taajama-alueella ajavilla julkisen liikenteen kuljettajilla esiintyy työssä stressitekijöitä ja heillä on todettu työhön liittyen kohonnut sydän- ja verisuonisairausriksi (Rosengren ym. 1991, Markowitz 2005). Lisäksi on huomioitava, että anturivaatteella mitataan pinnallisia hartialihaskryhmiä ja syvempien lihasten aktivaatio rekisteröityy heikosti. Pintaelektrodeilla ja kenttäolosuhteissa ei pystytä mittaamaan syvemältä esimerkiksi supraspinatus -lihaksen aktivaatiota, joka ajokahvan käytön kaltaisessa hartian ja olkanivelen asennossa ja liikkeessä voi olla paikallisesti erittäin kuormittunut ja aiheuttaa oireita (Basmajian 1978).

Tässä tutkimuksessa yksilöiden väliset erot olivat suuria hartialihasten EMG-arvoissa, mikä on yleisesti osoitettu ilmiö (Lintula ym. 2001, Sillanpää 2007). Joillakin tutkituilla raitiovaunukuljettajilla mitattiin korkeita hartialihasten kuormittumistasoja, jotka saattoivat johtua akuuteista liikuntaelinten oireista. Korkeaa lihasten kuormittumista havaittiin varsinkin nuoremmilla kuljettajilla. Jos ääritapaukset poistetaan tarkastelusta, todetaan että tutkittujen hartialihasten keskimääräinen EMG:n jakautuma oli pienempi vasemmalla kuin oikealla.

Vasemmalla kädellä käytetään ajokahvaa. Vasen yläraaja tekee oikeaa yläraajaa pienempää liikettä ja hartialihakset staattisempaa työtä. Oikean hartian lihastyö on dynaamista, kun kuljettaja nojautuu eteen ja käyttää kättään etupaneelin ovi-, vilkku-, merkinanto- ym. vivuilla. Suurempaan jakautumaan vaikuttanee yksilölliset erot mittasuhteissa ja voimankäytössä. Työskentelytavoissa kuten ovipainikkeiden käytössä voi esiintyä yksilöllisiä eroja. Kuljettaja saattaa jäädä ovet avattuaan yläraaja kurkottavassa asennossa odottamaan ovien sulkemista seuraten samalla taustapeilistä niska taaksetaipuneena matkustajien kulkemista oviaukoissa. Toinen kuljettaja saattaa istua suorana ja vain hetkellisesti ojentaa yläraajan eteen tai hän voi taivuttaa vartaloa eteen, jolloin yläraaja ojentuu vain vähän. Lihaskuormituksen ja ulkoisten työn kuormitustekijöiden sekä yksilöllisten tekijöiden ja tulosten yhteyden arviointi edellyttää työliike ja työasentoanalyysiä esimerkiksi EMG-videosynkronointia tai nivelkulmamittauksia esimerkiksi elektronisilla goniometreillä.

Tilastollisesti merkitsevät erot edellyttävät suurta tutkittavien joukkoa, kun hajonta on suuri. Naisilla todettiin hartialihasuryhmien kuormittumisessa tilastollisesti merkitsevä ero oikean hartialihasuryhmän kuormittuessa kuitenkin vain vähän enemmän (6 %RVE) kuin vasemman. Miehillä, nivelvaunun- ja matalalattiavaunukuljetuksessa ajokahvan puoleinen vasen hartialihasuryhmä kuormittui hieman enemmän (miehillä 11 %RVE, nivelvaunukuljetuksessa 7 %RVE, matalalattiavaunukuljetuksessa 4 %RVE) kuin oikea, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Naisten ja miesten eri hartian suurempi lihasten kuormittuminen tasaa puolieroja koko tutkittavien joukossa. Vasen ja oikea hartialihasuryhmä kuormittuivat keskimäärin yhtä paljon koko tutkittavien joukossa. Koko tutkimusjoukon ja naisten tulos ei tue aikaisempia maataloustraktoreilla ja metsätyökoneilla tehtäviin töihin kohdistuneita tutkimuksia (Asikainen 1992, Castren 1992, Østensvik ym. 2008), joissa EMG-arvot olivat koholla dominoivan, enemmän työliikkeitä

tekevän yläraajan puoleisissa hartialihaksissa. Joillain yksittäisillä tutkittavilla EMG-arvot olivat koholla vastakkaisella puolella tutkittavien yksilöllisten työtapojen takia (Asikainen 1992, Castren 1992, Østensvik ym. 2008).

Oikean yläraajan dynaaminen työ, edellä kuvatut yksilölliset työskentelytavat etupaneelin vipujen käytössä, sekä kuljettajan antropometrian ja ohjaamon yhteensopimattomuus saattavat olla syynä oikean hartialihasyhmän vasenta suurempaan kuormittumiseen naisilla. Mittalaite vyötäröllä saattoi myös aiheuttaa laitteen väistämistä hartiaa kohottamalla, haitata pienikokoisten naisten oikean yläraajan käyttöä tai hartian rentouttamista kun käsi lepää sylissä ajon aikana. Miesten vasemman hartialihasyhmän oikeaa suuremmat EMG-arvot saattavat johtua yläraajan massasta ja yläraajan ajokahvalla kannatteluun vaadittavasta suuremmasta lihasvoimasta. Mahdollinen lihasten väsyminen saattaa näkyä kohonneina EMG-arvoina (Nieminen 1994).

Vasemman puolen hartialihasten oikeaa puolta suurempi kuormittuminen miehillä, nivelvaunun- ja matalalattiavaununkuljetuksessa liittyy oletettavasti ajokahvan käyttöön, vaikka se ei vaadi suurta voimaa. Etäisyys ajokahvaan on lyhyempi kuin etäisyys etupaneeliin, jonka vipuja käytetään oikealla kädellä. Oikean hartian lihakset olisivat saattaneet kuormittua vasenta enemmän etupaneelille kurkottelun takia. Ilmeisesti oikean puolen hartialihakset rentoutuvat käden levätessä ajon aikana sylissä. Matalalattiavaunun kuljetuksessa olisi voinut olettaa esiintyvän puolieroja toispuoleisen kyynärtuen vuoksi. Vain vasemmalla, ajokahvan puolella, on kyynärnoja, jota ei voi säätää korkeus- tai leveysuunnassa. Toispuoleisen kyynärtuen on todettu lisäävän hartian ja käden oireita päätetyössä ja sen oletetaan liittyvän epäsymmetriseen asentoon. Kyynärtukia suositellaan molemmin puolin, vaikka toispuolisestakin tuesta saattaa olla hyötyä yksilöllisten työskentelytapojen ja mittasuhteiden vuoksi (Lintula ym. 2001).

Naisten oikea hartialihasyhmä kuormittui hieman enemmän (9 %RVE) kuin miesten, mutta ero oli tilastollisesti vain melkein merkitsevä. Jos miesten yksi ääritapaus poistetaan, on naisten oikean hartialihasyhmän hajonta suurempaa kuin miesten. Miesten vasen hartia kuormittui enemmän (8 %RVE) kuin naisten, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Miehillä vasemman hartialihasyhmän kuormittumisen hajonta oli paljon suurempaa kuin naisilla. Naisten ja miesten sekä oikea että vasen hartialihasyhmä kuormittuivat suunnilleen yhtä paljon. Tulos tukee aikaisempia päätetyöntekijöillä tehtyjä tutkimuksia, joissa hartialihasten kuormittumisessa ei esiintynyt eroja

sukupuolten välillä (Nordander ym. 2000, Blangstedt ym. 2003). Tulos on vastakkainen kahdelle muulle hiirityötä käsittävälle tutkimukselle, joissa hartialihasten kuormittuminen erosi sukupuolten välillä (Karlqvist ym. 1998, Wahlström ym. 2000).

Suuri vaihtelu pienessä tutkittujen ryhmässä saattaa selittää tulosta. Suurta vaihtelua voisi selittää aiemmin esitetyt syyt, kuten yksilölliset työskentelytavat esimerkiksi ovipainikkeiden käytössä. Olisi voinut olettaa, että naisilla hartialihaseen EMG on suurempi kuin miehillä naisten yleisemmän hartiaoireiden esiintyvyyden vuoksi (Perkiö-Mäkelä ym. 2010). Naissukupuoli on yhteydessä niskahartiaoireisiin (Punett ja Bergqvist 1997), mutta toisaalta kohonneet EMG-amplitudiarvot eivät välttämättä ole yhteydessä oireiden ja kipujen kanssa (Jenssen ym. 1993). Ei-oireisilla on todettu jopa alhaisempia EMG-amplitudiarvoja kuin oireisilla (Hansson ym. 2000).

Olisi voinut olettaa, että pienemmän koon vuoksi naisten vasemman puolen hartialihasten kuormittuminen olisi ollut suurempaa kuin miehillä. (Karlqvist ym. 1998, Tittirinonda ym. 1999). Ajokahva ei ole sivusuunnassa säädettävissä. Tällöin olkavarsi on kapeaharteisella kuljettajalla leveäharteista enemmän abduktioasennossa, missä hartialihakset ovat staattisesti aktiivisina ja mahdollisesti väsyvät herkemmin. Naisilta asennon yllpitäminen saattaa edellyttää omiin lihasvoimiin nähden suhteessa suurempaa voimankäyttöä kuin miehiltä (Tittirinonda ym. 1999). Toisaalta miesten painavampaa ja kookkaampaa yläraajaa on kannateltava suhteessa suuremmalla lihastyöllä kuin naisten pientä yläraajaa varsinkin, jos kyynärtukea ei ole käytössä.

Kuljetusala on miesvaltainen ala, jolla naisten osuus kasvaa. Ohjaamon suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös pienikokoiset naiset. OSHA suosittelee toimenpiteitä työvälineiden ja työympäristön sopeuttamiseksi yksilöllisiä ominaisuuksia vastaaviksi (EU-OSHA 2011). Ohjaamon säädettävyys on silloin oleellista (Castren 1992).

Hartialihasyhmien kuormittumisen eroja matalalattia- ja nivelvaunun ajossa tutkittiin kahdeksalta kumpaakin vaunutyypistä ajaneelta kuljettajalta. Puolet oli naisia ja puolet miehiä. Aivan pienikokoisimpia naisia ei tutkittavien joukossa ollut. Tutkittavat toimivat verrokkina itselleen eri vaunutyypin ajossa, mikä lisää tulosten luotettavuutta. Yksilölliset erot hartialihasten keskimääräisessä kuormittumisessa olivat suuria kuljettajien välillä, mikä vaikuttaa tilastollisesti merkitsevien erojen toteutukseen.

Nivelvaununkuljetuksessa vasen hartialihasuryhmä kuormittui vain vähän enemmän (3 %RVE) kuin matalalattiavaunun kuljetuksessa, mutta tilastollisesti ero ei ollut merkitsevä. Jakautuma oli suurempi nivelvaunun kuin matalalattiavaunun kuljetuksessa. Jos nivelvaununkuljetuksen yksittäinen hartialihaskuormituksen ääriarvo poistetaan tarkastelusta, oli jakautuma suurempi matalalattiavaunun kuljetuksessa vasemmalla hartialla. Nivelvaunun- ja matalalattiavaununkuljetuksessa oikea hartialihasuryhmä kuormittui yhtä paljon ja jakautuma oli samanlaista molempien vaunumallien kuljetuksessa. Suuren hajonnan takia tutkimustuloksia voidaan pitää yhtenevinä maataloustraktori- ja metsäkonetyössä tehtyjen tutkimusten kanssa, joissa hartialihasten on todettu kuormittuvan eri yksilöillä eri tavoin eri koneita käytettäessä. Syynä ovat yksilölliset erot työskentelytekniikoissa ja mittasuhteissa (Asikainen 1992, Castren 1992).

Nivelvaunussa ja matalalattiavaunussa on vasemman hartialihasuryhmän kuormittumisen kannalta kaksi keskeistä eroa, ajokahva ja kyynärtuki. Nivelvaunun ajokahva kiinnittyy lattiaan, on nuppipäinen ja ote mahdollistaa käden eri asennot. Nivelvaunusta puuttuu kyynärtuki. Matalalattiavaunussa ajokahva on lyhytvipuinen ja kiinni eteen-taakse säädettävässä kyynärnojassa. Kuolleen miehen kytkimen takia kahvasta on oltava jatkuva ote, joka edellyttää kyynärvarren ääripronaatiota.

Useissa laboratorio- ja kenttätutkimuksissa näyttöpäätetyöstä on todettu yläraajatuen vähentävän hartialihasktivaatiota (Aarås ym. 1997, Karlqvist ym. 1998, Sillanpää ym. 2003, Rempel ym. 2011). Sen arvellaan keventävän hartialihaskuormitusta myös metsäkoneenkuljettajan työssä (Asikainen 1992, Asikainen ja Harstela 2008). Tällä perusteella olisi voinut olettaa vasemman hartialihaskuormituksen olevan matalalattiavaunun kuljetuksessa pienempää kuin nivelvaununkuljetuksessa. Matalalattiavaunun ajokahvan jatkuva puristusote kyynärvarren ääriasennossa saattaa aiheuttaa hartiasseudun ja yläraajan lihasväsymystä kyynärtuesta ja lyhyemmästä kahvan vivusta huolimatta. Vaikka kyynärtuki on olemassa, siitä puuttuu korkeus- ja leveysäättö. Kiinteä yläraajatuki voi olla liian korkealla tai liian matalalla kuljettajan mittasuhteisiin nähden. Tästä aiheutuu hartian kohoasentoja tai puutteellista yläraajatukea ja hartialihasten suurempaa kuormittumista kuin mitä tilanteessa jolloin tuki on yksilöllisesti säädettävissä (Karlqvist ym. 1998). Lisäksi tuki on vain vasemmalla puolella. Toispuolinen tuki saattaa aiheuttaa epämukavuutta ja epäsymmetristä kuormittumista (Lintula ym. 2001).

Oikean yläraajan käytön ja hartialihaksen kuormittumisen kannalta on olennaista etupaneelin etäisyys kuljettajasta ja sen vipujen suhde kuljettajaan. Sekä nivel- että matalalattiavaunussa etäisyyttä voi muuttaa siirtämällä istuinta eteen-taakse. Matalalattiavaunussa on myös etupaneelin korkeuden säätömahdollisuus, jota ei kuitenkaan käytetä. Oikean puolen hartialihasten kuormittumiseen voi myös vaikuttaa pään asento suunnattaessa katse taustapeiliin. Matalalattiavaunussa ohjaamo on tilavampi ja peilien sijainti suhteessa kuljettajaan vaikuttaisi olevan niskan asennon ja hartialihasten kuormittumisen kannalta optimaalisempi kuin nivelvaunussa.

Raitiovaunukuljetuksessa hartialihasten kuormittuminen oli rasitukseltaan matalatasoista. Tällaisen lihasrasituksen terveydellistä merkitystä arvioitaessa voidaan todeta, että matalatasoinen lihasrasitus saattaa olla työperäisten liikuntaelinoireiden riskitekijä, jos lihastyö on staattista ja pitkittyy ilman, että lihas rentoutuu välillä ja pääsee palautumaan. Lihastyön staattisuutta, staattis-dynaamisuutta tai dynaamisuutta eikä lihastyön kestoa voida arvioida tässä tutkimuksessa käytettyjen muuttujien perusteella. Hartia- ja yläraajalihasten kuormittumisesta matalalla voimantuottotasolla tarvitaan lisätutkimusta lihasten väsymisestä, lihasaktivaation staattisuudesta (kesto) ja toistuvuudesta (frekvenssi) raitiovaunukuljetuksessa. Frekvenssijakaumien, lihastyön staattisuuden, SULMA- jaksojen ja EMG-taukojen tarkastelu saattaisi antaa enemmän tietoa lihasten kuormittumisesta ja työn riskitekijöistä silloin kun lihassupistus on staattista ja rasitukseltaan matalaa. (Jensen ym. 1993, Østensvik ym. 2008). Laadukkaan tutkimuksen varmistamiseksi on syytä noudattaa EMG-tutkimusten suunnittelussa, toteuttamisessa, analysoinnissa, tulkinnessa ja raportoinnissa EU:n SENIAM (Surface ElectroMyoGram for the Non-Invasive Assessment of Muscles) projektin antamia suosituksia (Ankrum 2000) pintaEMG:n käytöstä (Cram 2003).

Tämän tutkimuksen tulosten, keskimääräisen hartialihaskäytön perusteella arvioituna, raitiovaunun ohjaamon mittasuhteet saattavat soveltua naisille hieman huonommin kuin miehille epäsymmetrisen hartialihasten kuormittumisen vuoksi. Vaunumallien välillä ei ollut eroja hartialihasten kuormittumisessa, vaikka molemmissa vaunumalleissa saattaa olla tekijöitä, joita kehittämällä hartialihaskuormitusta voidaan vähentää. Kuormittumisen ja työn fyysisten vaatimusten, ohjaus-, hallintalaitteiden, merkinantovipujen ja yksilöllisten tekijöiden arvioiminen edellyttää jatkossa lihasten EMG:n mittaamisen yhdistämistä työn analyysiin esimerkiksi videosynkronoinnilla.

Yksilöiden välinen vaihtelu hartialihasten kuormittumisessa oli suurta. Jatkotutkimuksissa tutkittavien joukko saisi olla suurempi ja tutkittavat oireettomia. Naisilla ja miehillä vastakkaisten puolten hartialihakset näyttivät kuormittuvan enemmän. Huomio ohjautuu kuormittumisen yksilölliseen arviointitarpeeseen ja ergonomian kehittämiseen riippumatta sukupuolesta tai vaunumallista.

Biomekaanisten kuormitustekijöiden lisäksi erilaiset psykososiaaliset kuormitustekijät voivat aiheuttaa matalatasoista staattista lihasrasitusta. Käytännössä samanaikaisesti esiintyvien biomekaanisten ja ei-biomekaanisten tekijöiden vaikutusta lihasaktivaatioon on vaikea eritellä (Waersted 2000). Epäedullista hartialihasten kuormittumista voidaan oletettavasti ehkäistä kehittämällä ohjaamon säädettävyyttä erikokoisille kuljettajille soveltuvaksi, hallintalaitteiden mitoituksella, ohjaamalla raitiovaunukuljettajia hyödyntämään penkin, ohjaus-, hallinta ja merkinantovipujen säätöjä yksilöllisesti, tiedostamaan työn ja omien työtapojen staattiset ja epäsymmetriset työvaiheet sekä jaloittelemaan aina tilanteen salliessa. Myös työn organisointiin, työn jaksottamiseen, tauotukseen, reittiaikataulujen suunnitteluun ja johtamiseen tulee kiinnittää huomiota.

## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Pinnallisten hartialihasten keskimääräinen kuormittuminen oli lihasaktivaation perusteella matalaa työvuoron aikaisessa raitiovaunukuljetuksessa. Kuljettajien väliset erot olivat suuria. Raitiovaunukuljetuksessa hartialihasuryhmien kuormittumisessa ei ollut eroja kehon vasemman ja oikean puolen välillä nais- ja mieskuljettajilla, mutta naiskuljettajilla oikea hartialihasuryhmä kuormittui enemmän kuin vasen. Hartialihasuryhmien kuormittumisessa ei ollut eroa ajettaessa nivel- ja matalalattiavaunua. Hartialihasten matalatasoinen lihasaktivaatio saattaa ennakoida raitiovaunukuljettajilla työperäisiä hartiaoireita, jos lihastyö on staattista ja pitkäkestoista.



## LÄHTEET

- Aarås A, Fostervold K; Ro O, Thoresen M, Larsen S. Postural load during VDU work: a comparison between various work postures: *Ergonomics* 1997; 40: 1255-68.
- Aarås A, Ro O. Electromyography (EmG) – Methodology and application in occupational health. *Ind Erg* 1996; 20: 207-214.
- Alperovitch-Najenson D, Katz-Leurer M, Santo Y, Golman D, Kalichman L. Upper Body Quadrant Pain in Bus Drivers. *Arch Environm Occup Health* 2010; 6: 2018-23.
- Ankrum DR. Questions to ask when interpreting surface electromyography (SEMG) research. *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress*. 2000;44:5-530-5-533.
- Asikainen A. 1992. Kuljettajan epäkäslihaksen kuormittuminen metsäkonetyössä. Joensuu. Joensuun yliopisto. s. 27-32.
- Asikainen A, Harstela P. Influence of Small Control Levers of Grapple Loader on Muscle Strain, Productivity and Control Errors. *Int J Forest Engin* 2008; 19: 11-20
- Basmajian JV. 1978. *Muscles Alive. Their Functions Revealed by Electromyography*. Baltimore. The Williams & Wilkins Company. 4. painos. s. 199-200.
- Blangsted AK, Hansen K, Jensen C. Muscle activity during computer-based office work in relation to self-reported job demands and gender. *Europ J Appl Physiol* 2003; 89:352-358.
- Castren M. 1992. Kuljettajan kuormittuminen puunkorjuussa maataloustraktorilla. Työtehoseuran julkaisuja 328. Helsinki. SASApaino.
- Chen JC, Chang WR, Chang W, Christiani D. Occupational factors associated with low back pain in urban taxi drivers. *Occup Med* 2005; 55: 535-40
- Cram JR. The History of Surface Electromyography. *Appl. Psychophys Biofeedb* 2003; 28: 81-91

- De Luca CJ. 1978. Towards understanding the EMG signal. Teoksessa Basmajian JV. Muscles Alive. Their Functions Revealed by Electromyography. Baltimore. The Williams & Wilkins Company. 4. painos. s. 53-78.
- EU-OSHA. 2011. OSH in figures: Occupational safety and health in the transport sector –an overview. Luxembourg. Publications Office of the European Union. s. 13-32, 250-256.
- Finni T, Hu M, Kettunen P, Vilavuo T, Cheng S: Measurement of EMG activity with textile electrodes embedded into clothing. *Physiological Measurements* 2007; 28: 1405-19.
- Gerleman D, Cook T. 1992. Instrumentation. Teoksessa Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Settings: Expert Perspectives. Cincinnati. DHHS (NIOSH) Publication No 91-100. s. 44-68, 45.
- Hansson G-Å, Balogh I, Ohlsson K, Pålsson B, Rylander L, Skerfving S. Impact of physical exposure on neck and upper limb disorders in female workers. *Appl Ergon* 2000; 31: 301-310.
- Harms-Ringdahl K, Ekholm J, Schuldt K, Linder J, Ericson MO. Assessment of Jet Pilots trapezius Load calibrated to Maximal Voluntary contraction and a Standardized Load. *J electromyogr kinesiogr* 1996; 6: 67-72.
- Haukka-Aromaa K. Työpaikkakäyntiraportti Helsingin kaupungin liikennelaitoksen Koskelan raitiovaunuhallille 2.12.2010. Julkaisematon lähde.
- Heikkilä T. 2002. Tilastollinen tutkimus. 4. painos. Helsinki Edita Prima Oy. s. 185.
- Helsingin Sanomat. 6.4.2011. Harju J. Tampereen ratikkareitti pitää valita nyt kolmesta. Euroopassa lisätään raitiovaunuliikennettä.
- Helsingin Sanomat. 15.6.2011. Salonen J. HKL kokeili uuden ratikan koemallia Helsingin kaduilla.
- HKL. 2012. Raitoliikenne. Henkilöstö. Saatavilla [www-muodossa osoitteessa: http://www.hel.fi/hki/hkl/fi/HKL-Raitoliikenne/Henkilost](http://www.hel.fi/hki/hkl/fi/HKL-Raitoliikenne/Henkilost) (Luettu 2.1.2011)

- Hägg GM, Luttman A, Jäger M. Methodologies for evaluating electromyographic fields data in ergonomics. *J Electromyogr Kinesiol* 2000;10:301-312
- Hägg GM, ja Åström A. Load pattern and pressure pain threshold in the upper trapezius muscle and psychosocial factors in medical secretaries with and without shoulder/neck disorders. *Int Arch Occup Environ Health* 1997; 69: 423-432.
- IEA. 2000. Definition of Ergonomics. Saatavilla [www-muodossa osoitteessa: http://www.iea.cc/01\\_what/What%20is%20Ergonomics.html](http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html) (Luettu 22.10.2011)
- Jensen C, Nilsen K, Hansen K, Westergaard RH. Trapezius muscle load as a risk indicator for occupational shoulder-neck complaints. *Int Arch Occup Environ Health*. 1993; 64: 415-23.
- Karjalainen L. 2004. Tilastomatemiikka. Jyväskylä. Gummerus. s. 91.
- Karlqvist LK, Bernmark E, Ekenvall L, Hagberg M, Isaksson A, Rostö T. Computer mouse position as a determinant of posture, muscular load and perceived exertion. *Scand J Work Environ Health* 1998; 24: 62-73.
- Korhonen T, Ketola R, Toivonen R, Luukkonen M, Häkkinen M, Viikari-Juntura E. Work related and individual predictors for incident neck pain among office employees working with video display units. *Occup Environ Med* 2003; 60:475-482.
- Krause N, Ragland DR; Greiner BA, Fisher JM, Holman BL, Selvin S, Physical workload and ergonomic factors associated with prevalence of back and neck pain in urban transit operators. *Spine* 1997; 22: 2117-2126.
- Kähkönen J, Lintu N, Tolvanen P, Louhevaara V. 2006. Evaluation and feasibility of the EMG garment with embedded textile electrodes for occupational health research University of Kuopio, Mega Electronics Ltd. Kuopio.
- Kähkönen J, Louhevaara V, Tiainen S, Tolvanen P. 2009. EMG of upper extremity and shoulder muscles with the use of three different ladies measured by the MyOnWear Sensory clothing: Case study in the institutional kitchen. Kuopion yliopisto, Myontec Ltd. Kuopio.

- Kärmeniemi P, Valkendorff R-L, Ylä-Outinen A, Rantonen J. 2004. Puutavara- ja säiliöautojen päätetyön ergonomian kehittäminen. Helsinki. Työterveyslaitos. Hankkeen loppuraportti.
- Kärmeniemi P, Laitinen J, Latvala J, Olkkonen S, Sainio M, Ylä-Outinen A. 2009. Maatieliikenteen ammattikuljettajien työterveyshuolto – opas sisällön suunnitteluun ja toteutukseen. Työterveyslaitos. Helsinki. Painotalo tt-urex Oy. s. 16.
- Kärmeniemi P, Miilunpalo P, Olkkonen S, Saarni H. 2010. Liikenne ja logistiikka. Teoksessa Kauppinen T, Hanhela R, Kandolin I, Karjalainen A, Kasvio A, Perkiö-Mäkelä M, Priha E, Toikkanen J, Viluksela M. (toim.) Työ ja Terveys Suomessa 2009. Sastamala. Vammalan Kirjapaino Oy. s. 214 -219.
- Lamb R, Hobart Donald. 1992. Anatomic and Physiologic basis for surface electromyography. Teoksessa Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Settings: Expert Perspectives. Cincinnati. DHHS (NIOSH) Publication No 91-100. s. 6-22.
- Lehtinen Merja, raitiovaunukuljettaja, työntekijöiden työsuojeluvaltuutettu. Helsingin kaupungin liikennelaitos. Suullinen tiedonanto 7.12.2010.
- Leinonen V, Kankaanpää M, Vanharanta H, Airaksinen O, Hänninen O. Back and neck extensor loading and back pain provocation in urban bus drivers with and without low back pain. Pathophysiology. 2005; 12: 249-55.
- Leinonen T, Ma X. Comparison and contrast of methods for measuring movements. Int J Ind Erg. 1996; 18: 229-37.
- LeVeau B, Andersson G. 1992. Data Analysis and Applications. Interpretation of the Electromyographic Signal. Teoksessa Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Settings: Expert Perspectives. Cincinnati. DHHS (NIOSH) Publication No 91-100. s. 69-102.
- Li G, Buckle P. Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. Ergonomics 1999; 42: 674–695.

- Lindström K, Elo, A-L, Hopsu L, Kandolin I, Ketola R, Lehtelä J, Leppänen A, Mukala K, Rasa P-L, Sallinen M. 2006. Työkuormituksen arviointimenetelmä TIKKA. Jyväskylä. Gummerus, 11.
- Lintu N, Holopainen J, Hänninen O 2005. Usability of textile integrated electrodes for EMG measurement. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa) osoitteessa: <http://www.myontec.com/media/conferenceEMG300605.pdf> (luettu 10.02.2010)
- Lintula M, Nevala-Puranen N, Louhevaara V. Effects of Ergorest® arm Supports on Muscle Strain and Wrist Positions During the Use of the Mouse and Keyboard in Work With Visual Display Units: A Work Site Intervention. *Int J Occup Safet Ergon.* 2001; 7:103-116.
- Marras W. 1992. Applications of electromyography in ergonomics. Teoksessa *Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspectives.* Cincinnati. DHHS (NIOSH) Publication No 91-100. s. 122-143.
- Markowitz S. Illnesses and injuries among transit workers. 2005. Teoksessa Markowitz S, Newman D, Frumin M, Gillespie R. (toim.) *The Health Impact of Urban Transportation Work in New York City.* s. 6-21. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa) osoitteessa: [http://nycosh.org/uploads/hazards%20by%20occupation/transportation/TWU\\_Report\\_Final-8-4-05.pdf](http://nycosh.org/uploads/hazards%20by%20occupation/transportation/TWU_Report_Final-8-4-05.pdf) (Luettu 9.1.2012)
- Mathiassen SE, Winkel J, Hägg GM. Normalization of surface Emg amplitude from upper trapezius muscle in ergonomic studies-a review. *J Electromyogr Kinesiol* 1995;5:197-226
- Nieminen H, Williams M, Kalli S. 1990. Pitkäaikaismenetelmien kehittäminen tuki- ja liikuntaelinkuormituksen mittaamiseen. *Työsuojelurahaston julkaisuja A8.* Helsinki. s. 22, 25, 46.
- Nieminen H. 1994. Analysis of musculo-skeletal loading using electromyography and biomechanical modelling. Espoo. Technical Research Center of Finland. s. 11-13, 22-25, 28-29, 30, 35.

- Nevala N, Virtanen S, Takala E-P. 2010. Fyysiset kuormitustekijät. Teoksessa Kauppinen T, Hanhela R, Kandolin I, Karjalainen A, Kasvio A, Perkiö-Mäkelä M, Priha E, Toikkanen J, Viluksela M. (toim.) Työ ja terveys Suomessa 2009. Sastamala. Vammalan Kirjapaino Oy. s. 64-66.
- Nordander C, Hansson G-Å, Rylander L, Asterland P, Unge J, Ohlsson K, Balogh I, Skerfving S. Muscular rest and gap frequency as EMG measures of physical exposure: the impact of work tasks and individual related factors. *Ergonomics* 2000; 43:1904-1919.
- Nuikka Marja-Liisa. 2002. Sairaanhoidajien kuormittuminen hoitotilanteessa. Tampere. Tampereen yliopisto. 33-35.
- Oksanen T, Joensuu M, Vahtera J. 2010. Sairauspoissaolot. Teoksessa Kauppinen T, Hanhela R, Kandolin I, Karjalainen A, Kasvio A, Perkiö-Mäkelä M, Priha E, Toikkanen J, Viluksela M. (toim.) Työ ja terveys Suomessa 2009. Sastamala. Vammalan Kirjapaino Oy. s. 129-135.
- Okunribido OO, Magnusson M, Pope MH. The role of whole body vibration, posture and manual materials handling as risk factors for low back pain in occupational drivers. *Ergonomics*. 2008; 51:308-29.
- Ollila J, Härmä M, Pulli K. 1995. Helsingin kaupungin liikennelaitoksen kuljettajan työn kuormittavuus. Työsuojelurahaston hanke 91287. Vantaa. Työterveyslaitos.
- Østensvik T, Nielsen P, Veiersted KB. Muscle Activity Patterns in the Neck and Upper Extremities Among Machine Operators in Different Forest Vehicles. *Int J Forest Engin* 2008; 19: 11-20.
- Østensvik T, Veiersted KB, Nilsen P. A method to quantify frequency and duration of sustained low-level muscle activity as a risk factor for musculoskeletal discomfort. *J Electromyogr Kinesiol* 2009; 2: 283-294.
- Perkiö-Mäkelä M, Ahola K, Manninen P. Sairastavuus, oireilu ja koettu terveys. 2010. Teoksessa Kauppinen T, Hanhela R, Kandolin I, Karjalainen A, Kasvio A, Perkiö-Mäkelä M, Priha E, Toikkanen J, Viluksela M. (toim.) Työ ja terveys Suomessa 2009. Sastamala. Vammalan Kirjapaino Oy. s. 136-140.

- Punnet L, Bergqvist U. Visual display unit work and upper extremity musculoskeletal disorders. *Arbete och Hälsa* 1997; 16: 1201.
- Rauas S ja Ketola R. Video ja EMG fyysisen kuormituksen arvioinnissa. Kirjassa Kukkonen R, Hanhinen H, Ketola R, Luopajarvi T, Noronen L, Helminen P. (toim.) *Työfysioterapia. Yhteistyötä työ- ja toimintakyvyn hyväksi*. Helsinki. Työterveyslaitos. 1997. 175-181.
- Remes A, Rauhala E, Hänninen O., Fully rectifies, integrated, band (FRIB-) EMG analysis in quantifying muscle activity. Development of a new field equipment. *Acta Physiol Scand* 1984; 537: 65-70.
- Rempel P, Janowitz I, Alexandrec M, Leed D, Rempel D. The effect of two alternative arm supports on shoulder and upper back muscle loading during pipetting. *Work* 2011; 39: 195-200
- Robb MJ, Mansfield NJ. Self-reported musculoskeletal problems amongst professional truck drivers. *Ergonomics* 2007; 50: 814-27.
- Rosengren A, Andersson K, Wilhelmsen L. Risk of coronary heart disease in middle-aged male bus and tram drivers compared to men in other occupations. a prospective study. *Int J Epidemiol* 1991; 20:82-87.
- Räty L, Kangas L, Saivo-Kihlanki H, Hillo K. 2009. Helsingin raitioliikenteen kokonaiskehittämisselvitys. HKL:n julkaisusarja C: 4/2009. Helsinki. Helsingin kaupunki, HKL-liikennelaitos, Suunnitteluyksikkö, s. 6, 39 -42.
- Sillanpää J, Nyberg M, Laippala P. A new table for work with a microscope, a solution to ergonomic problems. *Appl Ergon* 2003; 34: 621-628.
- Sillanpää J. 2007. Electromyography for assessing muscular strain in the workplace. *People and Work Research Reports* 79. Finnish Institute of Occupational Health. Tampere. Tampereen yliopistopaino, s. 13-15, 17, 19, 45.
- Sjøgaard G ja Jensen B. 2006. Low-Level Static Exertion. Teoksessa Marras WS, Karowski W. (toim.) *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics*. 2. painos. Boca Raton. Taylor & Francis Group. s. 14-1 – 14-13.

- Takala EP. Liikuntaelinten kuormittuminen työssä. *Työ ja Ihminen* 2007; 21: 42-57. s. 44-47
- Takala EP, Pehkonen I, Forsman M, Hansson GA, Mathiassen SE, Neumann WP, Sjogaard G, Veiersted KB, Westergaard RH, Winkel J. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scand J Work Environ Health*. 2010; 36:3-24.
- Tittiranonda P, Burstero S, Rempel D. Risk factors for musculoskeletal disorders among computer users. *Occup Medicine* 1999; 14: 17-38, 33.
- TTL. 1977. Työterveyslaitoksen katsauksia 15. Stressi linja-auton- ja raitiovaununkuljettajan ammatissa. Helsinki. Työterveyslaitos.
- TTL. 2005. Paikallisliikenteen kuljettajan kuuma-altistus. Työterveyslaitos. Helsinki.
- Tulppo M, Mäkitalo J. Työn fyysisen kuormittavuuden mittaaminen EMG-video - järjestelmällä. *Suomen Lääkärilehti* 1993; 30: 2902-2907.
- Tuomi K, Ilmarinen J, Järvinen E, Wäger G, Eskelinen L, Suurnäkki T, HUUHTANEN P. Eläkeikien perusteiden tutkimuksen tausta, viitekehys ja osat. Työ, terveys ja eläkeikä kunta-alalla. Työterveyslaitoksen tutkimuksia 1985; 3: 85-94.
- Tyke. 2008. Työpaikkaselvitysraportti. Helsingin kaupunki. Työterveyskeskus. Helsinki
- Van der Beek, Frings-Dresen M. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. *Occup Environ Med* 1998; 55: 291-299, 292.
- Van der Windt, Thomas E, Pope D, de Winter AF, Macfarlane GJ, Bouter LM, Ailman AJ. Occupational risk factors for shoulder pain: a systematic review. *Occup Environ Med* 2000; 57:433-442.
- Vasseljen O. ja Westergaard RH. A case-control study of trapezius muscle activity in office and manual workers with shoulder and neck pain and symptom-free controls. *Int Arch Occup Environ Health* 1995; 67: 11-18.



- Vehmasvaara Päivi. 2004. Ensihoitoyön fyysinen kuormittavuus ja ensihoitajien fyysisiä edellytyksiä arvioivan testistön kehittäminen. Kuopion yliopisto. Kuopio. 17-18.
- Veiersted KB. Sustained muscle tension as a risk factor for trapezius myalgia. *Int J Ind Ergon* 1994; 14: 333-339.
- Virtanen I, Björkman P. 1975. Kyselytutkimus linja-auton- ja raitiovaununkuljettajan työssä esiintyvistä stressistä. Työterveyslaitoksen psykologian osasto ja Helsingin kaupungin liikennelaitos. Helsinki.
- Waersted M. Human muscle activity related to non-biomechanical factors in the workplace. *Eur J Appl Pshysiol*. 2000; 83, 151-158.
- Wahlström J, Lindegård A, Ahlberg Jr G, Ekman A, Hagberg M. Perceived muscular tension, emotional stress, psychological demands and physical load during VDU work. *Int Arch Occup Environ Health* 2003; 76: 584-590.
- Wahlström J, Svensson J, Hagberg M, Johnson P. Difference between work methods and gender in computer mouse use. *Scand J Work Environ Health* 2000; 26: 390-397.
- Westergaard RH, Vasseljen O, Holte KA. Trapezius muscle activity as a risk indicator for shoulder and neck pain in female service workers with low biomechanical exposure. *Ergonomics* 2001; 44: 339-353.
- Winkel J, Mathiassen SE. 1994. Assessment of physical work load in epidemiologic studies: concepts, issues and operational considerations. *Ergonomics* 37, 979-988.
- [www.megaemg.com](http://www.megaemg.com)
- [www.myontec.com](http://www.myontec.com)
- Zipp P. Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography. *Eur J Appl Physiol*. 1982; 50: 41-54.

## LIITTE 1



Helsingin kaupunki  
**Työterveyskeskus**

**TIETEELLISEN TUTKIMUKSEN REKISTERISELOSTE**  
**(Henkilötietolaki 523/99, 10 §)**

Laatimispvm:

24/08 2007

<p><b>1a. Tutkimusrekisterinpitäjä</b> (tutkimuksen toteuttaja)</p>	<p>Helsingin kaupungin työterveyskeskus</p> <p>Postiosoite: PL 5603, 00099 Helsingin kaupunki</p> <p>Käyntiosoite: Sturenkatu 8,Helsinki</p> <p>Puhelinvaihde: (09) 310 5014</p>
<p><b>1b. Tutkimuksen vastuullinen johtaja tai siitä vastaava ryhmä.</b></p>	<p>Tiina Pohjonen</p> <p>PL 5603, 00099 Helsingin kaupunki</p> <p>Käyntiosoite: Sturenkatu 8, Helsinki</p> <p>Puhelin: (09) 310 54086</p>
<p><b>1c. Tutkimuksen suorittajat</b></p>	<p>Tuija Toikka, Jouni Silvo, Veikko Louhevaara, Jukka Kähkönen, Katri Haukka, Sari Roivainen, Lena Fick</p>
<p><b>2. Tutkimusrekisteriasioista vastaava henkilö ja/tai yhteyshenkilö</b></p>	<p>Tuija Toikka</p> <p>PL 5603, 00099 Helsingin kaupunki</p> <p>Käyntiosoite: Sturenkatu 8, Helsinki</p> <p>Puhelin: (09) 310 54074</p>

<p><b>3. Tutkimuskohde / tutkimustarkoitus</b></p>	<p><b>Tutkimuksen nimi</b></p> <p>Raitiovaununkuljettajien työn kuormittavuus ja riskit hallintaan: RAKUHA -hanke</p> <p>Työn kehittämistutkimus poikkileikkausasetelmalla</p>
<p><b>4. Rekisterin tietosisältö</b></p>	<p><b>Kyselylomake:</b></p> <p>Tunnistetiedot: havaintonumero, syntymäaika, sukupuoli, ikä Taustatiedot: tehtävänimike, toimiala, työaikamuoto</p> <p>Kysymykset koetusta terveydestä, stressistä, unesta, liikuntaelinten oireista sekä edellisiin yhteydessä olevista työhön ja yksilöllisiin ominaisuuksiin liittyvistä tekijöistä.</p> <p><b>Biosignaalomittaukset:</b></p> <p>Verenkiertoelimistön ja autonomisen hermoston kuormittuminen ja palautuminen 36 tunnin sydämen sykintätaajuuden ja sykevälivaihtelun rekisteröinnillä käyttäen sykepantaa. Hartioiden ja käsien kuormittuminen työn aikana rekisteröimällä lihasten sähköinen aktiviteetti (EMG) anturivaatteella.</p>
<p><b>5. Mistä tutkimusaineisto muodostuu?</b></p>	<p>Tiedot kerätään osallistujilta vapaaehtoisesti täytettävän kyselylomakkeen avulla sekä vapaaehtoisesti tehtävillä biosignaalomittauksilla työn ja vapaa-ajan aikana.</p> <p>Tietoja käytetään tieteellisessä tutkimuksessa niiltä osin, joihin on saatu osallistujan suostumus.</p>

<b>6. Missä tutkimus tehdään?</b>	Tässä rekisterissä olevia henkilötietoja ei luovuteta työterveyskeskuksen ulkopuolelle. Aineistoa käyttää vain tässä rekisteriselosteessa mainittu tutkimusryhmä (Toikka, Silvo, Louhevaara, Kähkönen, Haukka, Roivainen, Fick)
<b>7. Rekisterin suojauksen periaatteet</b>	<p>Tässä rekisterissä olevat tiedot ovat salassa pidettäviä.</p> <p>ATK:lle talletettua aineistoa käsitellään ja säilytetään työterveyskeskuksen tietojärjestelmissä kuten salassa pidettäviä terveystietoja. Aineistoon on pääsy vain tutkimusryhmään kuuluvilla. Aineiston käyttäminen on suojattu käyttäjätunnuksella, salasanalla ja käytön rekisteröinnillä.</p> <p>Tunnistetiedot poistetaan analysointivaiheessa</p>
<b>8. Tutkimusaineiston hävittäminen / arkistointi</b>	<p>Tutkimusrekisteri arkistoidaan ilman tunnistetietoja.</p> <p>Tutkimuksen loputtua rekisteri hävitetään</p>