

Oulun mallista muokatun savusukellustestiradan luotettavuus ja turvallisuus

Loppuraportti 2004

Anne Punakallio¹
Sirpa Lusa¹
Harri Lindholm¹
Raija Ilmarinen¹
Veikko Louhevaara^{1,2}
Jorma Katajaisalo³
Saila Lindqvist-Virkamäki⁴

1 Työterveyslaitos
2 Kuopion yliopisto
3 Helsingin kaupunki
4 Lääkärikeskus Mehiläinen Airport

Palosuojelurahaston rahoittama hanke,
päättös SM-2002-2036/Tu-394

Saatteeksi

Suomessa on ollut laajassa käytössä savusukeltavien pelastajien työtä simuloiva testirata ns. Oulun malli, jolla on arvioitu yksilöllistä kuormittuneisuuden tasoa, toimintareserviä ja selviytymistä fyysisesti raskaimmista tehtävistä. Tulosten tulkinnassa on kuitenkin ollut ongelmia ja erityisesti silloin kun testaajalla ei ole ollut riittäviä fyysisen kunnon testauksen perustietoja eikä kokemusta. Tästä syystä Oulun mallia on edelleen kehitetty ns. läpäisyperiaatteella toimivaksi seulontatestiksi (muokattu testirata), jolloin tulosten tulkinta olisi yksinkertaista. Ennen nyt raportoitavan tutkimuksen "*Oulun mallista muokatun savusukellustestiradan luotettavuus ja turvallisuus*" tulosten valmistamista on muokatusta testiradasta keväällä 2004 julkaistu Pelastusopiston ja Sisäasiainministeriön toimesta suositus, joka perustuu toisaalla tehtyyn tutkimukseen.

Muokatun testiradan luotettavuutta ja turvallisuutta selvittävä tutkimushanke käynnistyi syksyllä 2001. Tiedonkeruu aloitettiin Työterveyslaitoksella syyskuussa 2003 ja kenttämittaukset Nurmijärven ja Vantaan pelastuslaitoksissa kestivät vuoden loppuun. Tutkimuksen loppuraportti valmistui kesällä 2004.

Hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää pelastajien työkyvyn arviointimenetelmien jatkokehittelyssä. Niitä voidaan myös käyttää koulutuksen tukena. Tulokset tullaan julkaisemaan sekä kansallisissa että kansainvälisissä alan julkaisuissa.

Tutkimus kuuluu Työterveyslaitoksen Turvallisuusammattien toimintalinjaan ja sen rahoittivat Palosuojelurahasto ja Työterveyslaitos. Tutkimuksen yhteistyötahoina ovat Helsingin ja Keski-Uudenmaan aluepelastuslaitokset ja Mehiläinen Oyj, joille kaikille lämmin kiitos. Kiitokset myös tutkimushoitaja Heli Sistoselle, tutkimusapulaisille Kati Eklöf ja Seija Reponen sekä tietojärjestelmäpäällikkö Kalevi Niemiselle Työterveyslaitokselta laboratorio- ja kenttämittausten laadukkaasta suorittamisesta. Kiitokset Vantaan ja Nurmijärven pelastuslaitoksille ja sopimuspalokunnille myönteisestä suhtautumisesta tutkimushankkeeseen sekä aktiivisesta osallistumisesta tutkimuksen eri vaiheisiin.

Helsingissä 30.6.2004

Tekijät

Tiivistelmä

Tausta

Suomessa on ollut laajassa käytössä savusukeltavien palomies-sairaankuljettajien eli pelastajien työtä simuloiva testirata ns. Oulun malli, joka on ollut mahdollista toteuttaa palo- ja pelastuslaitoksissa. Tulosten tulkinnassa on kuitenkin ollut ongelmia silloin kun testaajalla ei ole ollut riittäviä fyysisen kunnon testauksen perustietoja eikä kokemusta. Testillä on arvioitu kunkin pelastajan yksilöllistä kuormittuneisuuden tasoa ja ns. toimintareserviä sekä selviytymistä fyysisesti raskaimmissa työtehtävissä. Lisäksi mm. testiradalta saadut tulokset ovat tukeneet työterveyshuoltohenkilöstön tekemiä työkyvyn arviointeja esimerkiksi pitkien sairauslomien jälkeen.

Oulun mallin testiradasta on edelleen kehitetty läpäisyperiaatteella toimiva seulontatesti (muokattu testirata). Pyrkimyksenä on ollut lisätä testiradan kuormittavuutta siten, että testin aikana pelastajan keskimääräinen hapenkulutus olisi vähintään 3 l/min ja 36 ml/kg·min⁻¹. Täten testin läpäisy tietyssä ajassa edellyttäisi pelastajan verenkiertoelimistön suorituskyvyltä savusukellusohjeessa asetettuja maksimaalisen hapenkulutuksen vähimmäisvaatimuksia. Muokatusta testiradasta on Pelastusopiston ja Sisäasiainministeriön toimesta keväällä 2004 julkaistu suositus, joka perustuu toisaalla tehtyyn tutkimukseen. Testiradan turvallisuutta tai luotettavuutta ei kuitenkaan tutkimuksessa varmistettu.

Tavoite

Tässä raportoitavan tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Oulun mallista muokatun savusukellustestiradan ja sen eri osien luotettavuus ja turvallisuus sekä laatia testille yksiselitteiset suoritus- ja tulkintaohjeet.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen osallistui yhteensä 50 30-34-, 35-39-, 40-44-, 45-49- ja ≥ 50 -vuotiasta vakainaista pelastajaa tai sopimuspalokuntaan kuuluvaa Keski-Uudenmaan aluepelastuslaitoksesta. Ikäryhmittäin valittiin 10 tutkittavaa. Toimintakyky mittaukset laboratorioissa voitiin tehdä 48 tutkittavalle ja savusukellustestiradalle terveytensä ja kuntonsa puolesta osallistui 45 tutkittavaa. Savusukellustestiradan toistettavuustesteihin sekä hapenkulutuksen ja elimistön lämpökuormittumisen mittauksiin testiradalla valittiin erikseen satunnaisotannalla 15 eri tutkittavaa.

Tutkittaville tehtiin terveystarkastus ja heidän fyysinen toimintakykynsä mitattiin Työterveyslaitoksen kuormituslaboratoriossa. Savusukellustestiradalla tehdyt mittaukset toteutettiin pelastuslaitosten tiloissa. Testiradan turvallisuutta selvitettiin rekisteröimällä EKG- ja sykevariaatio sekä elimistön lämpökuormittuminen testiradan ja palautumisen aikana. Testin luotettavuuden selvittämiseksi 15 pelastajalta mitattiin testiradalla hapenkulutus suoralla menetelmällä. Testiradan toistettavuus selvitettiin 3 kertaa viikon välein toistuvilla mittauksilla.

Tulokset

Muokatun savusukellustestiradan aikana mitattu keskimääräinen hapenkulutus oli 2,5 l/min absoluuttisena arvona ja 29,7 ml/kg·min⁻¹ suhteutettuna tutkittavien alastomaan kehon painoon sekä 22,9 ml/kg·min⁻¹ suhteutettuna tutkittavien painoon savusukellusvarustuksessa. Testiradalla sydämen sykintätaajuuden ja hapenkulutuksen suhde ei ollut lineaarinen, vaan suuri staattisen yläraajatyön määrä sekä voimakas lämpökuormitus nosti sydämen sykintätaajuutta suhteellisesti hapenkulutusta ja ventilaatiota enemmän. Tämä lisäsi testin kuormittavuutta, muttei sen vaatimusta hapenkulutuksen kannalta. Testi oli mahdollista läpäistä vaikka tutkittujen laboratorioissa mitattu maksimaalinen hapenkulutus jäi alle savusukellusohjeessa asetettujen vähimmäisvaatimusten.

Viikon välein tehdyt suoritukset muokatulla savusukellustestiradalla olivat hyvin toistettavia.

Voimakkaasti lämpökuormittavan savusukellustestiradan verenkiertoelimistöön kohdistunut kuormitus vastasi useilla tutkittavilla maksimaalisen kliinisen kuormituskokeen kuormitustasoa. Joissakin tapauksissa radalla mitatut sykintätaajuudet jopa ylittivät laboratorioissa mitatut iänmukaiset maksimitasot. Huomattavalla osalla (noin 10%, n=6) tutkituista esiintyi savusukellustestiradan aikana EKG- löydöksiä, joiden luonne ikääntyvillä ja sydän ja verisuonisairauksien riskitekijöitä omaavilla on aiheellista tarkastaa.

Johtopäätökset

Muokatun savusukellustestiradan läpäisy 12,5 minuutissa ei takaa sitä, että savusukellustehtäviin osallistuville pelastajille asetetut maksimaalisen hapenkulutuksen minimivaatimukset täyttyvät. Tästä syystä muokattua savusukellustestirataa ei em. aikakriteeriä käyttäen suositella savusukelluskelpoisuuden arviointiin. Testirataa voidaan käyttää työtaitojen ja laiteharjoittelun välineenä, oman kunnon kehittymisen seurantaan tai toimintareservin arviointiin suhteessa omaan maksimaaliseen suorituskykyyn, jos tässä raportoidut turvallisuussuositukset otetaan huomioon.

Lyhenteet

BMI	kehon painoindeksi
HR	keskimääräinen sydämen sykintätaajuus
HRmax	maksimaalinen sykintätaajuus
HRpeak	korkein sykintätaajuus
%HRmax	keskimääräinen HR testiradalla suhteutettuna laboratoriossa mitattuun HRmax
Tb	keskimääräinen elimistön lämpötila
Tre	keskimääräinen rektaalilämpötila
Tsk	keskimääräinen ihon lämpötila
VE	keskimääräinen ventilaatio
VEmax	maksimaalinen ventilaatio
%VEmax	keskimääräinen VE testiradalla suhteutettuna laboratoriossa mitattuun VEmax
VO ₂	keskimääräinen hapenkulutus
VO ₂ max	maksimaalinen hapenkulutus
% VO ₂ max	keskimääräinen VO ₂ testiradalla suhteutettuna laboratoriossa mitattuun VO ₂ max

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	6
1.1. Savusukellusta jäljittelevän testiradan kehitys ja käyttö	7
1.2. Mihin tällä tutkimuksella pyritään?	8
2. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	9
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	9
3.1. Tutkittavat ja tutkimusasetelma	9
3.2. Mittausmenetelmät	12
3.2.1 Laboratoriomittaukset	12
3.2.2 Kenttämittaukset	14
3.2.3 Tilastolliset menetelmät ja aineiston analyysi	17
4. TULOKSET	18
4.1 Kuormittuminen muokatulla savusukellustestiradalla	18
4.1.1 Aerobinen kuormittuminen	18
4.1.2 Elimistön lämpökuormittuminen	22
4.1.3 Testiradalla keskeyttäneiden kuormittuminen	25
4.2 Muokatulla savusukellustestiradalla kuormittumisen yhteydet fyysiseen toimintakykyyn ja koettuun työkykyyn	26
4.3 Muokatun savusukellustestiradan toistettavuus	29
4.4 Turvallisuusnäkökohdat muokatulla savusukellustestiradalla	29
4.5 Käytännön kokemuksia muokatun testiradan luotettavuuteen vaikuttavista tekijöistä	31
5. POHDINTA	33
5.1 Päätulokset	33
5.2 Tulosten tarkastelu	34
5.2.1 Luotettavuus	34
5.2.2 Toistettavuus	37
5.2.3 Turvallisuus	37
5.3 Aineiston tarkastelu	38
5.4 Menetelmien tarkastelu	39
6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	40
LÄHTEET	44
LIITTEET	48

1. JOHDANTO

Palomies-sairaankuljettajien eli pelastajien työkyvyn arvioinnin lähtökohtana on työturvallisuus. Oleellista on pystykö pelastaja tehokkaasti suoriutumaan tehtävistään vaarantamatta omaa tai tovereiden terveydentilaa tai turvallisuutta. Nämä tekijät korostuvat fyysisesti ja psyykkisesti vaativissa savusukellustehtävissä. Turvallista työtoimintaa ohjeistavat mm. Pelastuslaki (468/2003), Työturvallisuuslaki (738/2002), Valtionneuvoston asetus terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheutuvissa töissä (1485/2001) ja Työterveyshuoltolaki (1383/2001) sekä savusukellus- (Sisäasiainministeriö 2002) ja pintapelastus- ja vesisukellusohje (Sisäasiainministeriö 2002).

Pelastajien työn fyysiset vaatimukset vaihtelevat työtehtävittäin. Pelastajat ovat itse arvioineet savusukellustehtävien kuormittavan eniten hengitys- ja verenkiertoelimistöä, raivaustehtävien tuki- ja liikuntaelimiä ja kattotyöskentelyn vaativan eniten motorista taitoa (Lusa ym. 1994). Kokonaiskuormitukseltaan selvästi raskaimmaksi työtehtäväksi koettiin savusukellus. Tiiviistä, hikihöyryä läpäisemättömästä suojavarustuksesta johtuen kemikaalisukellukset voivat olla vielä savusukellustakin kuormittavimpia työtehtäviä (McLellan 1993, Ilmarinen ym. 2004). Ylikuormittumisen ja lämpösairauksien, jopa henkeä uhkaavan lämpöhalvauksen, riskit lisääntyvät kuumassa ympäristössä tehtävissä kemikaalisukelluksissa. Eri tutkimusten mukaan simuloitun savusukelluksen on todettu vaativan 2,1-3,6 l/min hapenkulutuksen (Louhevaara ym. 1985, O'Connel ym. 1986, Sothman ym. 1990 ja 1992). Suomessa on savusukeltavan palomiehen maksimaalisen hapenkulutuksen minimitasoksi suositeltu 3 l/min ja 36 ml/kg·min⁻¹, mikä on lähellä myös muiden maiden suosituksia (Zylberstein 1973, Lemon & Hermoston 1977, Sothman ym. 1990). Suurin osa pelastajista (83-88%) 1990-luvun alkupuolella ilmoitti savusukeltaneensa vähintään neljä kertaa vuodessa viimeisen viiden vuoden aikana (Lusa ym. 1994).

Pelastajien työ on muuttunut viime vuosikymmenien aikana. Varsinaiset sammutustehtävät ovat vähentyneet ja pelastustehtävät, sairaankuljetus- ja ensihoitotehtävät sekä ennaltaehkäisevä työ lisääntyneet, mutta valmius vaativiin savusukellustehtäviin on oltava olemassa. Työn muuttuminen, kuten myös pelastajien työuran piteneminen (keski-ikä ja eläkeikä nousu) vaikuttavat terveyden ja työkyvyn arvioimiseen ja ylläpitämiseen työuran joka vaiheessa. Terveystarkastusten, fyysisten toimintakykytestien ja kuntoutusjärjestelmien jatkuva kehittäminen on välttämätöntä. Fyysisen toimintakyvyn testaus on yksi tapa arvioida työssä selviytymistä ja motivoida pelastajia jatkuvaan ja säännölliseen fyysisen toiminta- ja työkyvyn ylläpitoon. Suunnitelmallisesti, standardoidusti ja turvallisesti toteutetusta testauksesta hyötyvät yksittäisen työntekijän lisäksi työyhteisö ja työnantaja.

Luotettavimman tiedon pelastajan fyysisestä toimintakyvystä suhteessa työn vaatimuksiin saadaan työtä simuloivien testien avulla. Työtä simuloivissa testeissä (mm. Schonfeld ym. 1990, Gledhill ja Jamnik 1992, Bilzon ym. 2001, Selkirk ja McLellan 2004) on kuitenkin havaittu useita puutteita. Ongelmia tuottaa myös testien vaikea toteutettavuus työpaikoilla. Ne vaativat usein maksimaalista suoritusta eivätkä vastaa täysin Suomen olosuhteita. Yhteyksiä toimintakyvyn muihin tekijöihin tai ennustavuutta suhteessa työkykyyn on tutkittu vähän.

1.1. Savusukellusta jäljittelevän testiradan kehitys ja käyttö

Savusukellustestirata, josta tässä tutkimuksessa käytetään kentällä vakiintunutta nimitystä *Oulun malli*, kehitettiin Oulun pelastuslaitoksen, Merikosken kuntoutus- ja tutkimuskeskuksen ja Työterveyslaitoksen yhteistyönä 1990-luvun alussa (Louhevaara ym. 1994, Soukainen ym. 1992). Palo- ja pelastuslaitoksissa toteutettavan testin tarkoitus on jäljitellä tyypillistä savusukellustehtävää kronologisessa järjestyksessä: viisi osavaihetta viedään läpi tietyn ajan sisällä (kokonaisaika 14,5 minuuttia) normaalijoutuisuudella. Testillä pyritään ei-kilpailullisesti (työjoutuisuudella) ja selvästi alle maksimaalisella suoritustasolla (arvioitu hapenkulutus noin 2,1 l/min) arvioimaan jokaisen pelastajan yksilöllistä kuormittumista. Testiä pyrittiin kehittämään niin, että se mittaisi mahdollisimman monia fyysisen toimintakyvyn osa-alueita.

Oulun mallin testirataa ei alunperin tarkoitettu savusukelluskelpoisuuden arvioitiin vaan toimimaan apuna arvioitaessa työkykyä turvallisesti esimerkiksi pitkien sairauslomien jälkeen (Lusa 1994). Testirata on herättänyt kansallista ja kansainvälistä kiinnostusta työnomaisuudellaan sekä sen tarjoamalla mahdollisuudella testata henkilön toimintareserviä, joka arvioidaan laskemalla kuinka monta prosenttia keskimääräinen sydämen sykintätaajuus työn aikana on joko mitatusta tai arvioidusta maksimaalisesta sydämen sykintätaajuudesta (%HRmax).

Oulun mallin testirataa on Suomen Kuntaliiton (1998) tekemän kyselyn mukaan käytetty työkyvyn seurannassa 55 %:ssa kunnista. Testirataa käytetään myös pelastajien varhaiskuntoutuskursseilla. Pelastajat itse ovat kokeneet radan motivoivana testinä mm. siksi, että testin yhteydessä tulee tehdä myös laiteharjoitus (Louhevaara ym. 1994). Testirata sopii hyvin myös sopimuspalokuntien käyttöön. Testin avulla savusukeltaja saa tiedon ja tunteen siitä, miltä tuntuu toimia paineilmalaitteen kanssa fyysisesti korkealla kuormitustasolla. Testi on käyttökelpoinen myös työterveyshuollon tueksi työkykyä ja työkuormitusta arvioitaessa. Vähäinen kuormittuminen Oulun mallin testiradalla sekä jokaisessa osatehtävässä erikseen on todettu maksimaalisen hapenkulutuksen lisäksi olevan merkitsevästi yhteydessä myös hyvään lihaskuntoon (Punakallio ym. 1997a). Oulun mallin tulosten

analysoinnissa ja tulkinnassa (suhteuttaminen henkilökohtaiseen maksimaaliseen sykintäaajuuteen) on kentällä kuitenkin ollut jonkin verran vaikeuksia erityisesti silloin kun testaajalla ei ole ollut riittäviä perustietoja ja kokemusta fyysisen kunnon testauksesta.

1.2. Mihin tällä tutkimuksella pyritään?

Pelastusopistolla sekä Kuntoutumis- ja tutkimuskeskus Kunnanpaikassa on pyritty lisäämään Oulun mallin mukaisen testiradan kuormittavuutta siten, että testin aikana pelastajan keskimääräinen hapenkulutus olisi vähintään 3 l/min ja 36 ml/kg·min⁻¹. Täten testin läpäisy tietyssä ajassa edellyttäisi pelastajan verenkiertoelimistön suorituskyvyltä savusukellusohjeessa asetettuja maksimaalisen hapenkulutuksen vähimmäisvaatimuksia. Tästä läpäisyperiaatteella toimivasta savusukellustestiradasta käytetään jatkossa nimitystä *muokattu savusukellustestirata*. Nyt raportoitavan tutkimuksen toteutuksen aikana Pelastusopiston ja Sisäasiainministeriön toimesta julkaistiin muokattua savusukellus-testirataa koskeva suositus, joka perustuu toisaalla tehdyn tutkimuksen tuloksiin (Kinnunen ja Jylhä 2001 julkaisemattomia tuloksia, Jylhä ja Kinnunen 2004, Kinnunen 2004). Niiden mukaan pidettiin savusukelluskelpoisuutta määräävänä tekijänä sitä, pystyykö testattava suoriutumaan muokatusta savusukellusradasta (taulukko 1) määrättyssä ajassa (12,5 minuuttia). Jylhän ja Kinnusen (2004) tutkimuksessa testin turvallisuuden, luotettavuuden ja toistettavuuden selvittäminen jäi vähäisemmäksi.

Molemmat testiradat, Oulun mallin mukainen ja muokattu, viedään läpi suojarusteiden kanssa. Monikerrosvaatetus ja henkilönsuojaimet lisäävät elimistön lämpökuormaa (Ilmarinen 1978, Ilmarinen 1994, Mäkinen ym. 1996) ja sydämen sykintäaajuuden perusteella arvioituna verenkiertoelimistön kuormittuminen on voimakkaampaa kuin hapenkulutus edellyttäisi. Työskentely kuumassa lisää muutosta (Ilmarinen 1978, Ilmarinen ym. 1994, 1997a, 1997b). Tämän vuoksi on tärkeää varmistaa testien turvallisuus iäkkäiden, ylipainoisten tai lievempiäkin verenkiertosaairauksia potevien (esim. verenpaine-tauti) osalta. Täpäntyyppisiä töitä simuloivien toimintakykytestien luotettavuuden arvioinnin tulee sisältää suoralla hapenkulutuksen mittauksella tehty vertailututkimus eikä suositukset saisi perustua pelkästään sykintäaajuuksiin perustuviin arvioihin (Sothman ym. 1991, Parsons 1999, Selkirk ja McLellan 2004). Tällä tutkimuksella selvitettiin muokatun savusukellustestiradan ja sen eri osien luotettavuusominaisuudet fysiologisten kuormitusvasteiden perusteella, toistettavuus sekä turvallisuus, jotka uuden tai vanhasta muokatun testin ollessa kyseessä pitää aina selvittää ennen kuin testiä voidaan suositella laajempaan käyttöön.

2. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää muokatun savusukellustestiradan ja sen eri osien luotettavuus ja turvallisuus sekä laatia testille yksiselitteiset suoritus- ja tulkintaohjeet.

Tutkimuskysymykset

Luotettavuus:

1. Miten tutkittavat kuormittuvat muokatulla savusukellustestiradalla?
2. Ovatko testitulokset muokatulla savusukellustestiradalla yhteydessä laboratoriossa mitattuun fyysiseen toimintakykyyn ja omaan työkykyarvioon?

Toistettavuus:

3. Minkälainen on muokatun savusukellustestiradan toistettavuus?

Turvallisuus:

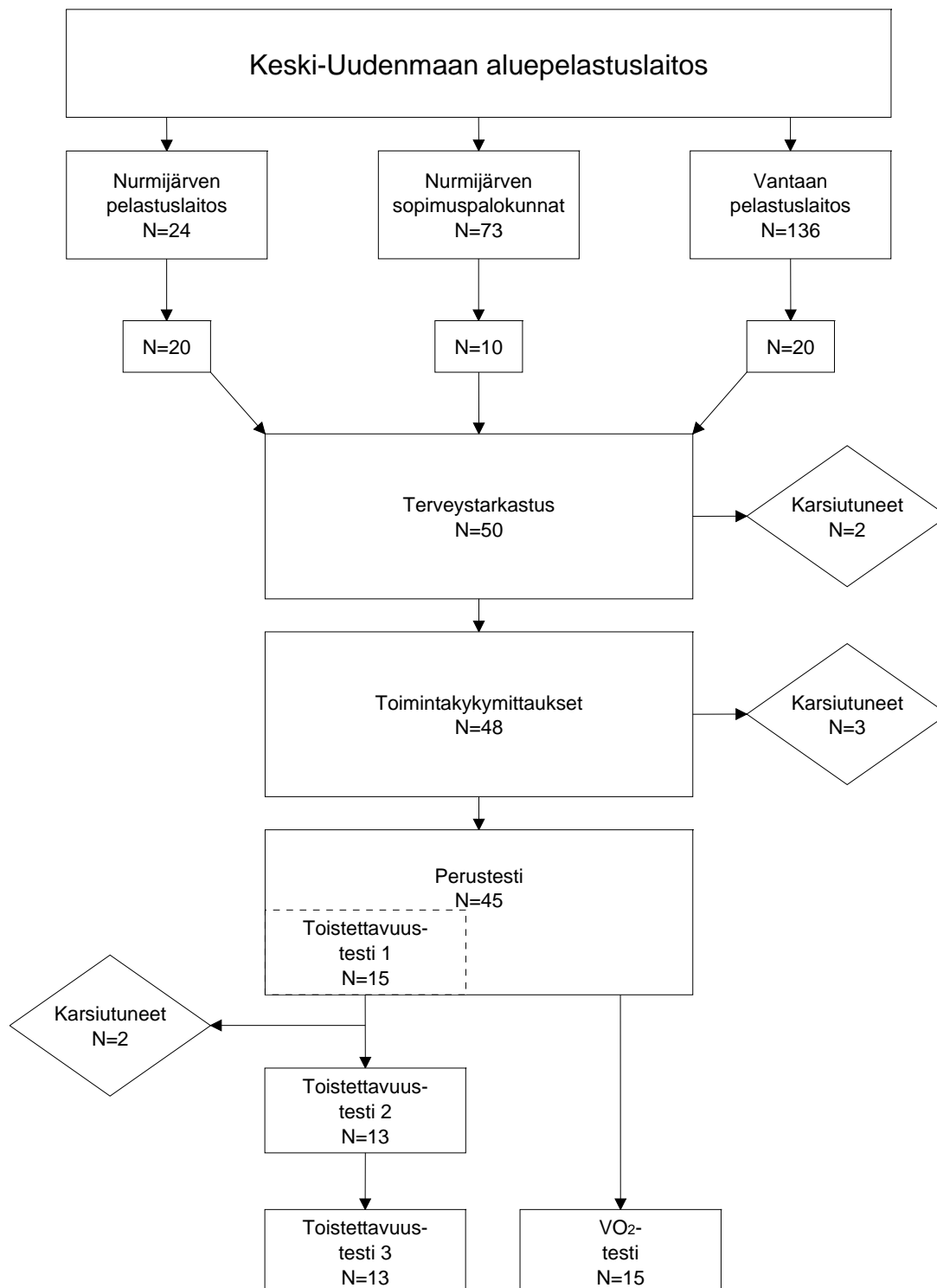
4. Onko muokattu savusukellustestirata turvallinen terveyden kannalta eri ikäisten ja eri kuntoisten pelastajien savusukelluskelpoisuuden arvioinnissa?

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1. Tutkittavat ja tutkimusasetelma

Tutkimukseen osallistui yhteensä 50 vakinaista pelastajaa tai sopimuspalokuntaan kuuluvaa Keski-Uudenmaan aluepelastuslaitoksesta (kuva 1). Seuraavat ammattinimikkeet sisällytettiin valintaan: palomies, palomies-sairaankuljettaja, ylipalomies ja paloiesimies. Valinta suoritettiin ikäryhmissä 30-34-, 35-39-, 40-44-, 45-49- ja ≥ 50 -vuotiaat. Nurmijärven vakinaisista pelastajista (kokonaisvahvuus 24) otettiin mukaan kaikki yli 29-vuotiaat ($n=20$). Vantaan pelastuslaitokselta (kokonaisvahvuus 136) valittiin ikäryhmittäin satunnaisotannalla yhteensä 20 pelastajaa. Lisäksi Nurmijärven sopimuspalokunnista (kokonaisvahvuus 73) valittiin satunnaisotannalla ikäryhmittäin 10 tutkittavaa. Jokaiseen ikäryhmään valittiin alunperin 10 tutkittavaa. Tutkittavien määrät uudelleen rekrytointien ($n=7$) ja käytännön syiden vuoksi muodostuivat seuraavanlaisiksi: 30-34- ($n=10$), 35-39- ($n=10$), 40-44- ($n=12$), 45-49- ($n=10$) ja ≥ 50 -vuotiaat ($n=8$). Eri pelastuslaitoksista tutkittavien lopulliset määrät olivat seuraavat: Vantaa 20, Nurmijärvi vakinainen 18 ja Nurmijärvi sopimuspalokunnat 13. Syinä uudelleen rekrytoinnille olivat seuraavat: 2 pelastajaa oli matkoilla

mittausajanjakson ajan ja 5 pelastajaa ei osallistunut tutkimukseen liikuntaelinten oireiden tai muiden henkilökohtaisten syiden vuoksi.



Kuva 1. Tutkittavien valinta ja tutkimuksen kulku

Toimintakykymittaukset laboratoriossa tehtiin 48 tutkittavalle, sillä *terveystarkastuksen* jälkeen kaksi tutkittavaa kahdesta vanhimmasta ikäryhmästä karsiutui terveydellisistä syistä pois tutkimuksesta. *Perustesti* savusukellustestiradalla tehtiin 45:lle tutkittavalle, sillä terveystarkastuksen ja toimintakykymittausten tulosten perusteella kolme tutkittavaa ei voinut terveytensä perusteella osallistua mittauksiin savusukellustestiradalla. Karsiutumisten syinä olivat mm. raskasastmaepäily, operoitu olkapää, ja hoidettu laskimotukos.

Savusukellustestiradan *toistettavuustesteihin* sekä *hapenkulutuksen ja elimistön lämpökuormittumisen mittauksiin (VO₂-testi)* testiradan aikana valittiin erikseen satunnaisotannalla 15 eri tutkittavaa (3 tutkittavaa jokaisesta ikäryhmästä). Sairausloman (flunssa ja antibioottikuuri) ja loman vuoksi kahden tutkittavan toistomittauksia ei pystytty tekemään mittausaikataulun puitteissa, joten 13 tutkittavaa suoritti testiradan kolme kertaa viikon välein. Kaikki 15 tutkittavaa osallistuivat VO₂-testiin. Tutkimuksen kulku on kuvassa 1.

Taulukossa 1. on perustiedot tutkimukseen osallistuneista. Tutkittavien perustiedot eivät eronneet eri osatutkimuksissa (toimintakykytestit; n=48, perustesti; n=45, toistettavuustesti; n=13, VO₂-testi n=15). Heistä 2% ilmoitti harrastavansa liikuntaa päivittäin, 19% harrasti liikuntaa 4-5 kertaa viikossa, 40% kolme kertaa, 33% 1-2 kertaa viikossa ja 6% tutkittavista liikkui kuntoillakseen 1-3 kertaa kuukaudessa.

Taulukko 1. Tutkittujen pelastajien perustiedot (n=48).

Muuttuja	Keskiarvo (vaihteluväli)
Ikä (v)	41 (30-54)
Työkokemus (v)	18 (2-41)
Pituus (cm)	178 (168-192)
Paino (kg)	84 (64-150)
Kehon painoindeksi (kg/m ²)	27 (22-42)

3.2. Mittausmenetelmät

3.2.1 Laboratoriomittaukset

Terveystarkastus

Ennen fyysisen toimintakyvyn mittausta kaikille tutkittaville tehtiin terveystarkastus liitteen 1 mukaisesti. Tutkimukseen ei otettu mukaan, mikäli ilmeni absoluuttinen este maksimaalisen kuormituskokeen suorittamiselle tai kuormituskokeessa ilmeni aiheutta rajoittaa kovaa fyysistä ponnistelua ennen lisäselvityksiä. Tärkeimmät rajoittavat sairaudet olivat toimintakykyä merkittävästi heikentävä tuki- ja liikuntaelinsairaudet tai oireellinen hengitys- verenkiertoelimistön sairaus. Tutkimuksen mittausmenetelmät on taulukossa 2.

Taulukko 2. Menetelmät tutkimuksen eri vaiheissa.

Menetelmät	Mitä analysoidaan
Laboratoriomittaukset <i>terveystarkastus (n=50)</i> <i>toimintakykytesti (n=48)</i> - antropometria - maksimaalinen hapenkulutus - lihaskunto - motorinen kunto <i>kyselyt (n=48)</i> - työkykyindeksi - elintavat	LUOTETTAVUUS TURVALLISUUS PALAUTE
Kenttämittaukset (savusukellustestirata) <i>perustesti, (n=45)</i> - ekg- rekisteröinti - sykintätaajuus ja sykevariaatio - suoritus aika - koettu kuormitus <i>VO2-testi, (n=15)</i> - hapenkulutus - elimistön lämpötilat (n=14) - lämpö- ja kosteustuntemukset - koettu kuormitus	TURVALLISUUS LUOTETTAVUUS PALAUTE
Kenttämittaukset (savusukellustestirata) <i>toistettavuustesti, (n=13)</i> - testirata 3 kertaa viikon väliajoin (perustesti=toisto 1+toistot 2 ja 3)	TOISTETTAVUUS

Kyselyt

Taustatietoja selvitetiin samoilla kysymyksillä kuin aikaisemmassa palomiesten tutkimuksessa (Lusa-Moser ym. 1997a, 1999). Koettu työkyky arvioitiin Työkykyindeksillä (Tuomi ym. 1997) ja savusukellustehtävissä selviytymistä kartoittavilla kysymyksillä (Lusa-Moser ym. 1997a) (liite 2). Kysymyksiä käytettiin testiradalla selviytymistä selittävinä ja tutkimusaineistoa kuvaavina muuttujina.

Antropometria

Tutkittavilta mitattiin kehon pituus (cm), paino (kg) ja painoindeksi (BMI) (kg/m^2) (Heliövaara ja Aromaa 1980). Muuttujia käytettiin kuvaamaan tutkittavia ja myös tutkittaessa testiradalla selviytymiseen yhteydessä olevia tekijöitä.

Motorinen kunto

Kehon asennon hallintaa selvitetiin tasapainotesteillä:

- toiminnallinen dynaaminen tasapaino (kävelytesti 9 cm leveällä, 250cm pitkällä ja 5 cm paksulla lankulla etu- ja takaperin (Punakallio 2004). Suoritusnopeus mitattiin ja virheiksi laskettiin mm. ylimääräiset tuenotot lattiasta ja lankulta putoamiset.
- seisomatasapaino (silmät auki ja kiinni) mitattiin voimalevytekniikalla (Metitur 2001). Testissä tutkittavaa pyydettiin seisomaan luonnollisessa seisoma-asennossa, kädet rinnalla mahdollisimman liikkumatta 30 s ajan.

Lihaskunto

Pelastajien lihaskunnan yhteyksiä testiradalla selviytymiseen tarkasteltiin pelastajien työkyvyn arviointiin suositelluilla testeillä (Louhevaara ja Lusa 1992):

- jalkakyykky 45 kg (krt/60 s)
- penkkipunnerrus 45 kg (krt/60 s)
- makuulta istumaan (krt/60 s)
- käsinkohonta (maks. krt)

Hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvyn mittaus

Testi suoritettiin kävelymatolla käyttäen Brucen protokollaa (Sovijärvi 2003). Keuhkotuuletus sekä hengityskaasut analysoitiin mukana kannettavalla laitteella (Oxycon Pro, Jaeger GmbH, 2003) Lähötasona oli $3,5 \text{ kmh}^{-1}$ nopeus ja 5° kulma. Kuormaa lisättiin 3 minuutin välein kulmaa tai nopeutta lisäämällä. Tutkittavien hapenkulutus (VO_2), hiilidioksidin tuotto (VCO_2) ja ventilaatio (VE) mitattiin henkäys-henkäys menetelmällä. Tuloksissa arvioitiin maksimaalisen hapenkulutuksen

(VO₂max) lisäksi ventilatorinen kynnys kiihtyneen maitohappotuotannon merkkinä, happipulssi verenkierron kapasiteetin yhtenä osoittimena ja hengitysreservi keuhkokapasiteetin mittarina.

EKG:lla (12-kanavainen) seurattiin sydämen toimintaa. Kuormituskokeiden osalta noudatettiin yleisiä kliinisen kuormituskokeen turvallisuussuosituksia (Sovijärvi 2000). Iänmukainen maksimaalinen sykintätaajuus (HRmax) arvioitiin kaavalla $208 - (0,7 \cdot \text{ikä})$ (Tanaka 2001). Koska kyseessä oli myös diagnostinen kliininen kuormituskoe terveystarkastuksen osana, testi suoritettiin urheiluväestössä. Testi keskeytettiin, mikäli ilmeni sydämen tai keuhkojen poikkeavaan toimintaan viittaavia oireita ja mittalöydöksiä. Testin maksimaalisuuden kriteereitä olivat ensisijaisesti, hengitysosamäärän (VCO₂/VO₂) nousu tasolle > 1,2, hengitysreservin jääminen < 10 %, hapenkulutuksen nousun pysähtyminen kuormanlisäyksestä huolimatta tai sen kääntyminen laskuun sekä täydentävänä muuttujana sykintätaajuuden nousu > 95 % viitemaksimista.

3.2.2 Kenttämittaukset

Tutkittavat suorittivat savusukellustestiradan 1-3 kertaa joko Vantaan keskuspelastusaseman tai Nurmijärven pelastuslaitoksen tiloissa riippuen siitä kumman pelastuslaitoksen piiriin kuuluivat ja mihin kolmesta osatutkimusryhmästä (perustesti, toistettavuustesti, VO₂-testi) heidät oli satunnaisesti. Kaikki tutkittavat suorittivat testiradan perustestin yhden kerran (perustesti, n=43). Testirata toistettiin kaksi kertaa toistettavuusryhmäläisille (n=13) ja VO₂-testiryhmään satunnaistetut tutkittavat suorittivat testiradan perustestin lisäksi kerran uudelleen (n=15).

Kaikissa osatutkimuksissa savusukellustestirata suoritettiin samalla tavalla ja käytettiin aina samaa ohjeistusta. Testirata kehoitettiin suorittamaan työnomaisen ripeästi, ei kilpaillen tai juosten. Aikarajaa ei annettu. Tutkittavien kanssa käytiin läpi testin eri osatehtävien suoritus ennen jokaista testiä. Testirata suoritettiin muokatun savusukellustestiradan mukaan (Jylhä ja Kinnunen 2004, Kinnunen 2004). Taulukossa 3 on alkuperäisen Oulun mallin savusukellustestiradan sisältö ja suoritusohjeet sekä siihen tehdyt muutokset muokatulla testiradalla. Savusukellustestirata toteutettiin osin autohallin tasaisella betonilattialla ja osin portaissa täydellisessä savusukellusvarustuksessa (kokonaispaino keskimäärin 25 kg, josta paineilmahengityslaite terässäiliön osuus noin 15 kg, vaatetuksen lämmöneristävyys noin 1,5 clo), mutta ilman valolamppua ja palonarua.

Taulukko 3. Oulun mallin ja muokatun savusukellustestiradan sisältö osavaiheittain ja muutokset muokatussa savusukellustestiradassa.

Oulun mallin testiradan sisältö osatehtävittäin	Muutokset muokatussa testiradassa
---	-----------------------------------

(Soukainen ym. 1992, Louhevaara ym. 1994)	(Jylhä ja Kinnunen 2004, Kinnunen 2004)
<p>1. Käveleminen ilman letkurullia ja niitä kantaen (<i>kävely</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> Käytettävissä oleva aika 4 min Varustus: kaksi 25 m:n letkurullaa. Yhden letkun halkaisija on 76 mm ja paino 16,6 kg Ensin kävellään¹ 100 m ilman letkurullia Tämän jälkeen kävellään² 100 m kahta letkurullaa käsillä kantaen 	<p>1. Kävely</p> <ul style="list-style-type: none"> Tehtävään käytettävissä olevaa aikaa ei rajoiteta Lisätään 100 m kävelyyn¹ kantamukseksi 2 kpl 25 m:n letkurullaa 76 mm letkukieppiä. Yhden letkun halkaisija on 76 mm. Yhden letkukiepin paino 16 kg (± 250 g) Lisäksi lisätään 100 m kävelyyn² kantamukseksi 2 kpl letkukehikkoja (2 · 39 mm letkua/kehikko, myös 42 mm letkut käy). Yhden letkukehikon paino 16 kg (± 250 g)
<p>2. Portaissa liikkuminen ilman kantamuksia (<i>portaait</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> Käytettävissä oleva aika 3,5 min Varustus: portaait, joissa yhden portaan korkeus on 18-22 cm Portaita nouseaan ja laskeudutaan niin, että nousua tulee yhteensä 20 m Jokaisella nousukerralla kierretään viimeisen portaan jälkeen yhden metrin päässä tasanteella oleva merkki ja laskeudutaan takaisin lähtöpaikalle, joka on yhden metrin päässä portaiden alapäästä 	<p>2. Portaait</p> <ul style="list-style-type: none"> Tehtävään käytettävissä olevaa aikaa ei rajoiteta Lisätään porrasmuotoon kantamukseksi 2 kpl letkukehikkoja (2 · 39 mm letkua/kehikko, myös 42 mm letkut käy). Yhden letkukehikon paino 16 kg (± 250 g)
<p>3. Kuorma-auton renkaan moukarointi (<i>moukarointi</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> Käytettävissä oleva aika 2 min Varustus: moukari, jonka varren pituus 90 cm ja halkaisija 32 mm. Moukarin paino on 6 kg. Vanteeton kuorma-auton rengas, jonka kokonaishalkaisija noin 103 cm, rengasosan leveys noin 25 cm ja paino noin 47 kg. Betoni lattialla makaavaa rengasta siirretään moukaroimalla 3 m 	<p>3. Moukarointi</p> <ul style="list-style-type: none"> Tehtävään käytettävissä olevaa aikaa ei rajoiteta
<p>4. Esteiden alitus ja ylitys (<i>ryömintä</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> Käytettävissä oleva aika 3 min Varustus: yhteensä 8 m pitkä rata, jolla on kolme aitaa kahden metrin välein. Aitojen korkeus on 60 cm. Aitojen tulee olla niin kiinteät, etteivät ne siirry paikoiltaan alituksen tai ylityksen aikana. Ensimmäinen aita alitetaan, toinen ylitetään ja kolmas alitetaan, jonka jälkeen kierretään radan päässä oleva merkki ja palataan samalla tavalla lähtöpaikalle Rata kierretään yhteensä kolme kertaa 	<p>4. Ryömintä</p> <ul style="list-style-type: none"> Tehtävään käytettävissä olevaa aikaa ei rajoiteta
<p>5. Letkun rullaus (<i>kelaus</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> Käytettävissä oleva aika 2 min Varustus: 25 m pitkä letku, jonka halkaisija on 39 mm Letku rullataan niin, että toinen liitin pysyy koko ajan paikallaan, muuten rullaustapa on vapaa 	<p>5. Kelaus</p> <ul style="list-style-type: none"> Tehtävään käytettävissä olevaa aikaa ei rajoiteta
<p>6. Palautus</p> <ul style="list-style-type: none"> Aika 5 min Riisutaan paineilmasäiliölaitte, riisutaan ylävartalon vaatteet ja annetaan sykintätaajuuden palautua istumalla paikallaan 	<p>6. Tässä tutkimuksessa palautumista seurattiin 15 min</p>

Kaikissa osatutkimuksissa (perustesti, toistomittaukset ja VO₂-testi) savusukellustestiradalla rekisteröitiin seuraavat muuttujat:

- testiin käytetty kokonaisaika (min)

- suoritusajat (min) osatehtävittäin
- sydämen sykintätaajuus (HR) testin ja palautumisen aikana (Polar Sport Tester) 5 sekunnin välein tai R-R muodossa. Tuloksista laskettiin keskimääräinen HR ja korkein HR (HRpeak) min^{-1} . Lisäksi laskettiin tutkittavan keskimääräisen sykintätaajuuden prosentuaalinen osuus henkilökohtaisesta toimintakykytutkimuksen yhteydessä mitatusta maksimisykintätaajuudesta (%HRmax)
- subjektiivinen koettu kuormitus (RPE) asteikolla 6-20 jokaisen työtehtävän lopussa (Borg 1970).

Perustesti

Perustestin aikana savusukellustestiradalla sydämen toiminta rekisteröitiin 3-kanavaisella pienellä EKG-laitteella (BMS Inc, USA, 2000). Mittauksista analysoitiin tarkka HR lyönti lyönniltä. Autonomisen hermoston toimintaa seurattiin sekä rasituksen että erityisesti palautumisen aikana. Sykevälivaihtelusta laskettiin RMSSD- indeksi (neliöjuuri R-R intervallien erojen neliösummasta), joka heijastaa sykkeen kokonaisvaihtelua ja matalataajuuden eli kiihdyttävän osan aktiivisuustasoa. Erityinen huomio kiinnitettiin välittömästi rasituksen jälkeiseen palautumisvaiheeseen. Turvallisuusnäkökulmaan liittyen EKG:sta tarkasteltiin myös muu sydämen sähköinen toiminta rytmihäiriöalttiuden ja mahdollisten hapenpuutelöydösten osalta.

Toistettavuustesti

Testirata tehtiin kolme kertaa noin viikon välein. Ensimmäinen toistettavuustesti oli sama kuin perustesti, jonka jälkeen jokainen toistettavuusryhmän tutkittava (n=13) suoritti savusukellustestiradan vielä kaksi kertaa, mutta ainoastaan suoritusajat, HR ja koettu kuormitus rekisteröitiin.

Hapenkulutus ja elimistön lämpökuormittuminen (VO₂-testi)

Hapenkulutus ja ventilaatio savusukellustestiradalla mitattiin jatkuvana mittauksena mukana kannettavalla keruu/analyysilaitteistolla (MetaMax 3 B, Cortex Biophysik) koko testin ja palautumisen ajalta. Hengitysmuuttujat rekisteröitiin 10 s välein ja eri työvaiheille laskettiin keskimääräinen ventilaatio (VE) (l/min) sekä absoluuttinen (l/min) ja tutkittujen alastoman kehon painoon suhteutettu hapenkulutus (VO₂) (ml/kg·min⁻¹). Lisäksi VO₂ suhteutettiin tutkittujen painoon savusukellusvarustuksessa. Keskimääräinen VE ja VO₂ suhteutettiin yksilöllisiin laboratorioissa mitattuihin maksimiarvoihin (%VO₂max, %VEmax).

Ellei toisin mainita raportissa esitetyt painoon suhteutetut VO₂-tulokset kentällä ja laboratorioissa on suhteutettu tutkittujen alastomaan painoon.

Elimistön lämpökuormittuminen

VO₂-testiin osallistuneilta mitattiin peräsuolen eli rektaalilämpötila (Tre) 10 cm syvyydeltä (YSI 401) ja ihon lämpötilat 7 mittauspisteestä (sääri, reisi edestä ja takaa, ristiselkä, käsivarsi, olkavarsi ja rinta; YSI 427) jatkuvana mittauksena sekä rekisteröitiin minuutin välein (Veriteq Type 1400) testiin valmistautumisen, testiradan ja palautumisen ajalta. Keskimääräinen ihon lämpötila (Tsk) laskettiin aritmeettisena keskiarvona yksittäisistä ruumiinosista mitatuista lämpötiloista (ISO 9886), keskimääräinen elimistön lämpötila (Tb) kaavalla $T_b=0,9T_{re}+0,1T_{sk}$ ja muutos elimistön lämpösiällössä Tb:n muutoksista olettamalla elimistön ominaislämmöksi 0,97 Wh/kg°C.

Lämpöviihtyvyys ja lämpötuntemukset ISO standardista 10551 (16) sovelletulla asteikolla sekä ihon kosteus asteikolla 1 (kuiva) - 5 (erittäin märkä) rekisteröitiin ennen testirataa, sen lopussa ja 15 min palautumisen jälkeen.

3.2.3 Tilastolliset menetelmät ja aineiston analyysi

Muuttujien tunnusluvuihin esitettiin keskiarvo ja (vaihteluväli) tai keskihajonta. Muuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltiin Spearmanin ikävakioidulla korrelaatiokertoimella ja ryhmien välinen tilastollinen ero testattiin Studentin T-testillä. Toistettavuus testattiin toistettujen mittausten varianssianalyysillä, korrelaatiokertoimella sekä Blandin ja Altmanin (1986) menetelmällä, jossa toistotestituloksille laskettiin yhtäpitävyyden rajat. Tilastollinen tietojen käsittely tehtiin SAS-ohjelmistolla (SAS Institute Inc. 1999). Tulos katsottiin tilastollisesti merkitseväksi kun $p < 0,05$.

4. TULOKSET

4.1 Kuormittuminen muokatulla savusukellustestiradalla

4.1.1 Aerobinen kuormittuminen

Perustesti

Kaksi tutkittavaa keskeytti perustestin savusukellustestiradalla syinä paineilman loppuminen ja tutkittavan toivomus keskeyttää testi sen korkean kuormituksen vuoksi. Tässä raportissa kuvataan erikseen testin suorittaneiden (n=43) ja keskeyttäneiden tulokset (n=2 perustesti, n=2 VO₂-testi). Kaikilla ikäryhmillä kului eniten aikaa portaiden nousutehtävässä ja vähiten moukarointi- tai kelaustehtävässä (taulukko 4). Moukarointia lukuun ottamatta suoritus aika oli merkitsevästi (F=3,1-8,5, p=0,03-<0.0001) pidempi vanhemmilla pelastajilla verrattuna nuorempiin.

Taulukko 4. Suoritus aika (min) savusukellustestiradalla suhteessa ikään (n=43). Luvut ovat keskiarvo (vaihteluväli).

Ikä (vuosia)	Suoritus aika (min)					
	Kävely	Portaat	Moukarointi	Ryömintä	Kelaus	Koko rata
30-34 (n=9)	2,2 (1,5-2,8)	3,1 (2,5-3,7)	1,0 (0,5-1,4)	1,6 (1,2-2,2)	1,0 (0,7-1,2)	8,8 (6,7-10,2)
35-39 (n=8)	2,4 (2,0-2,7)	3,4 (2,8-4,1)	1,1 (0,6-1,4)	1,9 (1,3-2,3)	1,2 (0,9-1,7)	10,0 (7,6-11,7)
40-44 (n=12)	2,4 (2,1-2,6)	3,6 (3,0-4,4)	1,1 (0,5-1,8)	2,0 (1,4-2,8)	1,1 (0,8-1,4)	10,2 (8,1-12,4)
45-49 (n=8)	2,8 (2,1-3,4)	4,1 (2,8-5,5)	1,3 (0,7-1,9)	2,2 (1,3-2,8)	1,2 (0,9-1,5)	11,7 (8,1-14,1)
50-55 (n=6)	2,9 (2,3-3,9)	4,8 (3,8-5,4)	1,4 (1,0-2,2)	2,6 (2,1-3,7)	1,2 (1,0-1,4)	12,8 (10,9-14,2)
Kaikki (n=43)	2,5 (1,5-3,9)	3,7 (2,5-5,5)	1,1 (0,5-2,2)	2,0 (1,2-3,7)	1,1 (0,7-1,7)	10,5 (6,7-14,2)

Testiradalla korkein keskimääräinen HR ja sen prosentuaalinen osuus henkilökohtaisesta HR_{max} tasosta oli ryöminnän ja kelauksen aikana ja vastaavasti matalimmillaan kävelyn aikana (taulukko 5). Portaiden nousussa nuoremmilla ikäryhmillä HR oli merkitsevästi korkeampi verrattuna vanhempiin (F=2,7, p=0,04). Testiradan kokonaan suorittaneista pelastajista 30%:lla keskimääräinen kuormittuminen prosentteina HR_{max} oli ≤ 84% (korkea kuormittuminen) ja yli puolella tutkituista kuormittuminen oli 85-94% (hyvin korkea kuormittuminen). Erittäin korkea kuormittuminen (95-100%) havaittiin 12%:lla testiradan suorittaneista. Keskimääräinen RPE koko testiradalla oli 15 (melko kuormittava, vastaa juoksua) (vaihteluväli 12=kevyt-18=hyvin raskas). Eri osatehtävissä keskimääräinen RPE arvio vaihteli 12 ja 16 välillä ja suurin arvio vaihteli vastaavasti välillä 15-20 (20=hyvin hyvin kuormittava, vastaa loppukiriä juoksussa). Kuormituksen kokemisessa ei ollut eroja ikäryhmien välillä.

Taulukko 5. Keskimääräinen sydämen sykintätaajuus (HR) ja korkein sykintätaajuus (HRpeak) sekä henkilökohtaiseen maksimiin suhteutetut vastaavat arvot (%HRmax) testiradalla (n=43). Luvut ovat keskiarvo (vaihteluväli).

Muuttuja	Suoritus testiradalla					
	Kävely	Portaat	Moukarointi	Ryömintä	Kelaus	Koko rata
HR (min ⁻¹)	143 (114-166)	163 (129-189)	169 (135-196)	171 (139-197)	171 (135-196)	163 (131-189)
%HRmax (%)	80 (67-95)	91 (82-101)	95 (83-103)	96 (85-104)	96 (85-105)	92 (82-101)
HRpeak (min ⁻¹)	152 (133-165)	170 (149-184)	173 (143-184)	174 (145-185)	172 (142-185)	168 (142-185)
%HRmax (%)	87 (80-99)	97 (92-106)	99 (88-109)	99 (90-109)	98 (88-106)	96 (87-106)

VO₂-testi

VO₂ mittauksissa kaksi tutkittavaa keskeytti käsien ja yleisen uupumisen vuoksi ja kahden tulokset hylättiin teknisten ongelmien takia. Raportissa kuvataan erikseen testin hyväksytysti suorittaneiden (n=11) ja keskeyttäneiden tulokset. Keskeyttäneiden tulokset kuvataan yhdessä perustestissä keskeyttämään joutuneiden kanssa. Perustestin ja VO₂-testin suoritusajat, sykintätaajuus ja koettu kuormitus eivät eronnet toisistaan osatehtävittäin eikä koko radan ajalta (taulukko 6).

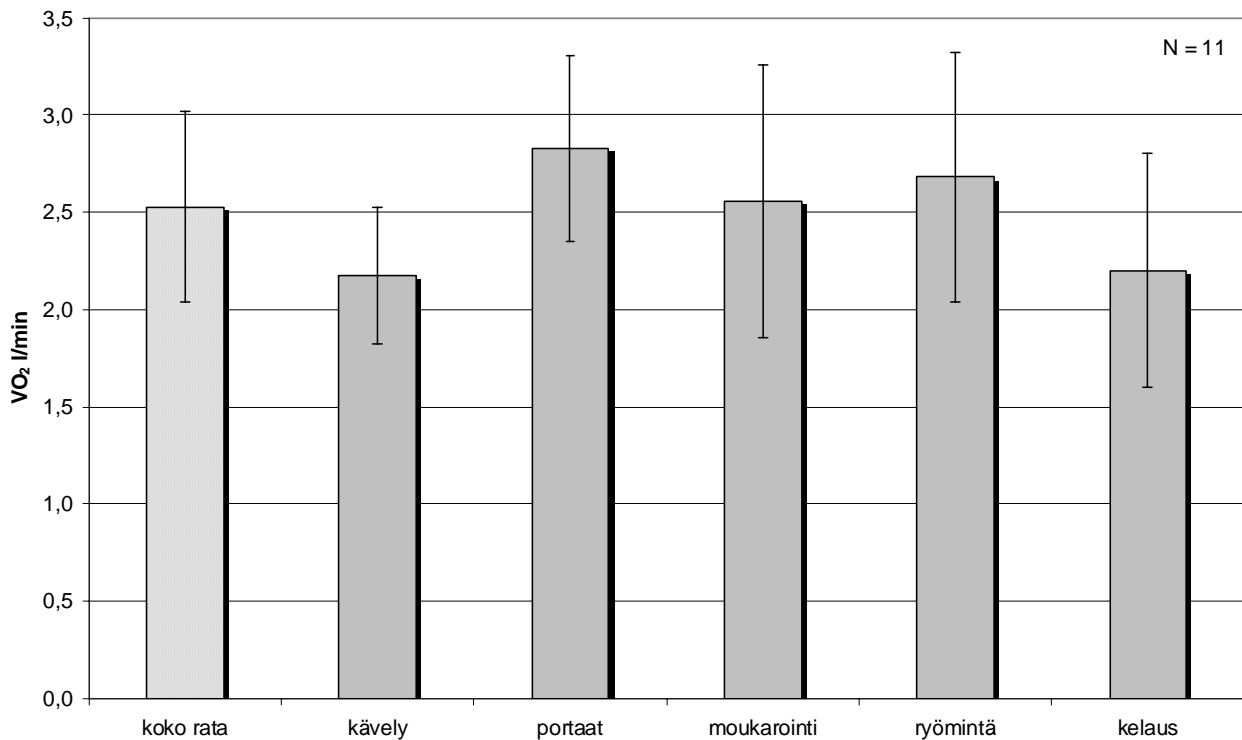
Taulukko 6. Suoritus aika, sydämen sykintätaajuus (HR) ja koettu kuormitus (RPE) perus- ja VO₂-testeissä (n=11). Luvut ovat keskiarvo (vaihteluväli).

Muuttuja	Suoritus testiradalla					
	Kävely	Portaat	Moukarointi	Ryömintä	Kelaus	Koko rata
Suoritus aika (min)						
perustesti	2,5 (2,2-3,4)	3,4 (2,8-4,9)	1,1 (0,7-1,9)	1,9 (1,2-2,8)	1,2 (1,0-1,6)	10,0 (8,3-14,1)
VO ₂ -testi	2,5 (2,1-3,1)	3,3 (2,7-4,9)	1,1 (0,7-1,9)	2,0 (1,0-3,4)	1,2 (0,9-1,6)	10,0 (7,7-14,8)
HR (min ⁻¹)						
perustesti	142 (123-157)	161 (141-176)	166 (135-180)	169 (139-181)	169 (137-182)	162 (135-174)
VO ₂ -testi	139 (120-157)	162 (145-175)	168 (139-182)	171 (146-181)	170 (144-183)	159 (140-173)
RPE (6-20)						
perustesti	12 (9-15)	15 (13-18)	16 (14-19)	16 (14-19)	15 (13-18)	15 (13-18)
VO ₂ -testi	13 (9-15)	15 (9-15)	16 (14-19)	17 (15-19)	16 (13-19)	15 (12-18)

Pelastajien (n=11) keskimääräinen VO₂ testiradalla oli 2,5±0,5 vaihteluväli 1,7-3,3 l/min ja 29,7±5,7 vaihteluväli 20,3-40,8 ml/kg·min⁻¹. Korkein keskimääräinen VO₂ mitattiin portaiden nousun ja vastaavasti pienin kävelyn aikana (kuva 2). Kolmen tutkittavan keskimääräinen VO₂ testiradalla ylitti savusukellusohjeessa annetun maksimaalisen hapenkulutuksen vähimmäisvaati-

muksen 3 l/min ja heistä yhdellä VO₂ ylitti painoon suhteutetun vähimmäishapenkulutuksen 36 ml/kg·min⁻¹ (taulukko 7). Osatehtävittäin savusukellusohjeen absoluuttinen ja suhteellinen ja/tai raja-arvo ylittyi 1-5 tutkittavalla. Yksilötasolla korkein VO₂ 3,7 l/min ja 46 ml/kg·min⁻¹ mitattiin portaiden nousussa.

Kun VO₂ testiradalla suhteutettiin tutkittavien painoon savusukellusvarustuksessa keskiarvoksi ja vaihteluväleiksi saatiin 22,9 (15,8-31,8) ml/kg·min⁻¹.



Kuva 2. Keskimääräinen hapenkulutus (VO₂) (l/min) ± keskihajonta testiradalla sekä osatehtävittäin.

Maksimiarvoihin suhteutettu VO₂ vaihteli testiratasuorituksen aikana keskimäärin 50-80%. Vastavasti maksimiarvoihin suhteutetut ventilaatio ja HR vaihtelivat 43-80% ja 83-99% (taulukko 8).

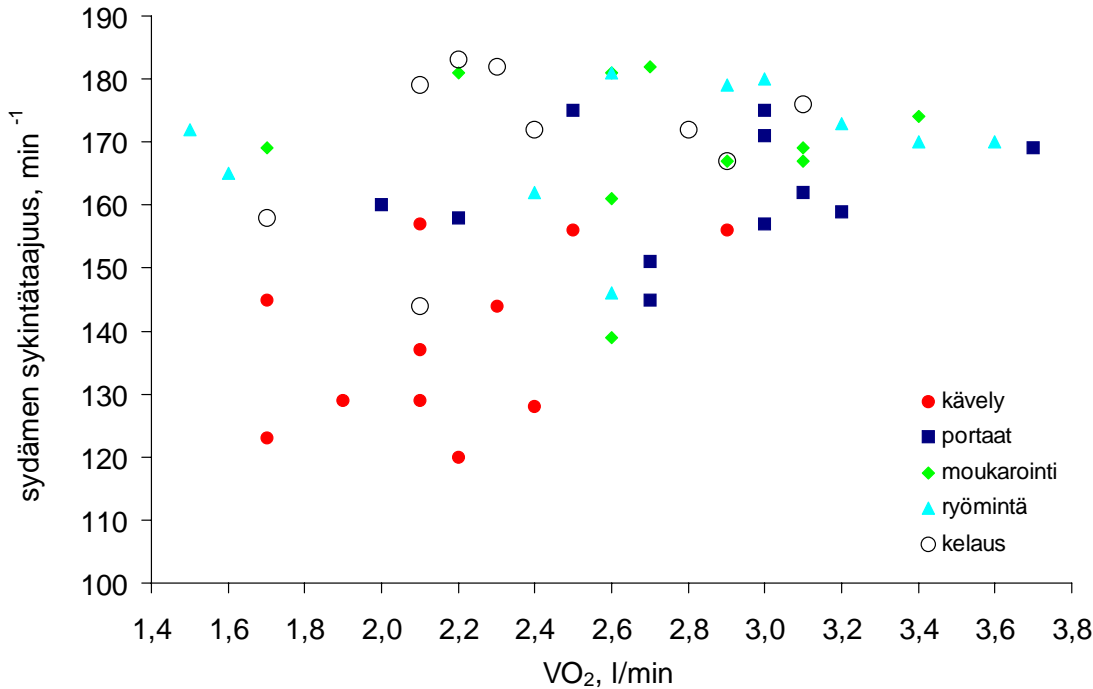
Taulukko 7. Suoritus aika, keskimääräinen hapenkulutus (VO₂), ventilaatio (VE) ja sydämen sykintätaajuus (HR) testiradalla sekä vastaavat arvot suhteutettuina yksilöllisiin maksimiarvoihin (%VO₂max, %VEmax, %HRmax) (n=11).

Tutkittava	Suoritus-aika	VO ₂	%VO ₂ max	VO ₂	%VO ₂ max	VE	%VEmax	HR	%HRmax
(nro)	(min)	(l/min)	(%)	(ml/kg·min ⁻¹)	(%)	(l/min)	(%)	(min ⁻¹)	(%)
1	7,7	3,3	73	41,8	73	95,4	64	168	93
2	8,3	2,6	62	30,8	62	78,0	-	155	93
3	8,7	3,0	75	35,8	74	86,1	74	160	91
4	9,3	2,4	71	28,7	74	67,0	64	140	86
5	9,3	2,6	65	27,8	66	80,2	74	164	89
6	10,0	2,2	61	30,8	62	59,4	55	147	84
7	10,1	2,8	80	31,4	79	84,5	80	173	95
8	10,2	2,3	74	29,1	76	78,9	71	173	94
9	10,4	1,9	50	24,0	51	47,6	43	156	83
10	11,1	3,0	68	27,0	68	90,9	68	156	93
11	14,8	1,7	65	20,3	65	65,3	61	160	99

Taulukko 8. Yksilöllisiin maksimiarvoihin suhteutetut hapenkulutus (%VO₂max), ventilaatio (%VEmax) ja sykintätaajuus (%HRmax) eri osatehtävissä testiradalla (n=11). Luvut ovat keskiarvo (vaihteluväli).

Muuttuja	Suoritus testiradalla					
	Kävely	Portaat	Moukarointi	Ryömintä	Kelaus	Koko rata
%VO ₂ max (%)	59 (45-71)	76 (58-86)	68 (45-78)	73 (39-90)	59 (34-73)	68 (50-80)
%VEmax (%)	49 (35-62)	70 (50-82)	71 (38-88)	75 (38-92)	70 (36-87)	65 (43-80)
%HRmax (%)	79 (64-90)	93 (84-99)	96 (86-104)	98 (90-104)	97 (89-104)	91 (83-99)

Testiradalla eri osatehtävissä mitatun keskimääräisen absoluuttisen VO₂:n ja HR:n välinen riippuvuus on kuvassa 3. Absoluuttisen VO₂:n ja HR:n korrelaatio vaihteli 0,08 ja 0,27 välillä eri osatehtävissä ja vastaavasti kehon painoon suhteutetun VO₂:n osalta korrelaatio vaihteli -0,10 ja 0,37 välillä.

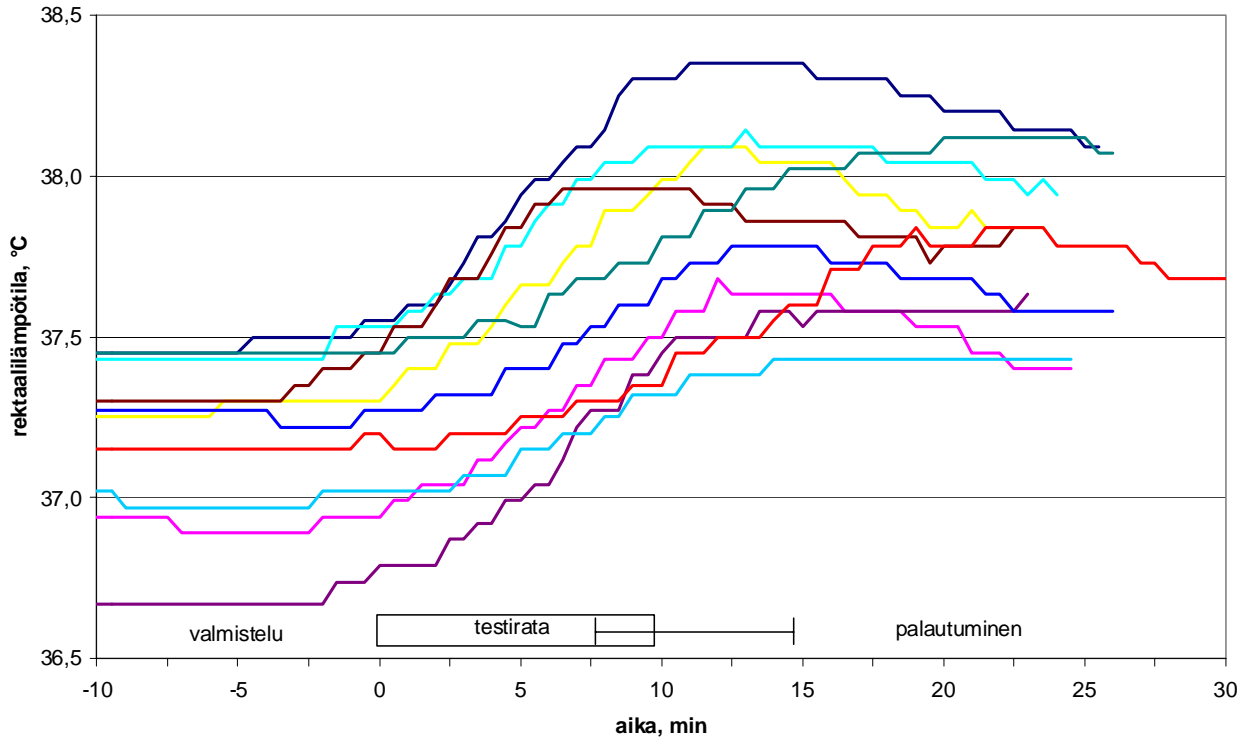


Kuva 3. Keskimääräisen absoluuttisen hapenkulutuksen (VO_2) ja sydämen sykintätaajuuden välinen suhde savusukellustestiradan eri osatehtävissä ($n=11$).

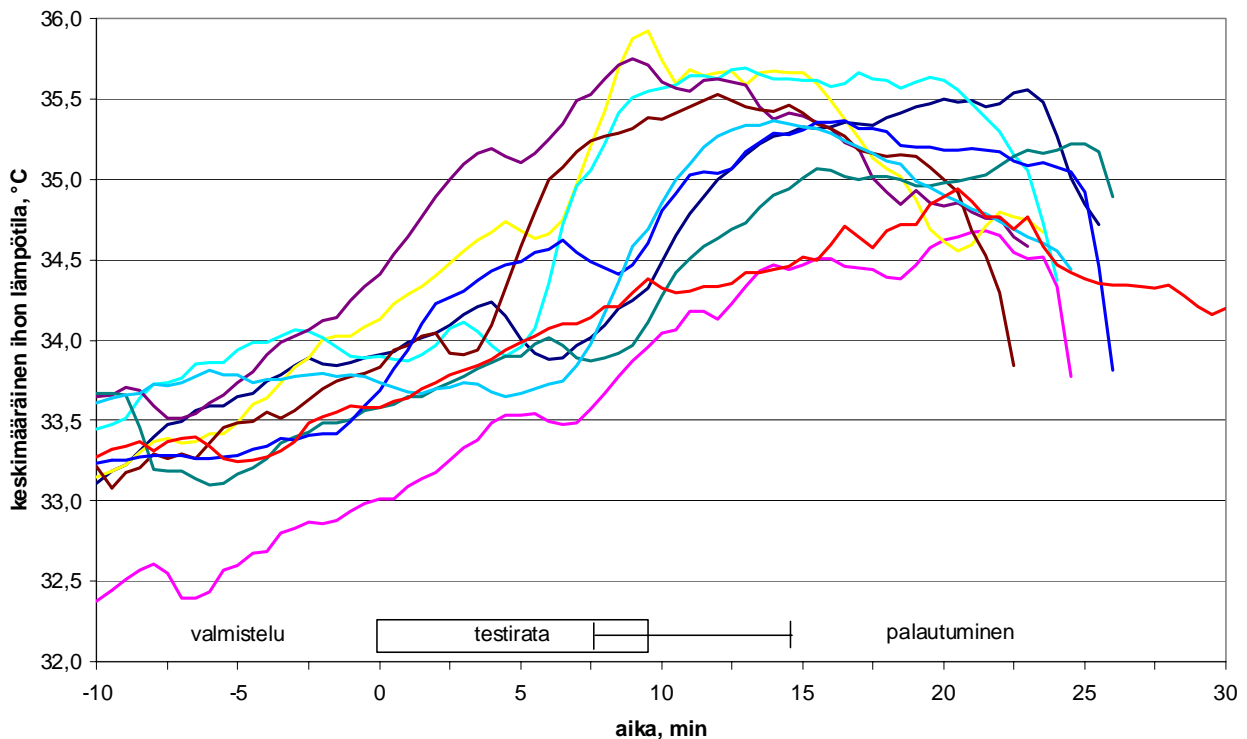
4.1.2 Elimistön lämpökuormittuminen

Testattujen peruslämpötilat vaihtelivat 36,8 ja 37,6 °C välillä ja yksilölliset lämpötilaerot säilyivät keskimäärin saman suuruisena koko mittausjakson ajan. Elimistön lämpösisällön muutosteho oli testiradalla 195 (92-273) W/m² mikä nosti rektaalilämpötilaa keskimäärin 0,5 (0,3-0,8) °C. Palautuminen varusteet päällä oli hidasta ja elimistön lämpösisältö laski keskimäärin vain -40 (-111 – 36) W/m² ja rektaalilämpötilan keskimääräinen muutos vastaavasti vain -0,03 (-0,2 – +0,2) °C. Kuvassa 4 on yksilölliset rektaalilämpötilat testiradalla sekä valmistautumisen että palautumisen ajalta.

Ihon lämpötilat nousivat kaikilla tukituilla voimakkaasti testiradalla ja säilyivät kohonneella tasolla lähes koko palautumisen ajan. Korkeimmat yksittäiset ihon lämpötilat, noin 38 °C, mitattiin rintakehästä ja alhaisimmat, noin 31 °C, reiden etuosasta. Vaikka vaatteiden avaaminen nopeutti ihon lämpötilojen palautumista, keskimääräiset ihon lämpötilat olivat selvästi lähtölämpötiloja korkeammalla vielä palautumisvaiheen lopussa. Keskimääräiset ihonlämpötilat ovat kuvassa 5. Lämpötilan nousu oli keskimäärin 1,2 (0,7–1,6) °C ja palautuminen -0,6 (-1,4 – 0,3) °C.

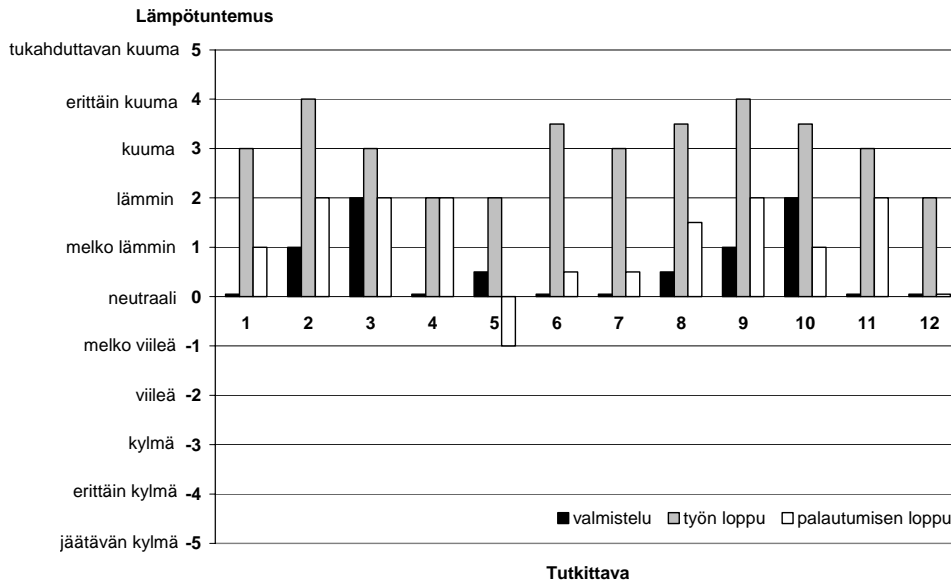


Kuva 4. Rehtaalilämpötilän muutokset eri tutkittavilla (n=9) testiradalle valmistautumisen, radan ja palautumisen ajalta. Keskimääräinen aika ja sen vaihteluväli testiradalla on merkitty kuvaan palkilla. Ilman lämpötilä testihuoneessa oli 18,5 - 33°C ja suhteellinen kosteus 24-35 %.

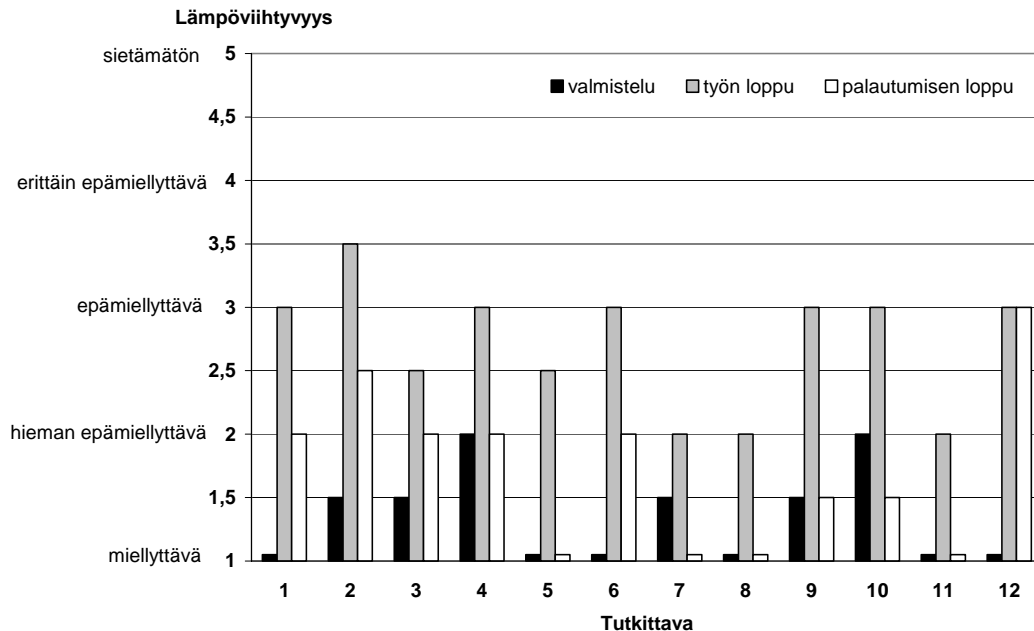


Kuva 5. Keskimääräisen ihon lämpötilän muutokset eri tutkittavilla (n=10) testiradalle valmistautumisen, radan ja palautumisen ajalta. Keskimääräinen aika ja sen vaihteluväli testiradalla on merkitty kuvaan palkilla. Ilman lämpötilä testihuoneessa oli 18,5 - 33 °C ja suhteellinen kosteus 24-35 %.

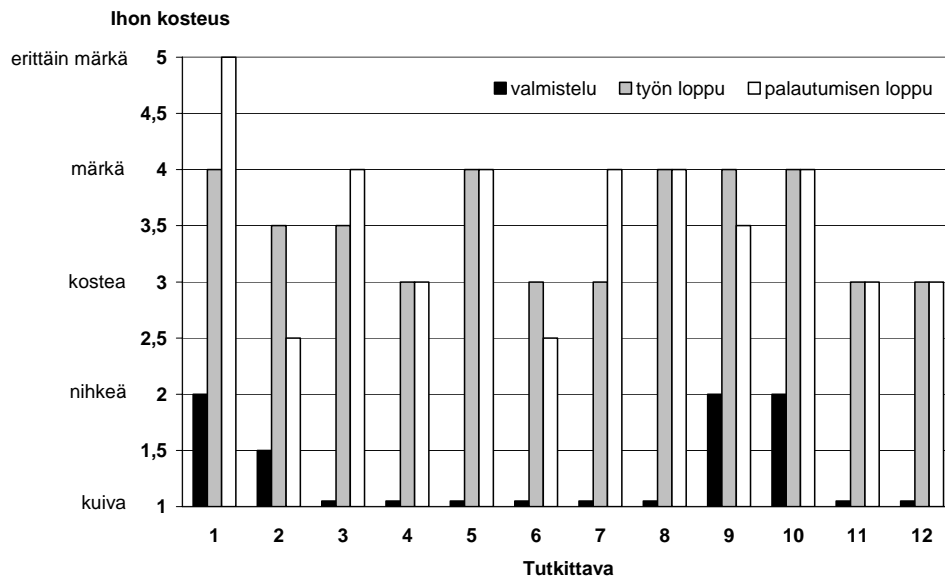
Ennen testiä useimmat tutkittavista kokivat olonsa neutraaliksi ja miellyttäväksi (kuva 6 ja 7). Hiikoilun tuntemuksia oli vain kolmella (kuva 8). Testin aikana lämpötuntemukset voimistuivat ja testin lopussa olo oli keskimäärin kuuma, lähes epämiellyttävä ja iho tuntui märältä. Vain muutamalla lämpötuntemukset palautuivat lähtötasolle 15 minuutin palauttelun aikana ja useimmilla märät vaatteet ja iho tekivät olosta epämiellyttävän.



Kuva 6. Yksilölliset lämpötuntemukset testiin valmistautumisen, testiradan ja 15 minuutin palautumisen lopussa.



Kuva 7. Yksilölliset lämpöiihtyvyydentuntemukset testiin valmistautumisen, testiradan ja 15 minuutin palautumisen lopussa.



Kuva 8. Yksilölliset ihon kosteustuntemukset testiin valmistautumisen, testiradan ja 15 minuutin palautumisen lopussa.

4.1.3 Testiradalla keskeyttäneiden kuormittuminen

Testiradalla keskeyttäneistä valtaosa oli yli 50-vuotiaita ja he kuuluivat sopimuspalokuntiin. Keskeytyksistä kaksi tapahtui VO_2 -testissä ja kaksi perustestissä. Keskeytyshetkellä mitattu sykintäaajuus oli kaikissa keskeytyneissä testeissä korkeampi kuin laboratoriossa tehdyssä kuormituskokeessa mitattu maksimaalinen sykintäaajuus (taulukko 9).

Taulukko 9. Tiedot keskeytyneistä testeistä; keskeyttäneiden ikä, suoritus aika, keskimääräinen hapenkulutus (VO_2), ventilaatio (VE) ja sydämen sykintätaajuus (HR) ja vastaavat arvot suhteutettuina maksimiarvoihin (% VO_{2max} , % VE_{max} , % HR_{max}) rektaalilämpötila (Tre) ja koettu kuormitus (RPE) (n=4).

Muuttuja	Keskiarvo	Vaihteluväli	Keskeytys
Ikä (vuotta)	48	(35-53)	
<i>Kävely</i>			
Suoritus aika (min)	2,7	(2,5-2,8)	
HR (min^{-1})	158	(153-161)	
%HR _{max}	89	(85-94)	
VO_2 (l/min)	2,3	(2,0-2,5)	
% VO_{2max} (%)	75	(69-81)	
VO_2 (ml/kg·min ⁻¹)	26,0	(24,0-28,1)	
% VO_{2max} (%)	78	(71-84)	
VE (l/min)	65,0	(53,3-76,6)	
% VE_{max} (%)	59	(51-67)	
Tre (°C)	37,4	(37,2-37,5)	
RPE	13	(11-15)	
<i>Portaat</i>			
Suoritus aika (min)	4,2	(2,5-6,8)	
HR (min^{-1})	177	(174-183)	
%HR _{max} (%)	100	(97-102)	
VO_2 (l/min)	2,4	(2,3-2,5)	
% VO_2 max (%)	80	(79-81)	
VO_2 (ml/kg·min ⁻¹)	27,7	(27,2-28,2)	
% VO_{2max} (%)	82	(80-84)	
VE (l/min)	79,0	(70,9-87,0)	
% VE_{max} (%)	72	(68-76)	
Tre (°C)	37,7	(37,5-37,8)	
RPE	14	(13-15)	kaksi keskeytystä
<i>Moukarointi</i>			
Suoritus aika (min)	3,2	-	yksi keskeytys
HR (min^{-1})	185	(184-185)	
%HR _{max} (%)	103	(98-108)	
RPE	15	(14-15)	
<i>Ryömintä</i>			
Suoritus aika	2,3	-	
HR (min^{-1})	187	-	
%HR _{max} (%)	99	-	
RPE	16	-	
<i>Kelaus</i>			
Suoritus aika (min)	-	-	yksi keskeytys
HR (min^{-1})	191	-	
%HR _{max} (%)	101	-	
RPE	16	-	

4.2 Muokatulla savusukellustestiradalla kuormittumisen yhteydet fyysiseen toimintakykyyn ja koettuun työkykyyn

Taulukossa 10 on kaikkien toimintakykytesteihin osallistuneiden pelastajien tulokset. Yhteensä 6 tutkittavaa ei saavuttanut absoluuttista ja/tai suhteellista VO_2 hapenkulutuksen minimivaatimustasoa. Heidän maksimaalinen VO_2 oli keskimäärin 2,6 (2,0-2,9) l/min ja 35,8 (29,4-44,4)

ml/kg·min⁻¹. Heistä kaksi suoritti muokatun savusukellustestiradan alle 12,5 min ja toinen heistä kuului toistettavuusryhmään ja suoritti radan kolme kertaa alle ehdotetun aikarajan.

Taulukko 10. Toimintakykytestien tulokset (VO₂max=maksimaalinen hapenkulutus) (n=48).

Muuttuja	Keskiarvo (vaihteluväli)
Toiminnallinen tasapaino (s+virheet)	12 (8-20)
Jalkakyyky (krt/60 s)	29 (15-40)
Penkkipunnerrus (krt/60 s)	31 (10-94)
Makuulta istumaan (krt/60 s)	38 (20-65)
Käsinkohonta (krt)	8 (0-20)
VO ₂ max (l/min)	3,5 (2,0-4,5)
VO ₂ max (ml/kg·min ⁻¹)	42,1 (26,0-57,9)

Hyvä maksimaalinen VO₂ ja lihaskunto olivat yhteydessä nopeaan suoritusaikaan savusukellustestiradalla. Osatehtävittäin tarkasteltuna portaiden nousu, moukarointi ja ryömintä vaativat eniten fyysistä toimintakykyä (taulukko 11). Toimintakykytestit, suoritusaika radalla ja työkykyindeksi korreloivat merkitsevästi myös iän kanssa ($r=-0,36$ – $-0,68$, $p=0,01$ – $<0,0001$).

Taulukko 11. Testiradan suoritusaajan ja toimintakykytestien väliset merkitsevät ikävakioidut korrelaatiot (VO₂max=maksimaalinen hapenkulutus) (ns=ei merkitsevä).

Toimintakykytesti	Suoritusaika radalla (min)					
	Kävely	Portaat	Moukarointi	Ryömintä	Kelaus	Koko rata
Toiminnallinen tasapaino (s+virh)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Jalkakyyky (krt/60 s)	ns	-0,45, p=0,004	ns	-0,46, p=0,005	ns	-0,42, p=0,009
Penkkipunnerrus (krt/60 s)	ns	-0,42, p=0,009	ns	-0,36, p=0,02	ns	-0,39, p=0,02
Makuulta istumaan (krt/60 s)	ns	ns	ns	-0,36, p=0,03	ns	ns
Käsinkohonta (krt)	ns	-0,40, p=0,01	-0,35, p=0,03	ns	ns	-0,43, p=0,009
VO ₂ max (l/min)	ns	-0,60, p<0,0001	-0,45, p=0,005	-0,53, p=0,0007	ns	-0,50, p=0,002
VO ₂ max (ml/kg·min ⁻¹)	ns	-0,45, p=0,004	ns	-0,41, p=0,01	ns	-0,42, p=0,01

Korkea HR koko testiradalla oli merkitsevästi yhteydessä hyvään tulokseen käsinkohonnassa ($r=0,43$, $p=0,008$). Osatehtävittäin kävelyn, portaiden nousun ja moukaroinnin aikana mitattu kes-

kimääräinen HR korreloi merkitsevästi absoluuttisen maksimaalisen VO₂ kanssa ($r=-0,33-0,38$, $p=0,04-0,02$). Edelleen portaiden nousun, ryöminän ja letkun kelauksen aikana mitattu korkea keskimääräinen HR oli merkitsevästi yhteydessä hyvään suoritukseen käsinkohontatestissä ($r=0,31-0,41$, $p=0,04-0,01$). %HRmax eli verenkiertoelimistön kuormittuneisuus testiradalla ei korreloinut toimintakykymuuttujien kanssa.

Työkykyindeksin keskiarvo oli $39,6\pm 4,7$ ja vaihteluväli 25-48. Tutkitut sijoittuivat työkykyindeksi-luokkiin seuraavasti: erinomainen 23% (n=11), hyvä 52% (n=25), kohtalainen 23% (n=11) ja huono 2% (n=1). Suoritus aika, HR tai %HRmax testiradalla eivät olleet merkitsevästi yhteydessä työkykyindeksiin.

Savusukellustestiradalla keskeyttämään joutuneiden toimintakykytestien tulokset olivat pääosin heikommat verrattuna testin kokonaan suorittaneisiin. Testiradalla keskeyttäneiden keskimääräinen VO₂max oli 3,0 (2,0-3,1) l/min ja 34 (34-35) ml/kg·min⁻¹ (taulukko 12). Testiradan hyväksytysti suorittaneiden keski-ikä oli 41 (30-54) vuotta ja radalla keskeyttämään joutuneiden ikä vaihteli 35-53 vuoden välillä ja oli keskimäärin 46 vuotta.

Taulukko 12. Savusukellustestiradan kokonaan suorittaneiden ja testin keskeyttäneiden toimintakykytestien tulokset. (VO₂max=maksimaalinen hapenkulutus, VEmax=maksimaalinen ventilaatio, HRmax=maksimaalinen sykintätaajuus). Luvut ovat keskiarvo (vaihteluväli).

Muuttuja	Testin suorittaneet (n=43)	Testin keskeyttäneet (n=3)
Kehon painoindeksi (kg/m ²)	26 (22-42)	29 (29-30)
Toiminnallinen tasapaino (s+virheet)	12 (8-20)	13 (9-15)
Jalkakyykky (krt/60 s)	29 (15-40)	28 (20-32)
Penkkipunnerrus (krt/60 s)	32 (10-94)	20 (17-22)
Makuulta istumaan (krt/60 s)	39 (20-65)	29 (21-46)
Käsinkohonta (krt)	8 (0-20)	3 (0-7)
VO ₂ max (l/min)	3,6 (2,0-4,5)	3,0 (2,0-3,1)
VO ₂ max (ml/kg·min ⁻¹)	42,7 (29,4-57,9)	34,2 (33,5-35,0)
VEmax (l/min)	115 (75-153)	114 (104-124)
HRmax (min ⁻¹)	179 (154-199)	180 (171-189)
Palautumissykintätaajuus 3 min (min ⁻¹)	122 (83-152)	131 (112-150)
Keuhkojen sekuntikapasiteetti (l/s)	4,4 (2,7-6,2)	3,8 (3,5-4,0)
Työkykyindeksin pistemäärä (7-49)	40 (25-48)	36 (33-38)

4.3 Muokatun savusukellustestiradan toistettavuus

Kolmen testikerran keskiarvot suoritusajan, suhteellisen kuormittumisen ja koetun kuormituksen osalta olivat hyvin samanlaisia eivätkä eronneet tilastollisesti merkitsevästi, mutta vaihteluväli oli kohtuullisen suuri (taulukko 13). Koko radan suoritusajan eri testikertojen väliset korrelaatiot olivat seuraavat: ensimmäisen ja toisen testisuorituksen korrelaatio oli 0,95, $p < 0,001$, toisen ja kolmannen suorituksen välillä korrelaatio oli 0,93, $p < 0,001$ ja ensimmäisen ja kolmannen välillä 0,94, $p < 0,001$. Vastaavat yhtäpitävyyden rajat suorituskertojen 1,2 ja 3 välillä olivat (1-2:) $0,6 \pm 1,0$ min, (2-3:) $0,1 \pm 1,5$ min ja (1-3:) $0,5 \pm 1,2$ min.

Taulukko 13. Eri osasuoritusten suoritus aika (min), sydämen sykintätaajuuden prosentuaalinen osuus maksimaalisesta sykintätaajuudesta (%HRmax, %) ja koettu kuormitus (RPE) mitattuina kolme kertaa viikon välein (1-3). Luvut ovat keskiarvo (vaihteluväli).

Muuttuja	Suoritus testiradalla					
	Kävely	Portaat	Moukarointi	Ryömintä	Kelaus	Koko rata
Suoritus aika 1	2,7 (2,2-3,9)	4,0 (2,8-5,4)	1,3 (0,5-3,2)	2,0 (1,3-2,6)	1,2 (0,7-1,7)	11,0 (7,8-14,2)
Suoritus aika 2	2,7 (2,0-4,1)	3,6 (2,7-4,7)	1,2 (0,6-2,5)	1,9 (1,3-2,8)	1,1 (0,8-1,6)	10,6 (7,5-13,5)
Suoritus aika 3	2,6 (1,8-3,4)	3,6 (2,4-5,5)	1,3 (0,6-2,9)	2,0 (1,3-3,0)	1,2 (0,6-1,8)	10,7 (7,0-13,9)
%HRmax 1	79 (70-88)	90 (83-97)	94 (87-98)	95 (91-101)	95 (91-101)	90 (84-97)
%HRmax 2	80 (71-88)	91 (85-98)	95 (87-101)	96 (90-102)	97 (91-101)	92 (86-98)
%HRmax 3	79 (71-90)	91 (84-99)	95 (86-102)	95 (90-103)	95 (91-102)	91 (85-99)
RPE 1	12 (9-14)	15 (12-17)	15 (13-18)	16 (13-18)	15 (11-17)	14 (12-16)
RPE 2	11 (7-13)	14 (10-16)	15 (12-17)	15 (12-17)	15 (12-17)	14 (11-16)
RPE 3	11 (7-14)	15 (11-17)	15 (13-18)	16 (13-18)	15 (11-18)	15 (11-17)

4.4 Turvallisuusnäkökohdat muokatulla savusukellustestiradalla

Perustestissä testiradalla noin joka viidennellä ($n=10$, 22%) esiintyi kuormituksen yhteydessä sydämen lisälyöntisyyttä. Matalilla HR taajuuksilla ja kuormituksesta palautuessa tällainen on tavallista. Korkeimmilla HR tasoilla kolmella tutkittavista esiintyi eteislisälyöntisarjoja ja yhdellä runsasta kammiolisälyöntisyyttä. Tutkittavista kahdella kehittyi testin aikana yli 1 mm ST- tason lasku EKG:ssa. Kliinisessä kuormituskokeessa ei vastaavaa muutosta tullut yhtä selkeästi esiin. ST-tason muutoksia voivat aiheuttaa useat tekijät, mutta riskitekijöihin liittyessään se on sepelvaltimotautiin viittaava löydös. Kuvatuissa tapauksissa muutoksiin ei liittynyt rintakipuoireita, mutta

tutkittavat ilmoittivat lisäksi muita sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöitä (tupakointi, vähäinen fyysinen aktiivisuus, korkea veren kolesteroli, korkea verenpaine, ylipaino).

Sykintätaajuus nousi EKG:n perusteella korkeimmillaan keskimäärin tasolle 177 (149- 205) min⁻¹. Lähes puolella tutkituista (19/45) sykintätaajuus nousi yli 185 min⁻¹. Yhteensä 40 %:lla (n=18) tutkittavista korkein HR testiradalla ylitti laboratoriossa mitatun henkilökohtaisen korkeimman HR tason. Laboratoriossa mitattu korkein sykintätaajuustaso ylittyi neljällä tutkitulla kaikissa muissa ikäryhmissä lukuun ottamatta 50-55-vuotiaita, joilla taso ylittyi kahden tutkittavan kohdalla. Tutkittavista 30-34, 35-39 ja 40-44-vuotiailla HR tasot ylittivät laboratoriossa mitatun korkeimman HR tason 1-4 min⁻¹ kun taas 45-49 ja 50-55-vuotiailla 1-18 min⁻¹ ja kolmella heistä ylitys oli yli 10 min⁻¹. Yhdessä tapauksessa kyse oli eteistiheälyöntisyyspyrähdyksestä.

Testiradan kokonaan suorittaneiden tutkittavien, joiden EKG myös oli normaali, keskimääräinen suoritus aika oli keskimäärin 10,3, (6,7-14,1) min. Vastaavasti niillä tutkittavilla, joiden EKG oli poikkeava, keskimääräinen suoritus aika oli 12,0 (9,4-14,2) min. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Poikkeavan EKG:n ryhmässä keski-ikä oli 50 (45-53) vuotta ja vastaavasti normaalin EKG:n ryhmässä tutkittavat olivat keskimäärin 40 (30-54)-vuotiaita.

Taulukko 14. Toimintakykytestien tulokset tutkittavilta, joilla EKG savusukellustestiradalla oli poikkeava (n=6) tai normaali (n=39). (VO₂max=maksimaalinen hapenkulutus, VEmax=maksimaalinen ventilaatio, HRmax=maksimaalinen sykintätaajuus). Luvut ovat keskiarvo (vaihteluväli).

Muuttuja	EKG normaali (n=38)	EKG poikkeava (n=6)
Kehon painoindeksi (kg/m ²)	27 (22-42)	27 (23-31)
Toiminnallinen tasapaino (s+virheet)	12 (8-20)	13 (9-17)
Jalkakyykky (krt/60 s)	30 (15-40)	28 (25-31)
Penkkipunnerrus (krt/60 s)	34 (16-94)	19 (10-26)
Makuulta istumaan (krt/60 s)	40 (20-65)	31 (21-43)
Käsinkohonta (krt)	9 (0-20)	5 (2-9)
VO ₂ max (l/min)	3,6 (2,0-4,5)	3,1 (2,9-3,4)
VO ₂ max (ml/kg·min ⁻¹)	43,0 (29,4-57,9)	38,5 (34,0-45,4)
VEmax (l/min)	115 (75-153)	111 (88-122)
HRmax (min ⁻¹)	180 (161-199)	170 (154-185)
Palautumissyketaajuus 3 min (min ⁻¹)	123 (83-152)	118 (112-131)
Keuhkojen sekuntikapasiteetti (l/s)	4,4 (2,7-6,2)	4,2 (3,5-5,0)
Työkykyindeksin pistemäärä (7-49)	40 (25-48)	38 (30-45)

Normaalin EKG:n ryhmään kuuluvien toimintakykytestien tulokset olivat parempia verrattuna poikkeavan EKG:n ryhmän tuloksiin (taulukko 14). Ero oli merkitsevä maksimaalisen absoluuttisen VO₂, penkkipunnerruksen, vatsalihastestin, käsinkohonnan ja HRmax osalta ($p < 0,04$ - $p < 0,003$).

Palautumisvaiheessa erittäin voimakas autonomisen hermoston kuormittuneisuus (RMSSD alle 10 ms) todettiin kahdeksalla tutkittavalla (18%). Kahdella tutkittavista RMSSD arvoa ei voitu laskea palautumisvaiheen runsaan sydämen lisäyöntisyyden vuoksi.

4.5 Käytännön kokemuksia muokatun testiradan luotettavuuden vaikuttavista tekijöistä

Yleistä

Tutkimukseen osallistuneiden pelastajien mielestä kantamista oli muokatulla savusukellustestiradalla hyvin runsaasti. Kokonaisuudessaan testiin suhtauduttiin joko vastenmielisesti tai innostuneesti. Kuitenkin suurin osa tutkituista piti ajatuksesta, että pelastajien savusukelluskelpoisuudesta suoritettaisiin työnomaisesti testiradalla eikä polkupyörällä ja lihaskuntotesteillä.

Testin ohjeistamisella näytti olevan vaikutusta sekä testin kulkuun että koetun kuormituksen arviointiin. Myös testitilan lämpöolot vaikuttivat elimistön kuormittumiseen testiradalla sekä palautumisvaiheessa. Elimistön jäähtymistä helpotti kun autohallin ovet avattiin hälytyksiin lähdettäessä tai musta syystä, jolloin viileä ulkoilma ja tuuli nopeuttivat lämmön poistumista. Vaikutus oli niin selvä, että tutkittavat itsekin mainitsivat siitä.

Osatehtävät

1. Kävely ja kantaminen

Vaikka letkurullat olivat ulkomitoiltaan lähes samankokoisia ja painoivat saman verran (n. 16,5 kg) Vantaalla käytössä olevat letkurullat oli vaikeampi ottaa mukaan. Tutkituilla oli hankaluuksia saada sormensa sopimaan liittimen ja letkun väliin tai löystytettyä letkurullaa niin paljon, että rullat olisi saanut kainaloon työntämällä sormet parin letkukierroksen välistä. Täten vantaalaisilla kului keskimäärin 10–15 s aikaa enemmän kuin Nurmijärveläisillä ennen kuin he pääsivät radalle. Vaikeammin kannettavat letkurullat mahdollisesti myös lisäsivät testin kuormittavuutta ja suoritus-aikaa myös testin aikana. Edellä mainitut asiat on otettava huomioon testirataa rakennettaessa sekä tuloksia tulkittaessa.

Myös tutkittavan ruumiin koko ja mittasuhteet, erityisesti käsivarsien pituus vaikuttivat letkurullien kantamiseen. Kaikilla ei letkurulla mahtunut kunnolla kainaloon, jolloin sormilla kantaminen lisäsi

käsien staattista lihasvoimaa vaativaa työtä. Tässä yhteydessä myös sormien pituus vaikuttaa kuormittumiseen.

2. Portaiden nousu ja kantaminen

Nurmijärvellä 5 tutkittavalta mitattiin portaiden nousussa keskitasanteella käännöksiin kuluva aika (yhteensä 13 käännoästä). Aikaa kului keskimäärin 2 s / käännoä ja yhteensä 26 sekuntia. Vantaalla aikoja ei mitattu, mutta tasanteilla tuli ¼ -käännoäsiä yhteensä 20 kpl ja yhden kerran ½-kierroksen käännoä. Käännoäksiin kuluva aika on otettava huomioon rataa suunniteltaessa sekä tuloksia tulkittaessa.

Letkukehikkojen kädensijat olivat erilaisia. Kaikista kädensijoista ei pystynyt tarttumaan nopeasti kiinni. Portaidennousu- ja kantamistehtävässä myös ruumiin koko ja mittasuhteet vaikuttavat: pienimmät joutuivat koukistamaan käsiä, etteivät kehikot osuneet lattiaan tai portaisiin. Tämä aiheuttaa selvän staattisen lisäkuorman yläraajoille.

3. Moukarointi

Nurmijärvellä rengas tuntui liukuvan lattialla hieman paremmin vaikka renkaat ja lekat olivat samanlaiset. Kaksi edellistä käsiä voimakkaasti kuormittavaa osatehtävää vaikutti moukarointiin, varsinkin niillä, joilla heikommat käsivoimat tai niveloireita yläraajoissa.

4. Ryömintä

Vantaalla käytetyt Agan paineilmahengityslaitteen kaksoissäiliöt olivat ulkomitoiltaan pienempiä, kuin Nurmijärvellä käytetyt Drägerin säiliöt. Vantaalaisten ei täten tarvinnut mennä yhtä alas selviytyäkseen esteen ali. Toisaalta Agan paineilmahengityslaite on hieman pidempi, joten matalana täytyi olla pitempään. Ryöminnäessä korostui myös suoritustekniikka.

5. Kelaus

Kelaustekniikassa oli suuria eroja tutkittujen pelastajien välillä.

5. POHDINTA

5.1 Päätulokset

1) Luotettavuus

Muokatulla savusukellustestiradalla mitattu hapenkulutus jäi keskimäärin alle savusukellusohjeessa pelastajan maksimaaliselle hapenkulutukselle asetettujen vähimmäisvaatimusten. Savusukellustestiradan aikana sydämen sykintätaajuuden ja hapenkulutuksen suhde ei ollut lineaarinen kuten dynaamisessa isojen lihasryhmien työssä. Muokatulla testiradalla suuri staattisen yläraajatyön sekä lämpökuormituksen määrä nosti sydämen sykintätaajuutta suhteellisesti ventilaatiota ja hapenkulutusta enemmän. Tämä lisäsi testin kuormittavuutta, muttei sen vaatimaa hapenkulutusta. Voidaan olettaa, että voimakas staattinen kuormitus testissä vaikeuttaa lihasten verenkiertoa ja hapensaantia. Tällöin lihakset siirtyvät tuottamaan tarvitsemansa energian anaerobisesti eli ilman happea. Testi oli myös mahdollista läpäistä mikäli laboratoriossa mitattu maksimaalinen hapenkulutus jäi alle vähimmäisvaatimusten. Menestyminen savusukellustestiradalla oli yhteydessä hyvään lihaskuntoon.

2) Toistettavuus

Viikon välein tehdyt suoritukset muokatulla savusukellustestiradalla olivat hyvin toistettavia.

3) Turvallisuus

Muokatulla savusukellustestiradan verenkiertoelimistöön kohdistuva kuormitus vastasi useilla tutkittavilla maksimaalisen kliinisen kuormituskokeen kuormitustasoja. Joissakin tapauksissa radalla mitatut sykintätaajuudet ylittivät laboratoriossa mitatut iänmukaiset maksimitasot. Testiradan kokonaan suorittaneista pelastajista kolmeltatoista sydämen sykintätaajuus suhteutettuna omaan henkilökohtaiseen maksimisykintätaajuuteen oli $\geq 95\%$ HRmax. Lisäksi huomattavalla osalla (noin 10%, n=6) tutkituista pelastajista esiintyi savusukellustestiradan aikana EKG- löydöksiä, joiden luonne ikääntyvillä ja sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöitä omaavilla on aiheellista varmentaa. Osassa tapauksissa muutokset eivät ilmenneet kliinisessä kuormituskokeessa.

5.2 Tulosten tarkastelu

5.2.1 Luotettavuus

Muokatulla testiradalla kuormittuminen ja suoritus aika

Keskimääräinen hapenkulutus muokatulla savusukellustestiradalla oli 2,5 l/min absoluuttisena arvona ja 29,7 ml/kg·min⁻¹ suhteutettuna tutkittujen pelastajien alastomaan painoon. Varusteet kuitenkin lisäävät mukana kannettavaa painoa huomattavasti ja suhteutettuna pelastajien painoon savusukellusvarustuksessa, hapenkulutus oli keskimäärin 22,9 ml/kg·min⁻¹. Hapenkulutus muokatulla testiradalla jäi keskimäärin alle savusukellusohjeessa asetettujen maksimaalisen hapenkulutuksen vähimmäisvaatimusten (3 l/min ja 36 ml/kg·min⁻¹) (Lusa 1994, Savusukellusohje 2002). Muokatun savusukellustestiradan (Kinnunen ja Jylhä 2004) perusajatuksena oli olla savusukelluskelpoisuutta mittaava testi, jonka läpäisy tietyssä ajassa edellyttää, että pelastajan maksimaalinen hapenkulutus on vähintään sama kuin savusukellusohjeessa annetut vähimmäisvaatimukset. Tässä tutkimuksessa myös kaksi pelastajaa, joiden laboratoriossa mitattu maksimaalinen hapenkulutus ei saavuttanut asetettua minimivaatimustasoa, pystyivät suorittamaan testiradan alle Kinnusen ja Jylhän (2004) ehdottaman 12,5 min suositusajan. Erityisesti näissä tilanteissa kokemus ja taito olivat avuksi savusukellusradalla ja kompensoivat heikompaa fyysistä toimintakykyä.

VO₂-testiin osallistuneista pelastajista vain yksi ylitti ehdotetun aikarajan (Kinnunen ja Jylhä 2004), joten pitkä työskentelyaika testiradalla ei selittänyt keskimäärin alhaista hapenkulutusta. Suoritus aika eri osatutkimuksissa oli keskimäärin 10 min ja vaihteli välillä 6,7-14,8 min. Toisaalta kahden muokatulla savusukellustestiradalla keskeyttäneen olisi maksimaalisen hapenkulutuksen perusteella pitänyt pystyä suoriutumaan testiradasta, koska heidän laboratoriossa mitattu hapenkulutus oli suurempi kuin keskimääräinen hapenkulutus testiradalla. Keskeyttäneiden %VO₂max ja %VEmax vaihtelivat välillä 80-84% ja 68-76% kun taas %HRmax ylitti henkilökohtaisen maksimiarvon vaihdellen välillä 99-108%.

Tutkimukseen osallistuneiden pelastajien keskimääräinen sydämen sykintätaajuus testiradalla oli varsin korkea verrattuna mitattuun hapenkulutukseen ja ventilaatioon. Yksilötasolla verenkiertoelimistön kuormittuminen oli monelle maksimaalista: erittäin korkea (≥95% HRmax) kuormittumisen taso mitattiin 13 testiradan kokonaan suorittaneista pelastajista. Näin korkealla kuormittumistasolla turvallinen ja tehokas savusukellustehtävistä selviytyminen on kyseenalaista (Louhevaara ym. 1986). Tässä tutkimuksessa pelastajien keskimääräinen kuormittuminen perustestissä oli 92 (82-

101) %HRmax, mikä on korkeampi kuin Oulun mallin mukaisella radalla on raportoitu eri-ikäisistä pelastajista. Esimerkiksi Louhevaara ym. (1994) ja Punakallio ym. (1997a) raportoivat %HRmax keskiarvot (vaihteluväli) Oulun mallin radalla seuraavasti: 76 (59-93)% ja 86 (70-100)%.

Voimakas sykintätaajuuden nousu testiradalla selittyy osin käsien ja käsivarsien staattista lihasvoimaa vaativilla testiosioilla. Staattinen lihastyö nostaa sydämen sykintätaajuutta, mutta ei nosta ventilaatiota ja hapenkulutusta samassa suhteessa (McKirnan ja Froelicher 1988). Dynaamisissa, suurilla lihasryhmillä tehtävässä työssä sitä vastoin hapenkulutuksen ja sydämen sykintätaajuuden välinen suhde on melko suoraviivainen sykintätaajuustasoilla 120-170 min⁻¹ (Åstrand 1960, Åstrand ym. 1986). Muokatulla savusukellustestiradalla sykintätaajuuden ja hapenkulutuksen suhde ei ollut lineaarinen. Erityisesti staattista lihasvoimaa vaativissa osioissa (letkurullien ja kehikoiden kantaminen) sykintätaajuus nousi voimakkaasti. Hapenkulutus ei sitä vastoin kohonnut samassa suhteessa, mikä kuvastaa työn anaerobisuutta eli työskentelyä ilman happea, mistä on seurauksena lihasten väsyminen ja tuotetun voiman väheneminen (Kukkonen-Harjula 1983, Åstrand 1960). Vastaava havainto on tehty muun muassa lihanleikkaajan työssä, mikä myös sisältää runsaasti staattista lihasvoimaa vaativia työvaiheita (Ilmarinen ym. 1987).

Hapenkulutuksen ja sydämen sykintätaajuuden välinen epälineaarisuus muokatulla testiradalla tulee myös esille kun tuloksia vertaa Lusan ym. (1993) julkaisemaan tutkimukseen. Tutkitut palomiehet kävelivät savusukellusvarustuksessa juoksumatolla 3,0 l/min hapenkulutuksen tasolla. Tällöin palomiesten %HRmax oli 87 % ja %VO₂max oli 72 %, kun taas vastaavat arvot tässä tutkimuksessa olivat 92 %HRmax ja 68 %VO₂max. Eli voidaan päätellä, että muokatulla testiradalla ei hapenkulutuksen osalta päästä 3,0 l/min tasolle, vaikka verenkiertoelimistön kuormittuminen on korkealla tasolla.

Sykintätaajuuden nousua muokatulla testiradalla voimisti elimistön lämpökuormittuminen. Noin asteen nousu rektaalilämpötilassa nostaa sydämen sykintätaajuutta keskimäärin 20-30 min⁻¹ (Ilmarinen 1978). Tässä tutkimuksessa pelkästään rektaalilämpötilan keskimääräinen nousu puolella asteella nosti sykintätaajuutta 10-15 min⁻¹. Lämpökuorman vaikutusta tukee myös havainto, että sykintätaajuudet eivät täysin palautuneet testin jälkeen, sillä verenkiertoa tarvittiin lämmönsäätelyn avuksi ts. kierrättämään verta iholle. Suhteessa keskimääräiseen työn keston (noin 10 min) mitatut elimistön lämpötilan muutokset testiradalla, keskimäärin 0,5 °C ja maksimissaan 0,8 °C, olivat huomattavan suuria. Rektaalilämpötilan keskimääräinen muutosnopeus oli suurempi kuin esimerkiksi palomieskouluttajilta kuumissa konttiharjoituksissa mitattu keskimääräinen muutos (Eglin ym. 2004), joka 20 minuutin kohdalla oli keskimäärin 0,5 °C ja 40 minuutin kohdalla vastaavasti 0,7°C.

Oulun mallin mukaisella testiradalla lämpötilamuutokset 14,5 min aikana ovat vaihdelleet 0,4-0,6 °C (Ilmarinen 1997, julkaisematon tutkimus). Sekä rektaali- että ihon lämpötilan muutokset vastaavat keskimäärin tuloksia, jotka on saatu Pelastusopistolla läpivietyjen maksimaalisten toimintakuntotestien 1. rastilla (Ilmarinen ja Koivistoinen 1999, Ilmarinen ym. 1998, 1999), jolla testiosiot, ympäristön lämpöolot sekä keskimääräiset suoritusajat ovat vertailukelpoisia nyt läpiviedyn muokatun testiradan kanssa. Subjektiiiviset lämpötuntemukset vastasivat hyvin lämpötilamittauksia: lähes kaikki kokivat olonsa kuumaksi ja vain yksi tutkituista pelastajista palautui lämpötuntemuksiltaan lähtötasolle 15 min aikana.

Muokatulla testiradalla menestymisen toimintakykyvaatimukset

Yhteydet toimintakykytestitulosten ja testiradan suoritusnopeuden välillä olivat johdonmukaisia ja osoittivat muokatulla testiradalla menestymisen vaativan hyvän maksimaalisen hapenkulutuksen lisäksi riittävää lihaskuntoa eli hyvää tulosta jalkakyykyssä, penkkipunnerruksessa ja käsinkohonnassa. Savusukelluksessa edellytetään hapenkulutuksen lisäksi lihasvoimaa- ja kestävyyttä sekä kehon liikkeiden hyvää hallintaa (Lusa 1994). Korkeimmat korrelaatiot havaittiin hyvän absoluuttisen maksimaalisen hapenkulutuksen ja portaiden nousun sekä koko radan välillä. Portaiden nousussa ja koko testiradalla yhteydet suoritusajan ja toimintakykytestimuuttujien välillä olivat muutoinkin samoja ja yhtä korkeita. Portaiden nousu täydessä 25 kg:n varustuksessa kahta 16 kg letkukehikkoa kantaen "dominoin" testin toimintakykyvaatimuksia. Päinvastoin kuin Oulun mallin mukaisen testiradan tuloksista on raportoitu, verenkiertoelimistön kuormittumista kuvaavat %HRmax tulokset testiradalla eivät olleet merkitsevästi yhteydessä toimintakykytestien tuloksiin (Punakallio ym. 1997a). Tämä voi johtua siitä, että Oulun mallissa osatehtävät tehdään tietyn aikarajan sisällä omassa luontaisessa työskentelyrytmissä. Sen sijaan muokatulla testiradalla toimintaan vaikuttaa kilpaileminen ajan kanssa.

Muokatulla testiradalla menestyminen ei ollut yhteydessä hyvään tasapainoon. Vaikka työskentely sammutusvarusteissa savusukellustehtäviä simuloivassa ympäristössä vaatii paljon kehon asennon-säätelyjärjestelmältä (Kincl ym. 2002, Punakallio ym. 2003, Seliga ym. 1991) ei testiradan osioihin sisälly varsinaisesti tasapainokykyä testaavaa osiota, kuten katolla tai tikapuilla työskentelyä. Myös testiradalla keskeyttäneiden lihaskunto vastasi käsinkohontatulosta lukuun ottamatta vähintään kuntuoluokkaa hyvä. Testin kokonaan suorittaneiden työkykyindeksin pistemäärä sijoittui luokkaan hyvä ja vastaavasti testissä keskeyttämään joutuneet sijoittuivat kohtalaisen työkyvyn luokkaan, jossa työkyvyn edistäminen on erityisen tarpeellista (Tuomi ym. 1997).

5.2.2 Toistettavuus

Keskiarvojen erojen ja korrelaatiokertoimen perusteella testirata oli hyvin toistettava testi viikon väliajoin tehtyjen mittauksen välillä. Korrelaatiot ensimmäisen ja toisen, toisen ja kolmannen sekä ensimmäisen ja kolmannen suorituksen välillä olivat lähes yhtä korkeita. Yhtäpitävyyden rajojen (Bland ja Altman 1984) perusteella tuloksen testiradalla pitäisi parantua vähintään yhden minuutin verran, jotta se olisi seurausta parantuneesta suorituskyvystä eikä oppimisesta tai muista virhelähteistä. Suoritusaika testiradalla oli keskimäärin 10,5 min ja vaihteluväli 6,7-14,2 min. Vaatimus yhden minuutin parempaan aikaan verrattuna keskimääräiseen suoritusaikaan on suuri. Tutkimukseen valittiin eri-ikäisiä ja erikuntoisia pelastajia ja täten tulosten hajonta muodostui myös suureksi. Altman (1991) suosittelee edellä mainittua analyysimenetelmää käytettäessä otoskooksi vähintään 50. Kolmeatoista tutkittua pelastajaa suurempi joukko sekä ominaisuuksiltaan homogeenisempi ryhmä olisi todennäköisesti antanut pienemmät yhtäpitävyyden rajat, eikä yksittäisten tutkittavan tulosten erilaisuus korostuisi niin paljon. Tärkeää on kuitenkin tutkia testiradan ominaisuuksia kaikenikäisillä pelastajilla, joille testirataa käytetään. Innes ja Straker (1999) ovat todenneet työtä simuloivien toimintatestien toistettavuuden yleensä vaihtelevan suuresti ollen yleensä riittämätön toisin kuin tässä tutkimuksessa. Palomiesten työsimulaatiotestissä toistettavuus on ollut keskimääräisen ja hyvän välillä mm. Misner ym. (1987). Tosin toistettavuuden on todettu vaihtelevan suuresti osatehtävittäin.

5.2.3 Turvallisuus

Testi oli osalle tutkituista pelastajista maksimaalinen. Tämä ilmenee testiradan verenkiertoa koskevissa mittauksissa kuormituksen aikana ja palautumisvaiheessa hitaana autonomisen hermoston elpymisenä. Häiriintynyt autonomisen hermoston säätely ja verenkierron, osittain lämpökuormasta johtuva hidas palautuminen rasituksen jälkeen ovat itsenäisiä sydän- ja verisuonisairauksien, yleisen sairastuvuuden ja lisääntyneen kuolleisuuden ennustavia tekijöitä (Tsuji ym. 1996, Lipinski ym. 2004). Autonomisen hermoston tehon vaimentuminen liittyy myös heikentyvään fyysisen kuormituksen sietoon (Hautala 2004). Huomattavalla määrällä tutkituista pelastajista (n=6) kuormituksen lisääntymiseen muokatulla savusukellustestiradalla liittyi lievästi tai selvästi poikkeavaksi katsottuja ja EKG-muutoksia. Oireettomissakin tapauksissa EKG-muutokset yhdistyneenä riskitekijöihin (ylipaino, tupakointi, veren rasvat ja sokeri) ennustavat keski-ikäisillä miehillä 3-4-kertaista sydänsairauden ja samansuuruisista aivohalvauksen riskiä (Kurl 2003). Työterveyshuoltoon liittyvien työ- ja toimintakykytestien turvallisuudesta on annettu suosituksia useissa tuoreissa oppikirjoissa ja ohjeissa (Lindholm 2004a, Lindholm 2004b, Sovijärvi 2003, Fletcher 2001). Tuoreen tutkimuksen

mukaan 45% työaikana tapahtuneista palomiesten kuolemista on sydänperäisiä. Suurin lisääntynyt kuoleman vaara liittyi sammutustehtäviin, harjoitustilanteisiin sekä hälytyksen alkuvaiheisiin (Kales 2003). Diagnosoidun valtimokovettumataudin lisäksi tärkeitä kuoleman riskiä lisääviä tekijöitä olivat ikä >45v, tupakointi ja kohonnut verenpaine. Kalesin (1999) mukaan tärkeitä pelastajien terveydentilan seurantamittauksia ovat kehon paino, verenpaine, veren kolesteroli, spirometria ja sekä aerobinen kunto.

Työturvallisuuden kannalta muokatun testiradan läpivienti työvuoron aikana voi aiheuttaa vaaratilanteita. Jos hälytykseen joudutaan lähtemään heti testin jälkeen, elimistön kohonneet lämpötilat altistavat palomiehen lämpösairauksille. Kumulatiivisen lämpökuormittumisen riski (Ilmarinen ym. 1998, 1999, 2004, Griefahn ym. 1996, Eglin ym. 2004, Mäkinen 1996) on suurimmillaan jos palautuminen ja elimistön jäähtyminen esimerkiksi savu- tai kemikaalisukellusten välillä ei ole riittävän pitkä. Pelastusopistolla neutraalioloissa läpiviedyissä toimintakuntotesteissä (TOKU II) monet testit jouduttiin keskeyttämään jo toisella tai kolmannella rastilla elimistön ylikuumentumisen (rektaalilämpötila >39,5°C) ja lämpösairausoireiden takia (Ilmarinen ym. 1998). Näissä testeissä rastien välillä oli vain 10 min tauko paineilmahengityslaitteiston vaihtamiseksi. Myös 20 minuutin tauko on osoittautunut liian lyhyeksi, jos elimistöä ei aktiivisesti jäähdytetä (Ilmarinen ym. 2004). Tässäkin tutkimuksessa lähes jokaisella lämpötilat olivat voimakkaasti koholla vielä 15 minuutin istuen tapahtuneen palautumisen jälkeen. Tuoreimmissa tutkimusraporteissa (Ilmarinen ym. 2004, Eglin ym. 2004, Selkirk ja McLellan 2004, McLellan 1993) korostetaan aktiivisen palautumisen (esim. vaatteiden avaaminen ja riisuminen heti testin jälkeen, ilmavirran lisäys kevyesti liikkumalla ja tuulettimilla, käsien ja käsivarsien huuhtelu viileällä vedellä) positiivisia vaikutuksia.

5.3 Aineiston tarkastelu

Tutkimukseen valittiin eri-ikäisiä vapaaehtoisia pelastajia kolmesta erilaisesta pelastusyksiköstä. Vantaan pelastuslaitos edusti isoa ammattipalokuntaa pääkaupunkiseudulla, Nurmijärven kunnan pelastuslaitos edusti pientä ammattipalokuntaa pääkaupunkiseudun ulkopuolella ja lisäksi tutkimukseen otettiin tutkittavia Nurmijärven sopimuspalokunnista. Vaikka tutkimukseen osallistuminen perustui vapaaehtoisuuteen, pyrittiin otantamenetelmällä välttymään aineiston valikoituminen siten, että vain kaikkein hyväkuntoisimmat osallistuisivat tutkimukseen. Vantaan pelastuslaitokselta ja sopimuspalokunnista tutkittavat valittiin satunnaisesti eli arvottiin ikäryhmittäin ja Nurmijärven kunnan vakinaiset 30-vuotta täyttäneet pelastajat kutsuttiin mukaan kaikki koska heitä oli määrällisesti vähän. Uudelleen rekrytointien osuus jäi pieneksi (n=7) ja täten tutkittavat edustivat hyvin eri-ikäisiä ja erikuntoisia kahteen eri kokoiseen ja eri tyyppiseen vakinaiseen palokuntaan sekä sopi-

muspalokuntiin kuuluvia pelastajia. Edellä mainittua vahvistaa toimintakykytestitulosten suuri ikäryhmittäinen vaihteluväli, mikä puolestaan lisäsi luotettavuutta testiradan käyttökelpoisuuden ja turvallisuuden arviointiin. Turvallisuuden määrittämiseen ja suosituksiin antoivat luotettavuutta myös neljä keskeytynyttä suoritusta testiradalla ja terveystarkastusten perusteella testistä pois suljetut tutkitut. Lisäksi aineiston yleistettävyyttä tukee se, että toimintakykytestien tulokset sekä työkykyindeksi olivat samantasoisia kuin on raportoitu aikaisemmin laajempiin otantoihin perustuvissa tutkimuksissa (n=187; 30-54-vuotiaat, toimintakykytestit, n=825; 20-59-vuotiaat, työkykyindeksi) (Punakallio ym. 1997b, Lusa-Moser ym. 1997b). Toistettavuus- ja VO₂-tutkimuksissa tutkittavien määrä oli melko pieni, mutta edustava. Tutkittujen perustiedot eivät eronneet isommasta (n=48) aineistosta.

5.4 Menetelmien tarkastelu

Kaikki tutkimuksessa käytetyt mittaus- sekä analyysimenetelmät ovat luotettavia ja yleisesti käytössä. Tulokset perustuvat suoriin mittauksiin, eikä arvioihin. Savusukellustestiradan luotettavuuden arviointi ei myöskään perustu pelkästään sydämen sykintätaajuuden perusteella tehtyyn arvioon (Parsons 1999, Selkirk ja McLellan 2004, Sothman ym. 1991). Esimerkiksi Sothman ym. (1991) raportoivat, että simuloidussa savusukellustilanteessa mitattu hapenkulutus oli systemaattisesti pienempi kaikilla tutkituilla pelastajilla kuin vastaava sydämen sykintätaajuuden perusteella arvioitu hapenkulutus. Testiradalla mitattu hapenkulutus vastasi erilaisista simuloiduista savusukellustehtävistä raportoituja hapenkulutuksia (Sothman ym. 1990, Louhevaara ym. 1985, Sothman ym. 1992). Vastaavasti testiradalla mitatut ventilaatiot olivat keskimäärin samalla tasolla ja vaihtelivat samoissa rajoissa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa (Ilmarinen ym. 1998, 1999, 2004, Ilmarinen ja Koivistoinen 1999).

Testiradan toistettavuuden määrittämiseksi tutkimuksessa tehtiin kolme mittausta viikon välein. Alan kirjallisuudessa suositellaan useampaa kuin kahta mittausta sekä monipuolisten tilastomenetelmien käyttöä toistettavuuden osoittamiseksi (Atkinson and Nevill 1998). Oulun mallin mukaisen testiradan (Lusa 1994) sekä Pelastusopiston toimintakuntotestien (Ilmarinen ym. 1999) osalta toistettavuustulokset olivat hyvät kahden toiston perusteella eikä näin ollen useamman kuin kolmen toiston sarjaan ollut tarvetta tässä tutkimuksessa.

Joissakin tapauksissa suoritus savusukellustestiradalla aiheutti EKG muutoksia, joita ei vastaavilla sykintätaajuuksilla tullut esiin kliinisessä kuormituskokeessa. Syynä voi olla radalla esiintyvän run-

saan staattisen työn aiheuttama suurempi verenpaineen nousu, lämpökuormitukseen liittyvät autonomisen hermoston säätelyn muutokset sekä joissakin tapauksissa henkinen stressi.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

1) Luotettavuus

Muokatulla savusukellustestiradalla mitattu hapenkulutus jäi keskimäärin alle savusukellusohjeessa savusukeltajan maksimaaliselle hapenkulutukselle asetettujen vähimmäisvaatimusten. Vaikka testin kuormittavuutta oli lisätty Oulun mallin testirataan verraten kannettavilla taakoilla, muokatun testin vaativuus hapenkulutuksen osalta ei juurikaan ole lisääntynyt. Testiradan aikana sydämen sykintätaajuuden, hapenkulutuksen ja ventilaation suhde ei ollut lineaarinen vaan suuri staattisen yläraajatyön sekä lämpökuormituksen määrä nosti sydämen sykintätaajuutta suhteellisesti hapenkulutusta ja ventilaatiota enemmän. Näistä syistä johtuen testi oli mahdollista myös läpäistä mikäli laboratoriossa mitattu maksimaalinen hapenkulutus jäi alle vähimmäisvaatimusten.

Muokatun savusukellustestiradan suorittaminen alle 12,5 min aikarajan ei vastaa savusukellusohjeessa asetettuja hapenkulutuksen minimivaatimustasoja, eikä testiä tässä muodossa suositella savusukelluskelpoisuuden arviointiin. Haluttaessa ja **kohdassa kolme esitetyt turvallisuussuosittukset huomioiden** testirataa voidaan käyttää työtaitojen ja laiteharjoittelun välineenä, seurantatestinä suhteessa oman kunnon kehittymiseen tai toimintareservin arviointiin suhteessa omaan maksimaaliseen suorituskyykyyn.

Mikäli halutaan läpäisyperiaatteella toimiva, Oulun mallin testirataan perustuva savusukelluskelpoisuutta mittaava testi, tulee sen kuormittavuutta lisätä koko kehon dynaamisilla työtehtävillä, jotka lisäävät testin hapenkulutusvaatimusta. Esimerkiksi kävely ja tikapuille nousu- ja laskeutumistehtävä ilman kantamista lisäisi testin vaatimusta hapenkulutuksen kannalta ja toimisi myös tasapainokykyä arvioivana osiona. Uusien osatehtävien lisääminen savusukellustestirataan vaatii huolellista tutkimusta.

2) Toistettavuus

Suoritukset muokatulla savusukellustestiradalla olivat hyvin toistettavia. Testiradan, varusteiden, testin ohjeistuksen ja testiolosuhteiden tulee aina olla samanlaiset, jotta eri aikoina tehdyt testit ovat vertailukelpoisia keskenään.

3) Turvallisuus

Muokattu savusukellustestirata oli osalle pelastajista verenkiertoelimistöä maksimaalisesti kuormitettava. Rungas staattisen työn osuus sekä testin aiheuttama lämpökuormitus ilman selkeitä palautumisvaiheita lisää todennäköisesti sydämeen kohdistuvia verenpainevaikutuksia sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksien riskitekijöitä omaavilla. Neljästä savusukellustestiradalla keskeytyneestä testistä kolmessa tapauksessa tutkittu pelastaja oli yli 50-vuotias ja kuului sopimuspalokuntaan.

Erityisesti ikääntyvien, liikuntaa vähän harrastavien ja riskitekijöitä omaavien terveydentila on varmistettava ennen muokatun savusukellustestiradan suoritusta. Yli 40-vuotiaiden sopimuspalokuntaan kuuluvien ei pitäisi suorittaa testirataa ilman terveystarkastusta ja myös heidän terveydentilan seuranta tulisi olla säännöllistä. Suositeltava terveystarkastusten tiheys on 3 vuoden välein alle 40-vuotiailla, 2 vuoden välein ≥ 40 -vuotiailla ja vuoden välein ≥ 50 -vuotiailla. Sopimuspalokuntalaisille on tarpeen tehdä terveystarkastuksia jopa enemmän kuin vakinaisille. Sopimuspalokuntalaiset voivat siviiliammateissaan olla oman työterveyshuollon piirissä, mutta tällöin heitä ei välttämättä lainkaan tarkasteta ottaen huomioon savusukelluksen terveydelliset edellytykset ja turvallisuusnäkökohdat. Vakinaisten ammattipelastajien kohdalla taas työterveyshuollon kaikilla käynneillä on tarkoitus arvioida terveydentila työturvallisuuden ja työstä selviytymisen näkökulmasta. Taulukossa 15 on suositus terveystarkastuksesta muokattuun savusukellustestirataan ja muihin toimintakykymittauksiin liittyen. Toimintakyvyn näkökulmasta ja resurssien salliessa hapenkulutuksen suora testi (maksimaalinen kuormituskoe) olisi hyvä toistaa kaikille savusukeltaville pelastajille 3-5 vuoden välein, jotta pelastaja tietäisi oman HRmaxin, mikä lisää epäsuorien eli HR tasoon perustuvien menetelmien luotettavuutta ja turvallisuutta.

Muokatun savusukellustestiradan suorittaminen työajalla on huomioitava työvuorojärjestelyissä. Testin suorittajan ei pidä olla ykkösvalmiusryhmässä. Elimistön lämpökuormituksen minimoimiseksi testihuoneen lämpötilojen tulee olla alle 20°C. Suorituskyvyn ylläpitämiseksi riittävästä nestetankkauksesta on huolehdittava ennen testiä ja sen jälkeen. Vaihtamalla hiestä kostuneet alus- ja välivaatteet testin jälkeen lisätään lämpöviihtyisyyttä ja pienennetään palovammariskiä, joka on mahdollinen kuumissa savusukelluksissa hien höyrystyessä palopuvun alla.

Taulukko 15. Terveystarkastuksiin liittyvät lisätutkimukset ennen fyysisen toimintakyvyn mittauksia.

Tarkastus	Tarkastusväli	Sisältö
Tulotarkastus		Maksimaalinen kliininen kuormituskoe, spiroergometria, spirometria

Määräaikaistarkastukset:		
< 40 v Testirata soveltuu hyvin	3 v	Spirometria, lepo- EKG, lipidit, veren sokeri, verenpaine, kehon painoindeksi ja/tai rasvaosuus Muut laboratoriotutkimukset tarpeen mukaan
40 – 49 v Testirata soveltuu tavallisesti hyvin	2 v	Kuten edellä, lisäksi: 40 v iässä spiroergometria tai kliininen kuormituskoe ja muulloin jos: 1. riskitekijäprofiili* huononee 2. suorituskyky laskee iän edellyttämää nopeammin 3. oireita esiintyy levossa tai rasituksen yhteydessä
≥ 50 v Testirata soveltuu vain huolellisen riskianalyysin kanssa käytettynä	1 v	Kuten edellä, lisäksi: Spiroergometria tai kliininen kuormituskoe 5 v välein ja muulloin jos: 1. työ sisältää fyysisesti raskaita tehtäviä 2. riskitekijäprofiili* huononee 3. suorituskyky laskee nopeammin kuin ikä edellyttäisi 4. oireita esiintyy levossa tai rasituksen yhteydessä
Sopimuspalokunnat		Ei ensimmäistä savusukellustestirataa ilman tuoretta (alle 3 kk) lääkärintarkastusta, jossa on otettu kantaa fyysisen kuormituksen sietokykyyn Yli 40-vuotiaille testirata vain säännöllisen sydän ja verenkiertoelimistön sairauksien riskinarvioinnin* jälkeen

* tarkoitetaan sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksien tunnettuja riskitekijöitä (ylipaino, korkea veren kolesteroli, korkea verenpaine, vähäinen liikunta-aktiivisuus, tupakointi)

4) Suoritus- ja tulkintaohjeet

Yksityiskohtaisia suoritus- ja tulkintaohjeita ei tässä vaiheessa anneta koska tässä muodossaan muokattua savusukellustestirataa ei suositella savusukelluskelpoisuutta arvioivaksi testiksi. Ennen valtakunnallisten suoritus- ja tulkintaohjeiden antamista pitäisi testauskäytännöistä ja menetelmien jatkokehitystarpeesta keskustella suuremmassa ryhmässä. Ryhmässä pitäisi olla edustettuna eri tutkimuslaitosten, pelastusopiston, ministeriön ja erityisesti testin käyttäjien edustajat pelastuslaitoksista ja työterveyshuollosta tai vastaavista. Tärkeää olisi saada aikaan yhtenevät, valtakunnalliset testausohjeet erityisesti nyt kun aluepelastuslaitosten henkilöstön testauksesta vastaavat hakevat toimintamuotojaan.

Lähteet

- Altman DG. Some common problems in medical research. In: Altman DG (ed.). *Practical Statistics for Medical Research*, first edition. London: Chapman & Hall, 1991:396-403.
- Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med* 1998;26:217-238.
- Bilzon J, Scarpello E, Smith C, Ravenhill N, Rayson M. Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard Royal Navy fire-fighting tasks. *Ergonomics* 2001;44:766-780.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
- Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehab Med* 1970;2:92-98.
- Eglin C M, Coles S, Tipton M J: Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises. *Ergonomics* (2004) 47; 5: 483-494.
- Fletcher G, Balady, Amsterdam E ym. Exercise standards for testing and training. AHA Scientific Statement. *Circulation* 2001;104:§694-1740.
- Gledhill N, Jamnik V.K. Development and validation of a fitness screening protocol for firefighter applicants. *Canadian Journal of Sport Science*; 1992;17:199-206.
- Griefahn B, Ilmarinen R, Louhevaara V, Mäkinen H, Künemund C. Arbeitszeit und Pausen im simulierten Einsatz der Feuerwehr. *Z. Arb. wiss* 1996;50(22 NF) 2: 89-95.
- Hautala A. Effect of physical exercise on autonomic regulation of heart rate. Väitöskirja. *Acta Universitatis Ouluensis D Medica* 784. Oulun yliopisto, Oulu, 2004.
- Heliövaara M, Aromaa A. Suomalaisten aikuisten pituus, paino ja lihavuus. *Kansaneläkelaitoksen julkaisuja ML:19*, 1980 Helsinki.
- Ilmarinen R: Einflüsse verschiedener Bekleidung auf einige physiologische Größen des Menschen bei Körperarbeit in unterschiedlich erhöhter Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit. Dissertation, Deutsche Sporthochschule, Köln 1978.
- Ilmarinen R (toim): *Palomies kuumassa – kuormittuminen, lämpösairaudet, työvaatetus*. Työterveyslaitos, Helsinki 1994.
- Ilmarinen R, Koivisto K. Heart rate and thermal responses in prolonged job-related fire-fighting drills. In: J.A. Hodgson, J.H. Heaney, and M.J. Buono (eds.), *Environmental ergonomics VIII* (San Diego, CA: International Conference on Environmental Ergonomics) 1999;Vol. 1:99-102.
- Ilmarinen R, Lindholm H, Koivisto K, Helisten P: Physiological evaluation of chemical protective suit systems (CPSS) in hot conditions. *JOSE* 2004 (accepted for publication).
- Ilmarinen R, Lindholm H, Reponen S & Markkanen P: Savusukelluksen toimintakuntotesti 2, TOKU 2) Pelastusopiston opettajille. Lämpökuormittuminen. Työterveyslaitos, fysiikan osasto. Raportti/PEO 1999-08-03.
- Ilmarinen R, Louhevaara V, Griefahn B & Künemund C: Thermal and cardiac strain in strenuous fire-fighting and rescue tasks in the extreme heat. Kirjassa: Nielsen Johannsen B & Nielsen R (toim.) *Thermal Physiology 1997*, Proceedings from the 1997 Symposium of Thermal Physiology, Copenhagen 8-12 July, 1997. The August Krogh Institute 1997a:127–130.
- Ilmarinen R, Louhevaara V, Griefahn B & Künemund C: Thermal responses to consecutive strenuous fire-fighting and rescue tasks in the heat. Kirjassa: Shapioro Y, Moran DS, Epstein Y (toim.) *Environmental Physiology - Recent Progress and New Frontiers*. Freund Publishing House, Ltd. London and Tel Aviv 1997b:295–298.

- Ilmarinen R, Reponen S, Koskinen H: Savusukelluksen toimintakuntotesti II - Lämpökuormittuminen. Työterveyslaitos, TF-osasto, Raportti 1998-05-20. (27 s. + liitteet).
- Innes E, Straker L. Reliability of work-related assessments. *Work* 1999;13,107-124.
- ISO 10551 - Ergonomics of thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. International Organization for Standardization, (E) 1995.
- Jylhä A, Kinnunen K. Palomiehen fyysisen kunnon työkykytesti. Pelastusopiston julkaisuja, Kuopio 2004.
- Kales S, Aldrich J, Polyhronopoulos G, Leitao E, Artzerouniades, Gassert T, Hu H, Kelsey K, Sweet C, Christiani D. Correlates of fitness for duty in hazardous materials firefighting. *Am J Ind Med* 1999;36:618- 629.
- Kales S, Soteriades E, Christoudias S, Christiani D. Firefighters and on-duty deaths from coronary heart disease: a case control study. *Environm Health* 2003;2:1-13.
- Kincl LD, Bhattacharya A, Succop PA, Clark CS. Postural sway measurements: a potential safety monitoring technique for workers wearing personal protective equipment. *Appl Occup Environ Hyg* 2002;17:256-66.
- Kinnunen K (toim.). Pelastushenkilöstön fyysisen työkyvyn seuranta- ja ylläpito-ohje. Pelastusopiston julkaisuja 22. Kuopio, 2004.
- Kukkonen-Harjula K, Rauramaa R: Verenkiertoelimistön kuormittuminen hakkuutyössä lumettomana ja lumisena vuodenaikana. Työterveyslaitoksen tutkimuksia 1 1983;2:125-131.
- Kurl S, Laukkanen JA, Tuomainen T-P, Tauramaa R, Lakka TA, Salonen R, Eränen J, Sivenius J, Salonen JT. Association of exercise-induced, silent st-segment depression with the risk of stroke and cardiovascular diseases in men. *Stroke* 2003;July:1760-1765.
- Lemon P.W.R., Hermiston R.T. The human energy cost of fire fighting. *Journal of Occupational Medicine* 1997;19:558-562.
- Lindholm H, Ilmarinen J. Kuntotestaus osana työkykyä ylläpitävää toimintaa. Kirjassa Kuntotestauksen käsikirja. Keskinen K, Häkkinen K, Kallinen M. (toim.) Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro 156m Helsinki, 2004a.
- Lindholm H, Sala R, Mattila S. Toimintakyvyn arviointi sydän- ja verisuonisairauksissa. Kirjassa Toimintakyky- arviointi ja kliininen käyttö. Matikainen E, Aro T, Huunan- Seppälä A, Kivekäs J, ym., toim. Duodecim, Helsinki, 2004b.
- Lipinski M, Vetrovec C, Froelicher V. Importance of the first two minutes of heart rate recovery after exercise treadmill testing in predicting mortality and the presence of coronary artery disease in men. *Am J Cardiol* 2004;93:445- 449.
- Louhevaara V, Lusa S, (toim.). Palomiesten työkyvyn arviointi. Fyysiset toimintakykytestit ja terveystarkastukset. Työolot 75. Työterveyslaitos, Helsinki 1992, 37–40.
- Louhevaara V, Smolander J, Korhonen O, Tuomi T: Maximal working times with a self-contained breathing apparatus. *Ergonomics* 1986;29:77–85.
- Louhevaara V, Soukainen J, Lusa S, Tulppo M, Tuomi P, Kajaste T. Development and evaluation of a test drill for assessing physical work capacity of fire-fighters. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1994;13:139-146.
- Louhevaara V, Tuomi T, Smolander J, Korhonen O, Tossavainen A, Jaakkola J. Cardiorespiratory strain in jobs that require respiratory protection. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 1985;55:195-206.
- Lusa S. Job demands and assessment of the physical work capacity of fire fighters. *Studies in Sport, Physical Education and Health*. Jyväskylä University Printing House and Sisäsuomi Oy, University of Jyväskylä, Jyväskylä 1994.
- Lusa S, Louhevaara V, Kinnunen K. Are the job demands on physical work capacity equal for young and aging fire-fighters? *Journal of Occupational Medicine* 1994;36:70-74.
- Lusa S, Louhevaara V, Smolander J, Pohjonen T, Uusimäki H, Korhonen O. Thermal effects of fire-protective equipment during job-related exercise protocol. *SAFE Journal* 1993;23(1):36-39.

- Lusa-Moser S, Punakallio A, Louhevaara V, Viikari-Juntura E, Ilmarinen R, Ollila J, Korhonen O, Lindqvist-Virkamäki S, Luukkonen R: Eri-ikäisten palomiesten terveys ja toimintakyky. Osa I: Kyselytutkimus. Perusraportti sisäasiainministeriölle. Työterveyslaitos, Helsinki 1997a. (moniste)
- Lusa-Moser S, Punakallio A, Louhevaara V, Viikari-Juntura E, Ilmarinen R, Ollila J, Korhonen O, Lindqvist-Virkamäki S, Luukkonen R. Eri-ikäisten palomiesten terveys ja toimintakyky. Osa 1: Kyselytutkimus - elintapojen, terveydentilan ja psyykkisten tekijöiden yhteydet koettuun työkykyyn. Helsinki: Työterveyslaitos; Ikääntyvä arvoonsa - työterveyden, työkyvyn ja hyvinvoinnin edistämishjelman julkaisu 30, 1997b.
- Lusa-Moser S, Punakallio A, Luukkonen R, Viikari-Juntura E, Ilmarinen R, Louhevaara V, Korhonen O. Palomiesten elintapojen, terveyden ja työkyvyn muutokset vuosina 1996-1999 sekä terveyttä, työkykyä ja tuki- ja liikuntaelinten oireita ennustavat tekijät, kyselytutkimus. Osaraportti I raportissa Eri-ikäisten palomiesten terveys ja toimintakyky: Kolmen vuoden seurantatutkimus (Punakallio A, Lusa-Moser S, toim.). Loppuraportti 1999, Työterveyslaitos.
- McKirman D, Froelicher V. General principles of exercise testing. In Skinner J. (toim.) Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases. Lea Febiger, Philadelphia 1988:3-19.
- McLellan T M: Work performance at 40 °C with Canadian Forces Biological and chemical Protective clothing. Aviat. Space Environ. Med 1993;64:1094-1100.
- Metitur; 2001. Good Balance käyttäjän opas. Versio 2.54. Jyväskylä: Katso myös <http://www.metitur.com>.
- Misner J.E., Plowman S.A., Boileu R.A. Performance differences between males and females on simulated firefighting tasks. Journal of Occupational Medicine 1987;29:801-805.
- Mäkinen H, Ilmarinen R, Griefahn B & Künemund C: Physiological comparison of fire fighter turnout suits with and without a microporous membrane in the heat. Kirjassa: Johnson JS & Mansdorf SZ (toim.): Performance of Protective Clothing: Fifth Volume. ASTM STP 1237, American Society for Testing and Materials 1996:396-407.
- O'Connel E.R., Thomas P.C. Cady L.D., Karwasky R.J. (1986). Energy costs of simulated stair climbing as a job-related task in fire fighting. Journal of Occupational Medicine; 28:282-284.
- Parsons K (1999). International standards for the assessment of the risk of thermal strain on clothed workers in hot environments. Ann Occup Hyg 43:297-308.
- Pelastuslaki (468/2003)
- Punakallio A, Trial-to-Trial Reproducibility and Test-Retest Stability of Two Dynamic Balance Tests among Male Firefighters. Int J Sports Med 2004;25:163-169.
- Punakallio A, Louhevaara V, Lusa-Moser S, Luukkonen R. Eri-ikäisten palomiesten terveys ja toimintakyky. Osa 3: Tutkimus savusukellusvarustuksessa. Helsinki: Työterveyslaitos ja Työsuojelurahasto; Ikääntyvä arvoonsa - työterveyden, työkyvyn ja hyvinvoinnin edistämishjelman julkaisu 32, 1997a.
- Punakallio, A., Lusa, S., Luukkonen, R. Protective equipment affects balance abilities differently in younger and older firefighters. Aviat Space Environ Med 2003;74:1151-1156.
- Punakallio A, Lusa-Moser S, Louhevaara V, Korhonen O, Luukkonen R. Eri-ikäisten palomiesten terveys ja toimintakyky. Osa 2: Fyysinen toimintakyky. Helsinki: Työterveyslaitos ja Työsuojelurahasto; Ikääntyvä arvoonsa - työterveyden, työkyvyn ja hyvinvoinnin edistämishjelman julkaisu 31, 1997b.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT® User's Guide, version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999. 3884 pp.
- Schonfeld B.R., Doerr D.F, Convection V.A. An occupational performance test validation program for fire fighters at the Kennedy Space Center. Journal of Occupational Medicine 1990;32:638-643.
- Seliga R, Bhattacharya A, Succop P, et al. Effect of work load and respirator wear on postural stability, heart rate, and perceived exertion. Am Ind Hyg Assoc J 1991;52:417-22.
- Selkirk G A, McLellan T M. Physical work limits for Toronto Firefighters in warm environments. Journal Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2004;1:199-212.

Sisäasiainministeriö, Pelastusosasto (2002). Savusukellusohje. Julkaisuja sarja A:69. www.intermin.fi/sm/pelastus.

Sisäasiainministeriö, Pelastusosasto (2002). Pintapelastus- ja vesisukellusohje. Julkaisuja sarja A:70.

Soukainen J, Lusa S, Tulppo M, Tuomi P, Tuomi P, Kajaste T, Louhevaara V. Savusukellustehtäviä simuloivan testiradan kehittäminen ja arviointi. Osaraportti 10. Julkaisussa Palomiesten valintaan ja seurantaan soveltuvien fyysisten toimintakykytestien ja terveystarkastusten kehittäminen ja arviointi. Louhevaara V ja Lusa S toim. Pelastusosaston julkaisu 1992. Sarja B:12.

Sothman M.S., Saupe K.W., Jasenof D, Blaney J, Fuhrman S.D., Woulfe T. ym. Advancing age and the cardiorespiratory stress of fire suppression: Determining a minimum standard for aerobic fitness. *Human Performance* 1990;3:217-236.

Sothman M.S., Saupe K.W., Jasenof D, Blaney J. Heart rate response of firefighters to actual emergencies. Implications for cardiorespiratory fitness. *Journal of Occupational Medicine* 1992;34:797-800.

Sothman M, Saupe K, Raven P, Pawelczyk J, Davis P, Dotson C ym. Oxygen consumption during fire suppression: error of heart rate estimation. *Ergonomics* 1991;34:1469-1474.

Sovijärvi A (2000). Kliininen rasituskoe. Kirjassa *Kardiologia*. Heikkilä J ym. toim. Duodecim.

Sovijärvi A, Ahonen A, Hartiala J ym. Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Duodecim, Helsinki, 2003.

Suomen Kuntaliitto (Myllyniemi P, Raitoaho O) (1998). Työkykyä ylläpitävä toiminta kuntien palo- ja pelastuslaitoksissa. Työryhmän raportti.

Tanaka H, Monahan K, Seals R. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:§53-156.

Tsuji H, Larson M, Venditti F ym. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1996;94:2850-2855.

Tuomi K, Ilmarinen J, Jahkola A, Katajarinne L, Tulkki A (1997). Työkykyindeksi. Työterveyshuolto 19, Työterveyslaitos.

Työterveyshuoltolaki (1383/2001).

Työturvallisuuslaki (738/2002).

Valtionneuvoston asetus terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheutuviissa töissä (1485/2001).

Zylberstain M (1973). Fysisk belasting under rökdygning. *Arbetarskyddsstyrelsen*. Stockholm. Uppdragsrapport nr 488/73.

Åstrand I: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta physiol scand* 1960;49(suppl:169).

Åstrand P O, Rodahl K: Textbook of work physiology. Physiological bases of exercise, 3. ed. McGraw-Hill Book Company, New York 1986.

PELASTAJIEN SAVUSUKELLUSTESTIRADAN LUOTETTAVUUS JA TURVALLISUUS

FYYSISEN SUORITUSKYVYN ESITIETO- JA LÄÄKÄRINTARKASTUSLOMAKE

Khnro: _____ Nimi: _____

Päivämäärä: _____ Henkilötunnus: _____ Ikä: _____

Palokunta: _____

Säännölliset lääkitykset:

Lähisukulaisella	kyllä	ei
Sepelvaltimotauti alle 65-vuotiaana		
Sydänlihassairautta		
Äkkikuolemia		

Tupakointi:

1. Ei koskaan säännöllisesti
2. Lopettanut vuonna _____ ja tupakoinut _____ vuotta
3. Tupakoi _____ savuketta/pv, _____ piipullista/pv, _____ sikaria/pv

Kuntoliikunnan harrastus:

1. ei lainkaan
2. 1-3 krt/kk
3. keskimäärin 1-2 krt/vko,
4. keskimäärin 3 krt/vko
5. keskimäärin 4-5 krt/vk
6. päivittäin

Tavallisimmat liikuntalajini: _____

Sairaudet:

01 sepelvaltimotauti	02 sydäninfarkti	03 kohonnut verenpaine	04 sydänlappävika
05 aivohalvaus	06 aivoverenkierron häiriöitä	07 sydämen rytmihäiriö	08 sydämentahdistin
09 kävelykipua pohkeissa	10 sydänlihassairaus	11 syvä laskimotukos	12 muu verisuonisairaus
13 kr. keuhkoputkentulehdus	14 keuhkolaajentuma	15 astma	16 muu keuhkosairaus
17 allergia	18 kilpirauh. toimintahäiriö	19 diabetes	20 anemia
21 korkea veren kolesteroli	22 korkea verensokeri	23 nivelreuma	24 nivelrikko, -kuluma
25 kr. selkäsairaus	26 mahahaava	27 pallea-, nivus-, napatyträ	28 ruokatorven tulehdus
29 mielenterveyden ongelma	30 kasvain tai syöpä	31 leikkaus äskettäin	32 tapaturma äskettäin
33 matala veren kalium- tai magnesiumpitoisuus	34 kohonnut silmänpaine	35 näön tai kuulon heikkous	

Lisätietoja em. sairauksista ja mahdolliset muut sairaudet:

Oireet viimeisen 6 kk:n aikana	kyllä	ei	en osaa sanoa
1. Rintakipua			
2. Rintakipua fyysisessä rasituksessa			
3. Rintakipua rintalastan seudussa			
4. Rasitukseen liittyvää hengenahdistusta			
5. Huimausoireita			
6. Korvatulehdus tai korvasärkyä			
7. Tasapainohäiriöitä			
8. Rytmihäiriötuntemuksia			
9. Fyysiseen rasitukseen liittyvää uupumusta			
10. Fyysiseen rasitukseen liittyvää päänsärkyä			
11. Liikkumista haittaavaa selkäkipua			
12. Liikkumista haittaavia nivelkipuja			
13. Niska-hartiaseudun kipuja			

Haittaavatko em. sairaudet tai oireet työtehtäviäsi tai kuntoliikuntaa? ei 0 kyllä 1

Status:

Pituus: _____ cm Paino: _____ kg BMI _____

Yleistila: _____ RR: ____/____

Pulssit: _____

EKG: _____

Sydämen ja keuhkojen auskultaatiolöyös: _____

Raajat ja nivelet: _____

Muut löydökset: _____

Testauksessa huomioitavaa: _____

Lääkärintarkastuksen suoritti: _____

Harri Lindholm, kliinisen fysiologian erikoislääkäri



Fysiologian osasto/2003

PELASTAJIEN SAVUSUKELLUSTESTIRADAN LUOTETTAVUUS JA TURVALLISUUS Kyselylomake

Lue jokainen kysymys huolellisesti läpi. Vastaa kysymyksiin **rengastamalla** sen vaihtoehdon **numero**, joka vastaa parhaiten sinun mielipidettäsi tai kirjoittamalla vastaus sille varattuun tilaan.

YLEISTIEDOT

Onko palokuntasi

- vakainainen palokunta 0
sopimuspalokunta 1
tehdaspalokunta 2

Kuinka kauan olet ollut palolaitok- sen/sopimus/tehdaspalokunnan palveluksessa?

_____ vuotta

Kuinka kauan olet ollut nykyisessä työtehtävässäsi

_____ vuotta

Mikä on ammattinimikkeesi ?

- palomies 1
palomies-sairaankuljettaja .. 2
ylipalomies 3
paloesimies 4
ruiskumestari 5
palomestari 6
muu, mikä ? 7

TERVEYDENTILA, TYÖ JA TOIMINTAKYKY

Arvioi minkälainen on terveydentilasi ikäisiisi ver- rattuna ?

- erittäin hyvä 5
melko hyvä 4
kohtalainen 3
melko huono 2
erittäin huono 1

Oletetaan, että työkykysi on parhaimmillaan saanut 10 pistettä. Minkä pistemäärän antaisit nykyiselle työkyvyillesi ? Rengasta yksi vaihtoehto. (0 tarkoittaa sitä, ettei nykyisin pysty lainkaan työhön).

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
täysin työkyy-
työkyvytön työkyy-
laan parhaimmil-
laan

Minkälaiseksi arvioit nykyisen työkykysi työsi *ruu- mällisten vaatimusten* kannalta ?

- erittäin hyvä 5
melko hyvä 4
kohtalainen 3
melko huono 2
erittäin huono 1

Minkälaiseksi arvioit nykyisen työkykysi työsi *hen- kisten vaatimusten* kannalta ?

- erittäin hyvä 5
melko hyvä 4
kohtalainen 3
melko huono 2

erittäin huono 1
 Tasapainokykyä tarvitaan liikuttaessa ja työskenneltäessä korkealla ja täpärillä paikoilla. **Minkälaiseksi arvioit tasapainosi työsi vaatimusten kannalta ?**

erittäin hyvä 5
 melko hyvä 4
 kohtalainen 3
 melko huono 2
 erittäin huono 1

Merkitse seuraavaan luetteloon minkälaisia sairauksia tai vammoja sinulla on tällä hetkellä tai toistuvasti, usein. Merkitse lisäksi onko lääkäri todennut tai hoitanut tätä sairautta. *Kunkin sairauden kohdalla voi siis olla 2, 1 tai ei yhtään rengasta.*

	Kyllä	
	oma mielipide	lääkäriin toteama
Tapaturmavamma		
01 selässä.....	2	1
02 yläraajoissa/käsissä	2	1
03 alaraajoissa/jaloissa	2	1
04 muualla, missä ja millainen	2	1

Tuki- ja liikuntaelinten sairaus

05 selän yläosan/kaularangan kulumavika/toistuva kiputila	2	1
06 selän alaosan kulumavika/toistuva kiputila	2	1
07 iskiasoireyhtymä	2	1
08 raajojen (kädet, jalat) kulumavika	2	1
09 nivelreuma	2	1
10 muu tuki- ja liikuntaelinten sairaus, mikä ?	2	1

Verenkiertoelinten sairaus

11 verenpainetauti	2	1
12 sepelvaltimotauti, (rasitus)-rintakipu (angina pectoris)	2	1
13 sairastettu sydänveritulppa, sydäninfarkti	2	1
14 sydämen vajaatoiminta	2	1
15 muu verenkiertoelinten	2	1

sairaus, mikä?

Kyllä
 oma lääkäriin
 mielipide toteama

Hengityselinten sairaus

16 toistuvat hengitysteiden tulehdukset (myös nielurisa- ja poskiontelon tulehdukset sekä ohimenevä keuhkoputkentulehdus)	2	1
17 pitkäaikainen keuhkoputken tulehdus	2	1
18 pitkäaikainen nuha	2	1
19 keuhkoastma	2	1
20 keuhkojen laajentuma	2	1
21 keuhkotuberkuloosi	2	1
22 muu hengityselinten sairaus, mikä ?	2	1

Mielenterveyden häiriö

23 mielisairaus tai vakava mielenterveyden ongelma (esim. vakava masennustila, mielialahäiriö)	2	1
24 lievä mielenterveyden häiriö (esim. lievämasennustila, jännittyneisyys, ahdistuneisuus unihäiriö)	2	1

Hermoston ja aistimien sairaus

25 kuulosairaus, kuulovamma	2	1
26 silmäsairaus, silmävamma (muu kuin taittovika)	2	1
27 hermoston sairaus (esim. halvaus, hermosärky, epilepsia)	2	1
28 muu hermoston ja aistimien sairaus, mikä ?	2	1

mikä? _____

Ruuansulatuselinten sairaus

	Kyllä	
	oma mielipide	lääkärin toteama
29 sappikivet/sairaus	2	1
30 maksa- tai haimasairaus	2	1
31 maha- tai pohjukais- suolen haava	2	1
32 maha- tai pohjukais-suolen katarri/ärsytystila	2	1
33 paksusuolen katarri/ ärsytystila	2	1
34 muu ruuansulatuselinten sairaus, mikä ?	2	1

Virts- ja sukuelinten sairaus

35 virtsateiden tulehdus	2	1
36 munusissairaus	2	1
37 sukuelinten sairaus (esim. eturauhastulehdus)	2	1
38 muu virtsa- tai sukuelinten sairaus, mikä ?	2	1

Ihon sairaus

39 allerginen ihottuma	2	1
40 muu ihottuma, mikä ?	2	1
41 muu ihosairaus, mikä ?	2	1

Kasvaimet ja syöpäsairaudet

42 hyvänlaatuinen kasvain	2	1
43 pahanlaatuinen kasvain (syöpä) missä? _____	2	1

Aineenvaihdunnan ja muut sairaudet ja viat

44 liikalihavuus	2	1
45 sokeritauti	2	1
46 struuma tai muu kilpirauhassairaus	2	1
47 muu umpierityksen tai aineen- vaihdunnan sairaus, mikä ?	2	1
48 vähäverisyys (anemia)	2	1
49 muu veren tauti	2	1
50 synnynnäinen vika, mikä ?	2	1
51 muu vaiva tai sairaus	2	1

Onko edellämmainituista sairauksistasi tai vaivoistasi haittaa nykyisessä työssäsi ? Rengasta tarvittaessa useita vaihtoehtoja.

ei haittaa lainkaan/ei ole sairauksia	6
suoriudun työstä, mutta siitä aiheutuu oireita joudun joskus keventämään työtahtia tai muuttamaan työskentelytapaa	5
joudun usein keventämään työtahtia tai muuttamaan työskentelytapaa	4
sairauteni vuoksi selviytyisin mielestäni vain osa-aikatyössä	3
olen mielestäni täysin kykenemätön työhön	2
	1

**Kuinka monta kokonaista työpäivää olet ollut pois-
sa työstä terveydentilasi (sairauden tai terveyden
hoito tai tutkiminen) vuoksi viimeisen vuoden (12
kk) aikana?**

en lainkaan	5
korkeintaan 9 päivää	4
10-24 päivää	3
25-99 päivää	2
100-365 päivää	1

**Uskotko, että terveydentilasi puolesta pystyisit työ-
skentelemään nykyisessä ammatissasi kahden
vuoden kuluttua ?**

tuskin	1
en ole varma	4
melko varmasti	7

Kuumakuormitus ja lämmönsietokyky**Minkälaiseksi arvioit lämmönsietokykysi suhteessa
muihin ikäisiisi palomiehiin ?**

erittäin hyvä	5
melko hyvä	4
kohtalainen	3
melko huono	2
erittäin huono	1

Psyykkiset voimavarat

Oletko viimeaikoina kyennyt nauttimaan päivittäisistä toimistasi ?

usein 4
 melko usein 3
 silloin tällöin 2
 melko harvoin 1
 en koskaan 0

Oletko viimeaikoina ollut toimekäs ja vireä ?

usein 4
 melko usein 3
 silloin tällöin 2
 melko harvoin 1
 en koskaan 0

Oletko viimeaikoina tuntenut itsesi toivorikkaaksi tulevaisuuden suhteen ?

usein 4
 melko usein 3
 silloin tällöin 2
 melko harvoin 1
 en koskaan 0

TARKASTA vielä lopuksi, että olet vastannut **kaikkiin** kysymyksiin täydellisesti.

Kiitos vastauksistasi!

LISÄTIETOJA, HUOMIOITASI JA
 MIELIPITEITÄSI:
