

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

NH90-KUORMAMESTARIN KUORMITUS HELIKOPTERILENNOLLA

Pro Gradu -tutkielma

Yliluutnantti
Jussi Koivuranta

Sotatieteiden maisterikurssi 11
Ilmasotalinja

Maaliskuu 2023

Kurssi Sotatieteiden maisterikurssi 11	Linja Ilmasotalinja
Tekijä Yliluutnantti Jussi Koivuranta	
Opinnäytetyön nimi NH90-kuormamestarin kuormitus helikopterilennolla	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika Maaliskuu 2023	Tekstisivuja 68 Liitesivuja 21
TIIVISTELMÄ	
<p>NH90-helikopterin kuormamestareiden työ on fyysisesti ja psyykkisesti kuormittavaa, mutta työn kuormittavuudesta ei ole kuitenkaan tehty Suomen puolustusvoimissa tutkimusta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten suuri psyykinen ja fyysinen kuormitus NH90-kuormamestareihin kohdistuu helikopterilennon aikana. Helikopterilennon kuormituksen arvioinnin lisäksi tässä tutkimuksessa mitattiin, että miten suuri kuormitus kuormamestariin kohdistui ennen lentoa ja lennon jälkeen. Tutkimuksessa kuormamestareiden kuormituksesta kerättiin tietoa objektiivisin ja subjektiivisin mittauksin. Objektiivisinä mittauksina tässä tutkimuksessa käytettiin sykkeen ja sykevälivaihtelun mittaamista, sylkinäytteitä sekä isometrisen ja dynaamisen voimantuoton testejä. Objektiivisten mittausten tavoitteena oli saada tietoa verenkiertoelimistön, autonomisen hermoston ja umpieritysjärjestelmän toiminnasta ennen lentoa, lennon aikana ja lennon jälkeen. Subjektiivisena menetelmänä käytettiin päiväkirjaa, jonka avulla kuormamestarit arvioivat lennon ja lentopäivän aiheuttamaa kuormitusta.</p> <p>Tutkimus toteutettiin osana Utin jääkärirykmentin helikopteripataljoonan vuoden 2022 normaalia päivittäistä tai harjoituksessa tapahtuvaa lentotoimintaa ja tutkimukseen osallistui 16 (ikä 34±6 vuotta) kuormamestaria. Tutkimus osoitti, että kuormamestareiden maksimisyke oli helikopterilennon aikana (FLIGHT) tilastollisesti merkitsevästi korkeampi kuin muina mittausjaksoina (PRE, WALK ja POST) (FLIGHT = 173±14 bpm vs. PRE = 133±21 bpm, $p < 0,01$, WALK = 153±16 bpm, $p < 0,05$ & POST = 145±20 bpm, $p < 0,05$), mutta sykevälivaihtelu oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden aikana (WALK) kuin lennon jälkeisen mittausjakson aikana (POST) (SDNN = 47±14 ms vs. 58±15 ms, $p < 0,01$; RMSSD = 39±17 ms vs. 51±17 ms, $p < 0,05$). Kortisolinäytteiden perusteella kuormamestareiden kuormitus oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampaa ennen lentoa (PRE) kuin lennolla (POST) tai 30-60 minuuttia lennon jälkeen (POST2) (PRE = 8,35±3,79 nmol/l vs. POST = 5,57±3,79 nmol/l, $p < 0,05$ & POST2 = 5,12±3,03 nmol/l, $p < 0,05$). Alfa-amylaasin konsentraatio taas oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi lennon jälkeen (POST) kuin 30-60 minuuttia lennon jälkeen (POST2) (150,23±99,94 U/ml vs. 87,62±69,18 U/ml, $p < 0,01$). Fyysisten testien tuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Koehenkilöiltä kerätyn subjektiivisen arvion perustella helikopterilentojen aiheuttama kuormitus asteikolla 1–10 oli keskimäärin 6 (normaali kuormitus).</p> <p>Tämän tutkimuksen perusteella kuormamestareihin kohdistuva kuormitus on lentotehtävän aikana hetkellisesti voimakasta, mutta ei kuitenkaan pitkäkestoista. Lisäksi lennon aikainen paikallaanolo mahdollistaa kuormamestareiden parasympaattisen hermoston aktiivisuuden ja palautumisen, joka edelleen vähentää lennon aiheuttamaa kuormitusta. Tämän perusteella hyvällä lihaskunnolla on kestävyyskuntoa merkittävämpi vaikutus lentotehtävän kuormamestareille aiheuttaman kuormituksen pienentämisessä.</p>	
AVAINSANAT	
NH90, helikopteri, kuormamestari, sykevälivaihtelu, puristusvoima, kevennyshyppy, sylkinäyte, kuormitus, fyysinen, psyykinen, kognitiivinen, stressi, umpieritys, toimintakyky	

SISÄLLYS

1.	JOHDANTO	1
2.	NH90-KUORMAMESTARIN TYÖTEHTÄVÄT	3
2.1.	NH90-kuljetushelikopteri.....	3
2.2.	Käyttöhuoltotehtävät	4
2.3.	Lentoa edeltävät ja lennon aikaiset tehtävät.....	5
2.4.	Kuormamestarin fyysisen toimintakyvyn vaatimukset	8
3.	IHMISEN KUORMITTUMINEN JA SEN VAIKUTUKSET IHMISEN FYSIOLOGISEEN TOIMINTAAN	10
3.1.	Ihmisen kuormittuminen	10
3.2.	Kuormituksen vaikutus autonomisen hermoston toimintaan.....	11
3.3.	Kuormituksen vaikutus umpieritysjärjestelmän toimintaan.....	14
3.4.	Fyysisen kuormituksen erityispiirteitä	17
4.	KUORMITTUMISEN MITTAAMINEN.....	19
4.1.	Autonomisen hermoston tasapaino ja sykevälivaihtelu	19
4.2.	Hormonien ja entsyymien konsentraatiot	26
4.3.	Fyysisen suorituskyvyn mittaaminen ja fyysisen kuormituksen vaikutus sykkeeseen ..	33
4.4.	Kuormittumisen mittaaminen kyselyiden avulla	35
5.	TUTKIMUKSEN TARKOITUS	37
5.1.	Tutkimuskysymykset	37
6.	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	40
6.1.	Tutkimusasetelma	40
6.2.	Tutkimuksen koehenkilöt.....	40
6.3.	Aineiston keräys.....	41
6.4.	Tutkimuksen lentotehtävät	46
6.5.	Tilastollinen analyysi	47
7.	TULOKSET	48
7.1.	Muutokset sykkeessä ja sykevälivaihtelussa.....	48
7.2.	Muutokset elimistön hormoni- ja entsyymikonsentraatioissa.....	53
7.3.	Muutokset isometrisessä ja dynaamisessa voimantuotossa	55
7.4.	Kuormamestareiden subjektiivinen kokemus kuormituksesta.....	57
8.	POHDINTA	58
8.1.	Vaikutukset sykkeeseen ja sykevälivaihteluun	59
8.2.	Vaikutus hormonien ja entsyymien konsentraatioihin.....	62
8.3.	Vaikutus isometriseen ja dynaamiseen voimantuottoon	64
8.4.	Kuormamestareiden subjektiivinen kokemus kuormituksesta.....	64
8.5.	Tutkimuksen luotettavuus	65

9.	JOHTOPÄÄTÖKSET JA KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSET	67
9.1.	Jatkotutkimustarpeet	68

LÄHTEET

LIITTEET

NH90-KUORMAMESTARIN KUORMITUS HELIKOPTERILENNOLLA

1. JOHDANTO

Tämä tutkimus liittyy Sotilaslääketieteen keskuksen johtamaan kehittämishankkeeseen: "HELIKOPTERILENTÄJÄN, -MIEHISTÖN JA ERIKOISJÄÄKÄRIN TOIMINTAKYKY", jonka tavoitteena on luoda ohjelma helikopterilentäjien ja -miehistön toimintakyvyn kehittämiseksi, palautumiseksi ja mittaamiseksi. Tämän lisäksi tutkimuksessa selvitetään työperäisiä tuki- ja liikuntaelinoireita sekä tehtäväkohtaisia toimintakykyvaatimuksia.

Puolustusvoimien helikopteritoiminta on keskitetty Utin jääkäriyrykmenttiin. Helikopteripataljoonan operoimat NH90-kuljetushelikopterit (myöhemmin NH90-helikopteri) ovat Puolustusvoimien yhteinen suorituskyky ja niitä käytetään yhteistoimintaan erikois-, operatiivisten sekä paikallisjoukkojen kanssa. Puolustusvoimien omien joukkojen tukemisen lisäksi NH90-helikoptereita käytetään muiden viranomaisten tukemiseen. (*Kuljetushelikopteri NH90 TTH, 2023*) Helikopterimiehistöjen tehtävät vaihtelevat siis paljon. Vaihtelevan tehtäväkentän lisäksi helikopterimiehistöön kuuluvien jäsenten työ on fyysisesti ja psyykkisesti kuormittavaa, mutta kuormituksen määrästä ei ole tehty tutkimusta.

Puolustusvoimissa NH90-helikoptereiden miehistö koostuu kahdesta ohjaajasta, vähintään yhdestä kuormamestarista (yleensä kaksi) sekä mahdollisesta pintapelastajasta. Edellä mainitut yleiset tehtävätyypit vaikuttavat eri lentotehtävien sisältöön ja niillä on suora vaikutus myös miehistön jäsenten tehtäviin lennon aikana. Helikopterilentäjien tehtävänä on kuitenkin kaikilla tehtävillä helikopterin ohjaaminen, mutta kuormamestareiden tehtävät vaihtelevat eri lennoilla paljon.

NH90-kuormamestari (myöhemmin kuormamestari) vastaa lentotehtävien aikana kuormatilassa tapahtuvista toiminnoista ilma-aluksen päällikön johtamana. Kuormatilan toimintoja voivat olla tehtävästä riippuen muun muassa matkustajien turvallisuudesta vastaaminen, kuorman sitominen, toiminnan johtaminen laskupaikalla (henkilöstön ja materiaalin purkamiseen liittyvien toimintojen johtaminen), pelastusvinssin käyttäminen, ulkopuolisen kuorman käsittely sekä oviaseampujana toimiminen. (*Sotilasilmalukäsikirja*, 2018, s. 15–16; *Helikopterilento-menetelmät*, 2023)

Tavanomaisena työpäivänä kuormamestarilla on yhdestä neljään lentoa, joiden lisäksi kuormamestarit vastaavat usein myös lentoja edeltävästä, niiden välisestä sekä niiden jälkeisestä käyttöhuollosta. Käyttöhuoltotehtäviin kuuluvat muun muassa helikopterin tarkastukset, roolivarusteiden muutokset sekä neste- ja polttoainetäydennysten suorittaminen. Kuormamestarin tavanomainen työpäivä koostuu siten erilaista kuormitusta aiheuttavista työtehtävistä. (*Lentotekni-
nen maapalveluohje*, 2020; *NH90 Valmisteluohje*, 2022)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten suuri psyykkinen ja fyysinen kuormitus kuormamestariin kohdistuu helikopterilennon aikana. Tutkimuksessa kuormamestareiden kuormituksesta kerätään aineistoa subjektiivisilla sekä objektiivisilla mittausmenetelmillä, joiden perusteella kuormamestareiden kokeman psyykkinen ja fyysinen kuormituksen määrä havainnoidaan. Tutkimuksen pääpaino on helikopterilennon aikaisen kuormituksen mittaamisessa, mutta tutkimusasetelmasta johtuen tutkimuksessa saadaan myös tietoa kuormamestareiden kokemasta kuormituksesta ajalta ennen lentotehtäviin liittyvien välittömien toimenpiteiden alkamista, helikopterilentoa edeltävien välittömien toimenpiteiden ajalta sekä lennon jälkeiseltä ajalta.

2. NH90-KUORMAMESTARIN TYÖTEHTÄVÄT

2.1. NH90-kuljetushelikopteri

NH90-helikopteri on Eurocopterin (nykyään Airbus Helicopters) ja AgustaWestlandin (nykyään Leonardo Helicopters) kehittämä kaksimoottorinen monitoimihelikopteri. Alun perin NH90-helikopteri suunniteltiin eri sotilas- ja siviilitehtäviä varten. NH90-helikopterin kehitystyö alkoi 1980-luvulla, kun NATO:n perustama tutkimusryhmä alkoi tutkia uuden monitoimihelikopterin kehittämistä, jota voitaisiin käyttää useisiin eri tehtäviin. NH90-ohjelma käynnistyi virallisesti vuonna 1986 ja siihen kuuluivat Euroopan maista alun perin Ranska, Saksa, Italia ja Hollanti. Helikopterin ensimmäinen prototyyppi lensi ensilentonsa vuonna 1995 ja lopullinen kehitysversio otettiin operatiiviseen käyttöön vuonna 2007. Suomessa ensimmäinen NH90-helikopteri otettiin operatiiviseen käyttöön vuonna 2008 ja jo vuonna 2009 Suomi oli lentänyt NH90:llä yli 1 000 lentotuntia. (Airbus, 2017)

NH90-helikopteri on hyvin monipuolinen helikopteri ja sillä pystytään operoimaan kaikissa sää- ja valaistusolosuhteissa ja se kykenee suorittamaan useita eri tehtävätyyppejä. Tehtävätyyppi vaikuttaa aina lennoilla käytettäviin roolivarusteisiin ja NH90-helikopteri voidaan varustaa muun muassa ballistilla suojilla, lisäpolttoainesäiliöillä, rynnäkkölaskeutumisköysillä sekä sammutusvesisäiliöllä. Näiden varusteiden lisäksi NH90-helikopteri on varustettu pelastusvinssillä, lattiavinssillä sekä ulkoisella kuormakoukulla. NH90-helikopteri voidaan myös aseistaa omasuojaheitteillä sekä ovikonekiväärillä. Tavanomaisesti NH90-helikopteria käytetään joukkojen ja materiaalin kuljetustehtäviin, tiedustelu- ja valvontatehtäviin, etsintä- ja pelastustehtäviin maalla ja merellä sekä muiden viranomaisten tukemiseen (esimerkiksi palon- sammutustehtävät). (*Kuljetushelikopteri NH90 TTH*, 2023; Airbus, 2017)

Suomen Puolustusvoimien käytössä oleva TTH-versio on täysin komposiittirakenteinen helikopteri, jonka pituus on 19,6 metriä, korkeus 5,9 metriä ja pääroottorin halkaisija 16,3 metriä. NH90:n tyhjäpaino on noin 6 000 kg ja sen maksimi lentoonlähtöpaino on 11 000 kg. Se on varustettu kahdella RRTM (Rolls Royce Turbomeca) 322 suihkuturbiinimoottorilla, jotka tuottavat kumpikin 1 800 kW tehoa. Helikopterin pyrstö- sekä pääroottorit ovat nelilapaisia ja ovat myös täysin komposiittirakenteisia. (Airbus, 2017) NH90-helikopterin matkustamo on 4,8 metriä pitkä, 2 metriä leveä sekä 1,5 metriä korkea. Matkustamoon mahtuu istuinpaikoille yhteensä 16 matkustajaa tai eri määrä moottorikelkkoja, partiokumiveneitä tai maastoskoottereita. (*Kuljetushelikopteri NH90 TTH*, 2023; Airbus, 2017)

2.2. Käyttöhuoltotehtävät

Maavoimien ilmailussa kuormamestarit vastaavat myös usein helikopterikaluston käyttöhuollosta. Käyttöhuollolla tarkoitetaan huoltotehtäviä, jotka liittyvät välittömästi lentotoimintaan. Päivittäisessä toiminnassa tämä tarkoittaa tarkastuksia, nestetäyttöjä sekä pieniä vikakorjauksia. Tavallisesti kuormamestari suorittaa helikopterin aamutarkastuksen, helikopterin hinaamisen pihalle, lentojen väliset tarkastukset ja tankkaukset sekä lentopäivän jälkeiset toimenpiteet, joihin kuuluvat koneen siirtäminen takaisin sisälle sekä päivän viimeisen tarkastuksen. Tarkastusten tavoitteena on varmistaa, että helikopteri on lentokuntoinen läpi lentopäivän. (*Lentotekninen maapalveluohje*, 2020, kohta 3.1.8)

Päivittäisessä lentotoiminnassa kuormamestarit toimivat yleensä helikoptereiden vastaavina mekaanikkoina. Tämä tarkoittaa sitä, että kuormamestarit ovat vastuussa kaikista helikopterilla tapahtuvien toimenpiteiden ohjeiden mukaisesta suorittamisesta ja kirjaamisesta. Vastaavana mekaanikkona toimiminen tarkoittaa myös sitä, että kyseiseen tehtävään määrätty henkilö toimii esimiehenä muille helikopterilla työskenteleville henkilöille. (*Lentotekninen maapalveluohje*, 2020, kohta 2.2.4) Vastaavalla mekaanikolla on myös vastuu helikopterin luovuttamisesta lennolle. Luovuttaessaan helikopterin lennolle, kuormamestari vastaa siitä, että helikopteriyksilö täyttää sille asetetut tyyppi- ja tehtäväkohtaiset vaatimukset. (*Lentotekninen maapalveluohje*, 2020, kohta 3.9)

Käyttöhuoltotehtäviin kuuluvien tarkastusten suorittaminen vaatii kiipeämistä, ryömimistä, kurottautumista koneen tarkastusaukkoihin sekä useita eri työasentoja. Kuormamestari vastaa myös lentoa edeltävästä roolivarustelusta. Roolivarusteluun voi kuulua muun muassa helikopterin rampin irrotus, matkustamon penkkien irrottamista tai asentamista, matkustamon ensihoitovaruksen asentamista, ballististen suojalevyjen asentamista, ovikonekiväärin jalustan asentamista, matalapudotuskiskojen asentamista tai ripustimien tai lisäsäiliöiden asentamista. Roolivarustelun lisäksi lentotehtävään voi liittyä materiaalin kuljettamista, jolloin kuormamestari vastaa helikopterin kuormaamisesta. (*NH90 Valmisteluohje*, 2022)

2.3. Lentoa edeltävät ja lennon aikaiset tehtävät

Ennen lentoa, lennon aikana ja lennon jälkeen kuormamestari vastaa sisäpuolisen ja ulkopuolisen kuorman käsittelystä. Käsittelyllä tarkoitetaan kuorman lastaamista helikopteriin, kuorman turvallista kiinnittämistä helikopterin kuormatilaan ja sen purkamista ja poistamista kuormatilasta lennon aikana tai lennon jälkeen. (*Sotilasilmalukäsikirja*, 2018)

Kuormatilassa kuljetettavan materiaalin laatu ja määrä riippuvat aina lentotehtävästä. Esimerkiksi joukkojen kuljetustehtävällä kuljetettava ja käsivoimin helikopteriin kannettava materiaali voi vaihdella muutaman kilon painoisista repuista kokonaisuudessaan 400 kiloa painaviin kuluneuvoihin. Raskaimpien materiaalien käsittelyn apuna voidaan käyttää lattiavinssiä. Lattiavinssin käyttö kuitenkin vaatii yleensä, että käsiteltävässä materiaalissa on pyörät (esimerkiksi maastokootteri) ja siksi sen käyttöä ei voida aina hyödyntää. Lattiavinssiä ei myöskään käytetä tilanteissa, joissa helikopterin maassa viettämä aika halutaan minimoida. Tällöin kuorma voidaan ajaa moottoriavusteisesti sisään helikopterin perärampista tai tarvittaessa se voidaan vetää käsivoimin helikopterin kuormatilaan (esimerkiksi moottorikelkka). (*Helikopterilentomenetelmät*, 2023, LIITE 20; *NH90 Valmisteluohje*, 2022)

Edellä mainitut tehtävät voivat tapahtua siis ennen lentoa, lennon aikana tai lennon jälkeen. Lentoa edeltävästä ja siihen välittömästi liittyvästä aikaikkunasta puhutaan yleensä ”kävelynä” (walk). Käytännössä tämä on siis aika, jolloin lentotehtävälle lähdetään. Edellä mainittujen tehtävien lisäksi kävelyyn liittyy henkilökohtaisten lentovarusteiden pukeminen ja helikopterin käynnistämiseen liittyvät toimenpiteet katsotaan myös kuuluvan lentoon välittömästi liittyviin toimenpiteisiin tässä tutkimuksessa. Lentojen jälkeen kuormamestareiden tehtäviin kuuluu yleensä koneen tarkastus lennon jälkeen, polttoainetäydennyksen suorittaminen (tankkaus) ja mahdollisesti koneen hinaaminen sisälle.

Kuormamestareiden tehtävät lennoilla riippuvat siis hyvin paljon lentotehtävän sisällöstä. Kuormamestari on kaikilla eri lentotehtävillä vastuussa kuormatilassa matkustavien matkustajien turvallisuudesta. Maastolaskujen aikana kuormamestarilla on tärkeä tehtävä avustaa ohjajia tekemään laskeutuminen turvallisesti ilman, että helikopteri osuu esimerkiksi puihin. Pintapelastustehtävillä kuormamestarin vastuulla on puhua helikopterin sijaintia jatkuvasti ohjajalle, jotta pintapelastaja ja mahdollinen pelastettava eivät joudu vaaran helikopterin tahattomasta liikkeestä johtuen. (*Helikopterilentomenetelmät*, 2023, s. 102, 105 & 407–418)

Meripelastustehtävillä kuormamestari vastaa pelastusvinssin käytöstä. Käytännössä tämä tarkoittaa pintapelastajan laskemista veteen, pelastuslautalle tai aluksen kannelle pelastusvinssin avulla. Tällöin kuormamestari joutuu usein kurottelemaan helikopterin kuormatilan ovelta, jotta pystyy pitämään pelastusvinssiin kytketyn kuorman näkökentässään (Kuva 1). Tämän lisäksi näillä tehtävillä kuormamestari myös auttaa pintapelastajan ja mahdollisen pelastettavan helikopterin kuormatilan ovelta sisään helikopterin kuormatilaan. (*Helikopterilentomenetelmät*, 2023, s. 407–418)



Kuva 1. *Kuormamestari ja pintapelastaja pintapelastustehtävällä* (Kuva: Utin jääkärirykmentti)

Taulukossa 1 on esitelty kuormamestarin tehtäviä ennen lentoa, lennon aikana sekä lennon jälkeen ja arvioitu niiden aiheuttamaa kuormitusta kuormamestarille.

Taulukko 1

Kuormamestarin tehtäviä ja niiden kuormituksen arviointia

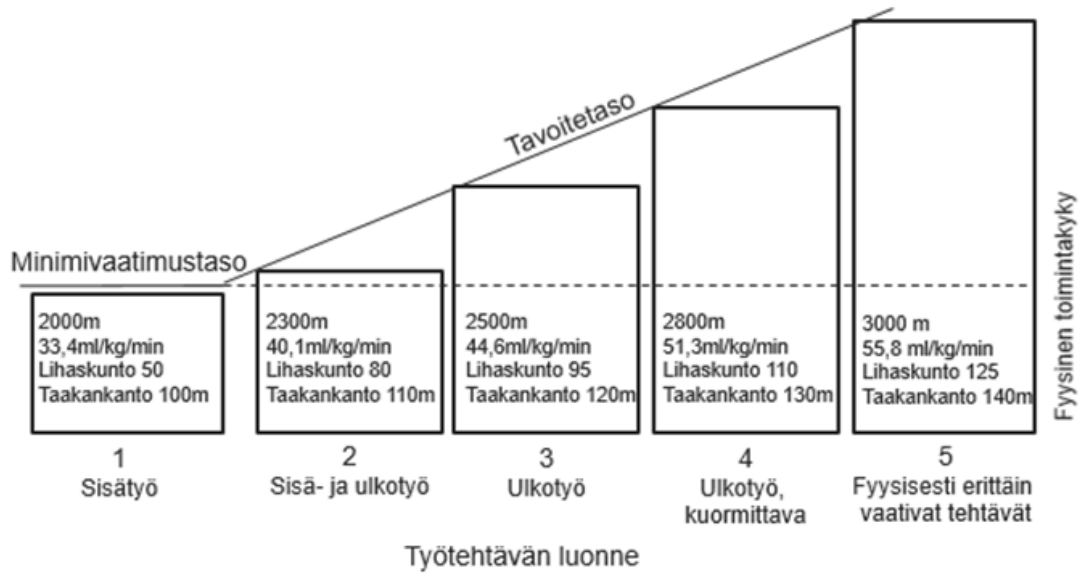
Lentotehtävä	Psyykkinen kuormitus	Fyysinen kuormitus	Kognitiivinen kuormitus
Yleiset tehtävät	Jaettu vastuu laskeutumisen turvallisuudesta maastolaskupaikalla	Hankalat työasennot Vaihtelevat lämpötilat Tärinä Melu	Paljon käsiteltävää tietoa lennon aikana
Ammunta helikopterista	Vastuu ampuma-aseen turvallisesta käytöstä Vastuu ampujan turvallisesta toiminnasta (TTV)	Talvella erittäin kylmät olosuhteet Melu Mahdollinen ase- ja patruunoiden kantamien	Ammunta sallittua vain tietyssä ajanjaksona
Rahdin kuljetus	Vastuu kuorman turvallisesta sidonnasta Vastuu vaarallisten aineiden kuljettamisesta	Rahdin käsittelystä johtuva kuormitus Hankalat työasennot	Raskaan materiaalin purkutilanteissa kuorman painon muutosten kertominen reaaliaikaisesti
Ulkopuolisen kuorman kuljetus	Vastuu ulkopuolisen kuorman käsittelystä	Ulkopuolisen kuorman käsittelystä johtuva kuormitus	Nousu- ja laskeutumistilanteissa toimintaympäristön jatkuva havainnointi ja ulkopuolisen kuorman käyttäytymisen havainnointi
Vinssaustehtävä	Vastuu pintapelastajan ja pelastettavan turvallisuudesta Turvallisuus esimerkiksi aluksen henkilöstön turvallisuudesta	Pintapelastajan avustaminen Hankalat työasennot Talvella erittäin kylmät olosuhteet	Jatkuva kommunikointi ohjaavan ohjaajan kanssa Koneen ja pintapelastajan sijainnin jatkuva havainnointi
Palonsammutustehtävä	Jaettu vastuu palonsammutustehtävän onnistumisesta Mahdollisuus ihmisten vaarantumiselle	Palonsammutussäiliön käsittely ennen lentoa	Palonsammutussäiliön tyhjentäminen oikea-aikaisesti
Rynnäkkököysilaskeutuminen	Jaettu vastuu turvallisuudesta toiminnasta	Köyden käsittely Talvella erittäin kylmät olosuhteet	Koneesta laskeutuvien sotilaiden määrän jatkuva ilmoittaminen
Ulkopuolisten henkilöiden kuljettaminen	Matkustamossa olevien henkilöiden turvallisuudesta vastaaminen	Matkustajien tavaroiden käsittely	

2.4. Kuormamestarin fyysisen toimintakyvyn vaatimukset

Kuormamestarin tehtävässä toimimiselle ei ole määritetty lentävän henkilöstön polkupyöräergometritestin kuntovaatimuksen (3,2 W_{max2}/kg) lisäksi muita erillisiä fyysisen toimintakyvyn vaatimuksia (*Sotilasilmalukäsikirja*, 2018). Kuormamestarit siis suorittavat samat fyysisen toimintakyvyn testit kuin muutkin ammattisotilaat (*Fyysinen toimintakyky*, 2021). Suurin osa kuormamestareista kuitenkin työskentelee tehtävissä, joissa fyysisen toimintakyvyn tasona on 5 ja näille tehtäville on määritetty Utin jääkärirykmentissä lentävälle henkilöstölle yksikkökohittaiset tavoitetasot (*Fyysisen toimintakyvyn tason 5 tavoitetasojen määrittäminen Utin jääkärirykmentissä*, 2020).

Yksiköstä riippuen kuormamestarin fyysisen toimintakyvyn testien tavoitteena on polkupyöräergometritestissä tuloksena joko 44,6 tai 51,3ml/kg/min (VO_{2max}, eli maksimaalinen hapenotto-kyky), 12 minuutin juokсутestissä tuloksena 2500 tai 2800 metriä ja lihaskuntotestissä tuloksena yhteensä 95 tai 110 pistettä. Taakankannossa vaatimus on kahden 20 kg kahvakuulan kuljettaminen yksiköstä riippumatta 100 metriä 90 sekunnin aikana. (*Fyysisen toimintakyvyn tason 5 tehtävien tavoitetasojen määrittäminen Utin jääkärirykmentissä*, 2020) Osa kuormamestareista kuitenkin työskentelee myös yksiköissä, joissa lentävälle henkilöstölle ei ole määritetty erillisiä fyysisen toimintakyvyn vaatimuksia. Näissä tapauksissa kuormamestarin fyysisen toimintakyvyn tavoitetaso on joko 1, 2, 3 tai 4, jonka lisäksi kuormamestarit joutuvat suorittamaan lentävän henkilöstön polkupyöräergometritestin hyväksytysti (tulos \geq 3,2 W_{max2}/kg).

Puolustusvoimien *Fyysinen toimintakyky* (2021) -määräyksen mukaisesti kuormamestarin työ vastaisi polkupyöräergometritestin, juokсутestin ja lihaskuntotestin tavoitetulosten perusteella fyysisen toimintakyvyn tasoa 3 tai 4. Taakankantotestin mukaan kuormamestarin työ taas vastaisi fyysisen toimintakyvyn tasoa 1. (Kuva 2)



Kuva 2. Ammattisotilaiden tehtäväkohtaiset fyysisen toimintakyvyn vaatimukset ja tavoitteet (Fyysinen toimintakyky, 2021)

3. IHMISEN KUORMITTUMINEN JA SEN VAIKUTUKSET IHMISEN FYSIOLOGISEEN TOIMINTAAN

3.1. Ihmisen kuormittuminen

Arkikielessä ihmisen kuormittumisesta käytetään yleensä termiä ”stressi” ja etenkin suomen kielessä stressi yhdistetään hyvin usein psyykkiseen kuormitukseen. Kuormittumisen, eli stressin, taustalla voi olla kuitenkin myös psyykkisten tekijöiden lisäksi fyysisiä ja sosiaalisia kuormitustekijöitä. (Hintsa ym., 2019) Hans Selyen (1907–1982) mukaan: ”Stressi on kehon määrittelemätön vastaus mihin tahansa vaatimukseen.” (Hintsa ym., 2019; Fink, 2016).

Psyykkisen kuormituksen tarkka määrittäminen ei ole helppoa, mutta olennaisena erona psyykkisen ja fyysisen kuormituksen välillä voidaan pitää sitä, että psyykinen kuormitus johtuu pääsääntöisesti ihmisen aivoissa tapahtuvista reaktioista ja niihin liittyy aina jokin negatiivinen tunnereaktio. (Hintsa ym., 2019) Nämä reaktiot voivat johtua esimerkiksi ihmisen tunnetiloista tai työtehtävän vaatimasta ajatustyöstä ja asioiden muistamisesta (kognitiivinen kuormitus). Eri tunnetiloja voivat olla esimerkiksi pelko, ahdistus tai masennus. Psyykkisellä kuormituksella, kuten fyysisellä kuormituksellakin, on siis useita eri syitä. (Fink, 2016; Haavisto & Oksama, 2007)

Kognitiivisella kuormituksella tarkoitetaan yleensä työtehtäviin välittömästi kuuluvaa tiedon käsittelyyn ja hallintaan liittyviä toimintoja. Näitä toimintoja voivat olla muun muassa päätöksenteko, muistaminen, suunnitteleminen, tarkkaavaisuuden ylläpito tai havaintojen tekemistä. Ihmisen kokemaan kognitiivisen kuormituksen tasoon vaikuttaa se, miten työtehtävissä käytetty tieto esitetään sekä mitä ominaisuuksia tehtävän suorittamiseen vaaditaan. Työtehtäviin saattaa kuitenkin kuulua myös sisäisiä ja rakenteellisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat niiden kognitiiviseen kuormittavuuteen. Näitä ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi aikataulupaineet tai useat päällekkäiset tehtävät. Työn sisältöön ja ominaisuuksiin liittyvien tehtävien lisäksi kuormitukseen vaikuttaa myös työn suorittajan henkilökohtaiset ominaisuudet, kuten esimerkiksi taitotaso. Tästä syystä sama työtehtävä saattaa aiheuttaa erilaisen kognitiivisen kuormituksen eri ihmisille. Yksilöiden ominaisuuksista johtuvien kognitiivisen kuormituksen erojen yksilöiden välillä on kuitenkin havaittu olevan pienempiä kuin välittömästi työtehtävien sisällöstä tai ominaisuuksista johtuvien erojen. (Haavisto & Oksama, 2007)

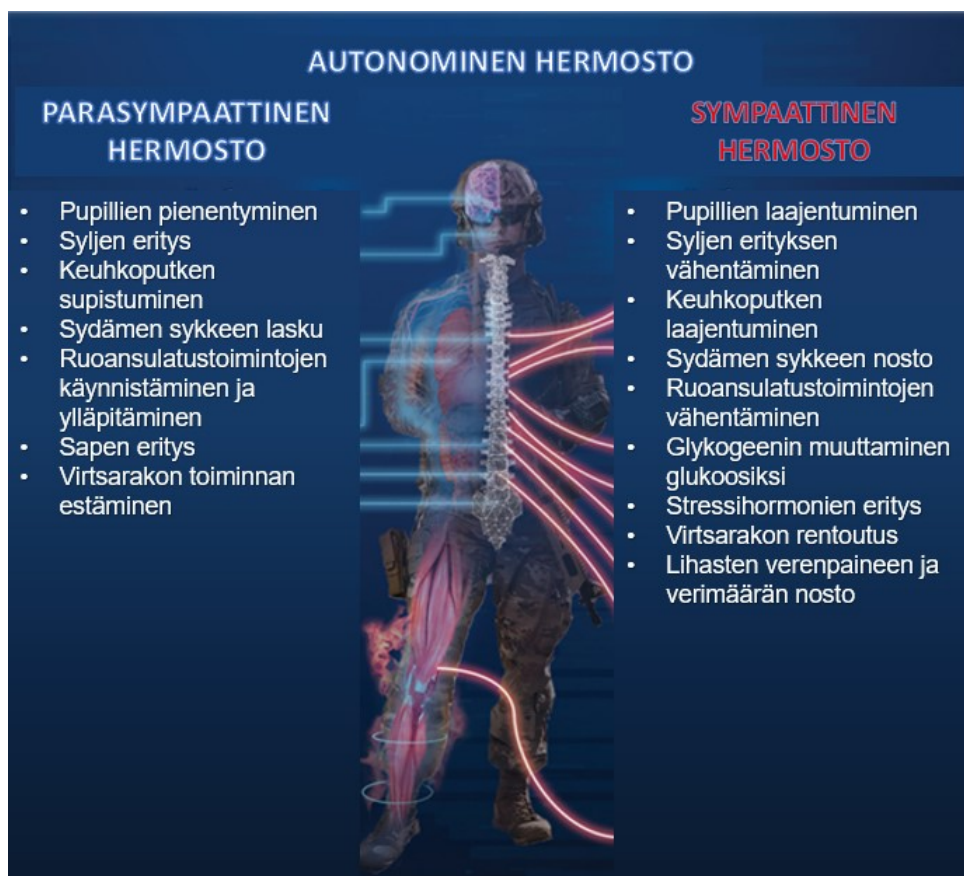
Fyysisellä kuormituksella tarkoitetaan ihmisen tahdonalaisesta lihastyöstä tai ympäristötekijöistä johtuvaa kuormitusta. Tahdonalaisesta lihastyöstä johtuvan kuormituksen aiheuttajana voi olla esimerkiksi kantaminen, nostaminen tai kiipeäminen. (Uusitalo-Koskinen, 2003, s. 609–617) Ympäristötekijöiden aiheuttaa kuormitus voi johtua esimerkiksi vaikeista työasenoista, äärimmäisistä lämpötiloista, lämpötilojen vaihtelusta, tärinästä tai melusta. (Van den Oord ym., 2014; Ducharme, 2006; Gaydos, 2013; Owen, 1995)

Kuormitustyypeihin jakamisen lisäksi stressiä voidaan tarkastella sen keston avulla. Tällöin puhutaan lyhytkestoisesta (akuutista) tai pitkittyneestä (kroonisesta) stressistä. Akuutilla stressillä voidaan tarkoittaa esimerkiksi ihmisen reagointia, kun hän kokee esimerkiksi henkensä uhatuksi, joutumalla onnettomuuteen tai kovasta fyysisestä ponnistelusta johtuvaa kuormitusta. Kroonisella stressillä tarkoitetaan yleensä ihmisen henkisestä tai fyysisestä sairastumisesta johtuvaa pitkäkestoista kuormitustilaa, jossa ihmisen autonomisen hermoston tasapaino on häiriintynyt. (Steckl & Ray, 2018) Stressillä on kuitenkin myös ihmisen elintoimintojen kannalta erittäin tärkeitä ominaisuuksia, sillä lyhytkestoisen stressi parantaa muun muassa ihmisen suorituskykyä sekä elintoimintoja (Hintsa ym., 2019; Lindholm & Gockel, 2000). Esimerkiksi sopivalla määrällä fyysistä kuormitusta voi olla taas ihmisen hermolihasjärjestelmän suorituskykyä sekä hapenottokykyä parantavia vaikutuksia (Uusitalo-Koskinen, 2003, s. 609–617).

3.2. Kuormituksen vaikutus autonomisen hermoston toimintaan

Kuormituksen aiheuttajasta riippumatta, psyykkisen, fyysisen ja sosiaalisen kuormituksen vaikutuksen säätelyyn ihmisellä on kaksi erillistä järjestelmää. Ensimmäinen järjestelmä on autonomisen hermoston sympaattisen haaran SAM-akseli (Sympaattisen hermoston ja lisämunuaisytimen välinen yhteys), jonka nopea synapsivälitteinen aktivoituminen auttaa ja mahdollistaa ihmistä arvioimaan tilanteen aiheuttaman uhkan lisäämällä ihmisen tarkkaavaisuutta. Nopeudesta johtuen SAM-akselin toiminta korostuu etenkin stressireaktioiden ensihetkien hallinnassa. (Hintsa ym., 2019) Fysiologisella tasolla tämä tarkoittaa sitä, että SAM-akselin aktivoituminen saa lisämunuaisytimen erittämään sileän lihaksiston sekä sydänlihaksiston aktivoivia hormoneja (adrenaliini ja noradrenaliini). Tämän reaktion tavoitteena on, että ihminen pystyy vastaamaan ja varautumaan mahdolliseen uhkaan. Käytännössä SAM-akselin aktivoituminen tarkoittaa sitä, että adrenaliini ja noradrenaliini nostavat ja tehostavat esimerkiksi ihmisen verenpainetta, sydämen iskutilavuutta, verenkiertoa luurankolihasiin ja hengityselimistöön sekä muiden tarkkaavaisuuteen vaikuttavien elintoimintojen suorituskykyä. (Chu ym., 2022).

Autonominen hermosto koostuu sympaattisen osan lisäksi parasympaattisesta osasta ja useat ihmisen elimet ovat yhteydessä kumpaankin näistä osista (Laitinen & Hartikainen, 2003, s. 88). Käytännössä autonominen hermosto ohjaa ihmisen sileälihassoluja, sydänlihassoluja sekä rauhasoluja (Bjälle, 2007, s. 84). Autonominen hermoston sympaattinen osa mahdollistaa ihmistä mukautumaan eri tilanteisiin. Esimerkiksi, kun ihminen juoksee, sympaattinen hermosto vastaa sydämen sykkeen noususta, jotta lihakset saavat riittävästi happea. Parasympaattinen osa taas vastaa ihmisen palautumiseen liittyvien toimintojen säätelystä, kuten esimerkiksi ruoansulatus- toimintojen säätelystä. (Gibbins, 2013; McCorry, 2007) Vaikka sympaattisen ja parasympaattisen hermoston aktiivisuuden vaikutukset ovat periaatteeltaan päinvastaiset, tästä huolimatta nämä hermostot toimivat eri tilanteissa, eivätkä kilpaile toistensa kanssa (Laitinen & Hartikainen, 2003, s. 88). Kuvassa 3 on kuvattu autonominen hermoston eri vaikutuksia eri elintoiminnoille.



Kuva 3. *Autonomisen hermoston vaikutus eri elintoiminnoille* (mukailtu: Stephenson ym., 2021)

Autonomisen hermoston tärkein säätelykeskus on hypotalamus, joka saa tietoa ihmisen tilasta pikkuaivoista, limbisestä järjestelmästä, aivoverkostolta sekä aivokuorelta. Näiden tietojen perusteella hypotalamus ohjaa autonomisen hermoston toimintaa aina mahdollisimman tilanteenmukaisesti. Esimerkiksi pelkoon, vihaan tai mielihyvään liittyvien autonomisten reaktioiden vaikutus välittyy joko selkäytimessä ja aivorungossa sijaitsevien preanglionaaristen hermosyiden avulla tai umpieritysjärjestelmän erittämien hormonien välityksellä, johon hypotalamus kuuluu. Autonominen hermosto ei ole kuitenkaan täysin riippuvainen hypotalamuksen toiminnasta. Esimerkki autonomisen hermoston toiminnasta, joka ei ole riippuvainen hypotalamuksen toiminnasta, on hengityksen ja verenkierron säätely. (Laitinen & Hartikainen, 2003, s. 91–92)

Autonomisen hermoston tasapainon mittaaminen sykevälivaihtelun avulla perustuu autonomisen hermoston vaikutuksesta sydämen sykkeeseen. Sydän pystyy toimimaan ilman ulkopuolelta tulevia ärsykeitä, mutta autonominen hermosto säätelee sydämen sykkeen nopeutta laskien sitä tai nostaa sitä suhteessa sydämen ominaiseen sykkeeseen. Sydämen ominainen syke vaihtelee ihmisen eliniästä riippuen 107 iskusta minuutissa (20 vuoden iässä) 90 iskusta minuuttiin (50 vuoden iässä) (Ophof, 2000). Tämä sydämen ominainen syke johtuu sydämen oikean eteisen takaseinässä sijaitsevan sinussolmukkeen ominaisesta rytmistä. Sinussolmukkeen sisäinen syke ei kuitenkaan ole sama asia kuin leposyke, joka on huomattavasti matalampi (60–80 iskua minuutissa) kuin sinussolmukkeen ominainen rytmi. (Vierimaa & Laurila, 2016, s. 100–112)

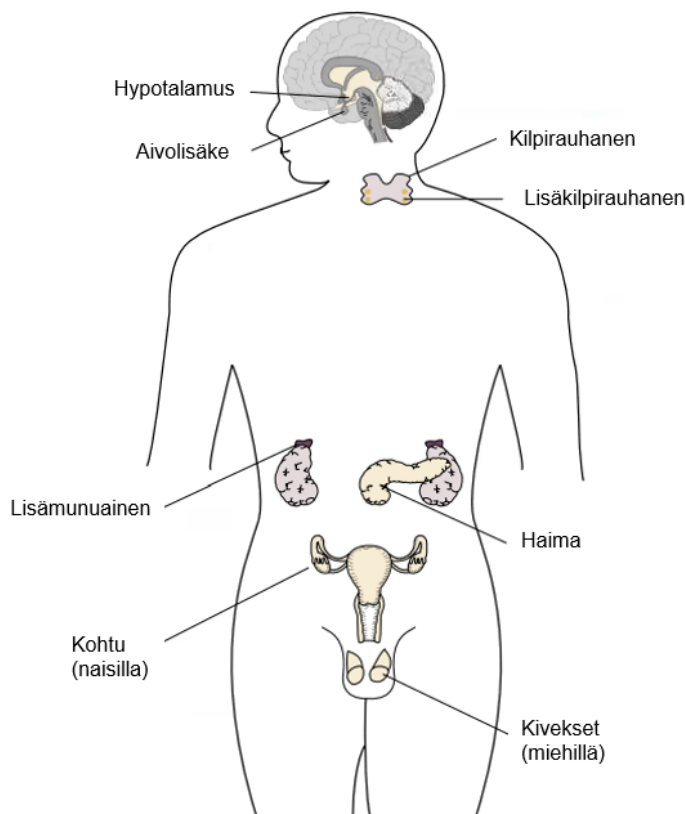
Parasympaattinen hermosto vastaa yleensä sykkeen laskemisesta ja se tapahtuu nopeammin (< 1 sekunti) kuin sympaattisen hermoston aiheuttama sykkeen nostaminen (>5 sekuntia) (Shaffer, 2014). Parasympaattinen hermosto hidastaa sykettä käytännössä niin, että se hidastaa sydänlihassolujen kalvojännitteen depolaroitumista, mikä edelleen hidastaa aktiopotentialin laukeamiskynnyksen saavuttamista sydänlihassoluissa. (Bjälje, 2007, s. 227)

Sympaattisen hermoston vaikutus sydämen sykkeeseen on olennainen osa ihmisen taistele tai pakene -reaktiota. Tällöin sympaattisen hermoston aktiivisuus ja lisämunuaisytimestä vapautuneet adrenaliini ja noradrenaliini nopeuttavat sydänlihassolujen aktiopotentialin alkamista. Tämä reaktio johtaa sydämen sykkeen nousuun. (Bjälje, 2007, s. 233–234) Tämän reaktion tarkoituksena on valmistaa ihminen mukautumaan tulevaan tilanteeseen mahdollistamalla lihaksille riittävä määrä happea ja ravintoaineita vaarallisen tilanteen aikana. (Chu ym., 2022)

3.3. Kuormituksen vaikutus umpieritysjärjestelmän toimintaan

Ihmisen hormonitoimintaa ohjaa umpieritysjärjestelmä, joka koostuu useista eri umpirauhasista (Kuva 4). Umpirauhasten tehtävänä on erittää kemiallisia välittäjäaineita, eli hormoneita. Näiden välittäjäaineiden avulla elimistö pystyy välittämään tietoa aivoilta verenkierron avulla eri elimiin, jotka liittyvät yleensä ihmisen aineenvaihdunnan, kasvun, kehittymisen ja lisääntymisen säätelyyn. Hormoneilla on myös tärkeä tehtävä ihmisen stressireaktioiden hallinnassa. (Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998)

Umpirauhasten toimintaa säätelee keskushermosto hypotalamuksen ja aivolisäkkeen erittämien hormonien avulla. Nämä hormonit vaikuttavat muun muassa kilpirauhasen, lisämunuaisten ja sukupuolirauhasten toimintaan, jotka edelleen säätelevät kehon eri toimintoja hormonien välityksellä. Yleisesti voidaan todeta, että kilpirauhasen erittämät hormonit vaikuttavat aineenvaihduntaan, kasvuun ja kehittymiseen. Lisämunuaisten erittämät hormonit taas vaikuttavat stressireaktioiden hallintaan ja sukupuolirauhasten erittämät hormonit vaikuttavat kasvuun ja lisääntymiseen. (Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998)



Kuva 4. Umpieritysjärjestelmän osia (mukailtu: Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998)

Väliaivojen pohjaosassa sijaitseva hypotalamus säätelee hyvin monia kehon perustoimintoja kuten syömistä, juomista, käyttäytymistä, verenpainetta ja tunteita. Näiden toimintojen säätelyyn hypotalamus käyttää useita eri hormoneja. Hypotalamuksen erittämät hormonit muodostuvat itseasiassa solujen neuroneissa, koska hypotalamus on osa keskushermostoa. Samasta syystä hypotalamuksen erittämiin hormoneihin vaikuttaa myös muilta neuroneilta saatu tieto. Hypotalamus saa siis käskyjä sekä aivoilta sekä hermostolta ja on tärkeä osa hermoston ja umpieritysjärjestelmien yhteen toimivuuden kannalta. (Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998)

Hypotalamuksen alapuolella sijaitseva aivolisäke on noin marmorikuulan kokoinen ja koostuu kahdesta lohkoista: etu- ja takalohkosta. Takalohko ei tuota ollenkaan hormoneja vaan säilöo hypotalamuksen erittämää oksitosiinia sekä vasopresiiniä. Etulohko tuottaa useita muiden umpirauhasten toimintaan vaikuttavia hormoneja. Näistä hormoneista kortikotropiini (ACTH) vaikuttaa lisämunuaisen toimintaan (Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998).

Lisämunuaiset ovat munuaisten yläpuolella olevat umpirauhaset, jotka koostuvat kahdesta eri osasta. Nämä osat ovat lisämunuaisen kuorikerros sekä lisämunaisydin. Lisämunuaisen kuorikerros tuottaa useita eri hormoneja ja näistä merkittävin on glukokortikoideihin kuuluva kortisoli, joka on yleisesti tunnettu stressihormonina (Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998; Chojnowska ym., 2021; Weber ym., 2021). Lisämunaisytimen erittämistä hormoneista tärkeimpiä stressireaktion kannalta ovat adrenaliini ja noradrenaliini (Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998).

Edellä mainituista umpirauhasista koostuva hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaisakseli (HPA-akseli) on erittäin tärkeä stressireaktioiden säätelyyn liittyvä järjestelmä, jonka tehtävänä on säädellä kaikkia kehon fysiologisia reaktioita kuormitukseen umpieritysjärjestelmän avulla. HPA-akselin aktiivisuus on tärkeässä roolissa etenkin pitkän aikavälin stressireaktion hallinnassa. (Hintsu ym., 2019) HPA-akselin toiminta stressireaktioiden hallinnassa perustuu siis umpieritysjärjestelmän toimintaan siinä missä SAM-akselin aktivoituminen riippuu sympaattisen hermoston toiminnasta. Fysiologisella tasolla tämä tapahtuu siten, että ihmisen HPA-akseli saa lisämunuaisen erittämään adrenaliinin ja noradrenaliinin lisäksi muun muassa kortisolia, alfa-amylaasia, dehydroepiandrosteronia ja dehydroepiandrosteronisulfaattia. (Hintsu ym., 2019; Fink, 2016; Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998; Dutheil ym., 2020; Giacomello ym., 2021; Noushad ym., 2021)

Kortisolin tarkoituksena on valmistella ihmistä taistele tai pakene -tilanteisiin (Noushad ym., 2021). Kortisoli vaikuttaa siihen, miten ihminen reagoi adrenaliiniin tai noradrenaliiniin ja tämän lisäksi sillä on useita aineenvaihduntaan vaikuttavia ominaisuuksia. Sen vaikutuksesta joutuessa ihminen saa stressihormoneista lisäenergiaa stressaavista tilanteista selviytymiseen. (Chojnowska ym., 2021). Luonnollisesti kortisolin erityis on korkeimmillaan yöllä ja tästä syystä sen määrä verenkierrossa on korkeimmillaan aamulla ihmisen herättyä (Chojnowska ym., 2021; Weber ym., 2021). Aamulla mitattu korkea kortisoli voi olla kuitenkin myös merkki kroonisesta stressistä tai edellisen päivän kuormituksesta (Weber ym., 2021). Iltapäivällä kortisolin määrä on enää 10 % heräämisen jälkeisestä määrästä (Chojnowska ym., 2021). Akuutin stressin vaikutuksesta kortisolin määrä veressä on korkeimmillaan yleensä 20–40 minuuttia stressiä aiheuttaneen kuormituksen jälkeen (Chojnowska ym., 2021; Weber ym., 2021; Honceriu ym., 2021; Noushad ym., 2021). Kortisolin katsotaan kuvaavan paremmin HPA-akselin aktivoitumista ja tästä syystä sitä pidetään yleisesti kroonisen stressin biomarkkerina (Soo-Quee Koh & Choon-Huat Koh, 2007), mutta etenkin akuutilla fyysisellä kuormituksella on kuitenkin vaikutusta kortisolin tuotantoon (Bermejo ym., 2021; Häkkinen & Pakarinen, 1993; Labsy ym., 2012).

Alfa-amylaasi on ihmisen syljessä esiintyvä ruoansulatukseen ja suun terveyteen vaikuttava entsyymi (Chojnowska ym., 2021; Honceriu ym., 2021; Vineetha ym. 2014). Luonnollisesti alfa-amylaasin erityis on matalimmillaan aamulla ja korkeimmillaan iltapäivällä (Chojnowska ym., 2021). Sen on kuitenkin todettu nousevan äkillisesti etenkin akuutin kuormituksen seurauksena ja tästä syystä alfa-amylaasi on erittäin tärkeä syljestä saatava akuutin kuormituksen biomarkkeri (Chojnowska ym., 2021). Vaikka alfa-amylaasin erityis tapahtuu osana umpieritysjärjestelmän toimintaa, niin sen erityis riippuu kuitenkin enemmän sympaattisen hermoston aktivoitumisesta (Weber ym., 2021; Chojnowska ym., 2021).

Dehydroepiandrosteroni (DHEA) ja dehydroepiandrosteroni (DHEA-S) ovat lisämunuaisen kuorikerroksen tuottamia kasvuhormoneja, joilla on kyky vaikuttaa ihmisen immuunijärjestelmään (Noushad ym., 2021; Dutheil ym., 2020). Stressireaktiossa DHEA:lla ja DHEA-S:lla on suojaava ja korjaava vaikutus muita stressihormoneja vastaan (Dutheil ym., 2020; Noushad ym., 2021). Dutheilin ym. (2020) mukaan lisämunuaisen kuorikerroksen tuottaman DHEA:n ja DHEA-S:n erityis on korkeimmillaan stressiä aiheuttavan tapahtuman lopussa, jonka jälkeen se laskee nopeasti (noin tunnissa) normaalille tasolle.

3.4. Fyysisen kuormituksen erityispiirteitä

Fyysinen kuormitus vaikuttaa ihmisen eri fysiologisiin toimintoihin kuten luustolihasen suorituskyvyn heikkenemiseen, hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan, hermostollisen toiminnan heikkenemiseen ja umpieritysjärjestelmän toimintaan. (Bjålie, 2007, s. 197–198, 318–320, 233–235; Alba-Jiménez, ym., 2022; Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998)

Fyysisellä rasituksella on merkittävä vaikutus elimistön hiilidioksidintuotantoon ja hapenkulutukseen. Hengityselimistön toiminnan kiihtyminen johtuu ainakin hermostoon liittyvistä tekijöistä. Aivokuoressa samat luustolihasiin yhteydessä olevat motoneuronit aktivoivat myös hengityskeskusta. Tätä samaa keskusta aktivoi myös eri lihasten ja jänteiden aistisolut, jotka aktivoituvat fyysisen suorituksen aikana. Hengityselimistön rasittuminen johtuu myös aikaisemmin kuvatun maitohapon kertymisestä ja keuhkotuuletuksen lisääntymisestä, jotka saattavat johtaa keuhkojen hiilidioksidin osapaineen laskuun. Tämä osapaine vaikuttaa suoraan hengitystiheyteen, eli sen lasku vähentää hengitystiheyttä ja -syvyyttä, mikä johtaa hapenpuutteen lihaksissa. (Bjålie, 2007, s. 318–320) Verenkiertoelimistöön fyysinen kuormitus vaikuttaa yleensä siten, että se kiihdyttää sydämen sykettä, jotta lihakset saisivat riittävästi happea ja ravintoaineita. Sykkeen nousun lisäksi fyysinen rasitus vaikuttaa sydämen minuuttitilavuuteen, joka kasvaa huomattavasti rasituksen aikana. (Bjålie, 2007, s. 233–235)

Sydämen sykkeen muutos on tärkeä fyysinen kehon reagoititapa erilaisiin fysiologisiin tilanteisiin. Muutokset sydämen sykkeessä voivat johtua esimerkiksi fyysisestä aktiivisuudesta, stressistä, tunteista tai sairaudesta. (Hautala ym., 2003; Wascher, 2021; Jouven ym., 2005) Fyysisen aktiivisuuden aikana sydämen syke nousee, jotta lihakset saisivat verenkiertojärjestelmän kautta niiden tarvitsemaa happea ja ravintoaineita. Käytännössä sydämen sykkeen nouseminen tarkoittaa sitä, että sydän pumppaa enemmän verta minuutissa verenkiertoelimistöön kuin matalammalla sykkeellä. Fyysisen aktiivisuuden aiheuttama sykkeen nousu riippuu kuitenkin aina fyysisen aktiivisuuden (esimerkiksi urheilu) kestosta ja intensiteetistä. Fyysisen aktiivisuuden korkea intensiteetti aiheuttaa suuremman sykkeen nousun kuin matalan intensiteetin aktiivisuus. Pitkäkestoisen, mutta matalan intensiteetin, harjoituksen on taas havaittu nostavan sydämen sykettä tasaisesti. (Hautala ym., 2003) Nuorella terveellä ihmisellä syke voi nousta yli 200 iskuun minuutissa (Bjålie, 2007, s. 234).

Hermostollisen toiminnan heikentyminen fyysisen kuormituksen seurauksena voi johtua niin sanotusta sentraalisesta tai perifeerisesta väsymyksestä. Sentraalinen väsymys johtuu nimensä mukaisesti keskushermoston tasolla tapahtuvan käskytyksen heikkenemisestä. Perifeerisellä väsymyksellä taas tarkoitetaan tilaa, jossa väsyminen näkyy lihaksessa, koska käskytyks keskushermostosta lihakseen on heikentynyt. (Alba-Jiménez, ym., 2022)

Fyysisellä harjoittelulla ja akuutilla fyysisellä kuormituksella tiedetään olevan suora vaikutus tiettyjen hormonien vasteisiin. Akuutti fyysinen kuormitus vaikuttaa muun muassa kasvuhormonin, kortisolin, testosteronin ja alfa-amylaasin konsentraatioihin veressä. (Uusitalo-Koskinen, 2003, s. 616; Li & Gleeson, 2004; de Oliveira ym., 2010) Osa akuutin fyysisen kuormituksen aiheuttamasta hormonien kasvaneesta konsentraatioista verenkierrossa johtuu kuitenkin fyysisen kuormituksen aiheuttamasta veritilavuuden pienentymisestä (Uusitalo-Koskinen, 2003, s. 616).

Raskaalla fyysisellä kuormituksella on vaikutusta myös luustolihasen suorituskyvyn heikkenemiseen. Tämä suorituskyvyn heikkeneminen voi johtua lihasen energia-aineenvaihdunnan heikkenemisestä tai psykologisista tekijöistä. Lihasen energia-aineenvaihdunnassa tapahtuva heikkeneminen voi johtua anaerobisessa (hapettomassa) suorituksessa lihakseen kertyvästä maitohaposta tai pitkäkestoisessa suorituksessa kalsiumin vähentyneestä vapautumisesta lihas-solun sarkoplasmakalvostosta. Psykologisista tekijöistä johtuva väsyminen korostuu etenkin pitkäkestoisessa fyysisessä kuormituksessa, koska on todettu, että ihminen ei siedä pitkäkestoisen rasituksen aiheuttamaa tunnetta pitkään. (Bjälle, 2007, s. 197–198)

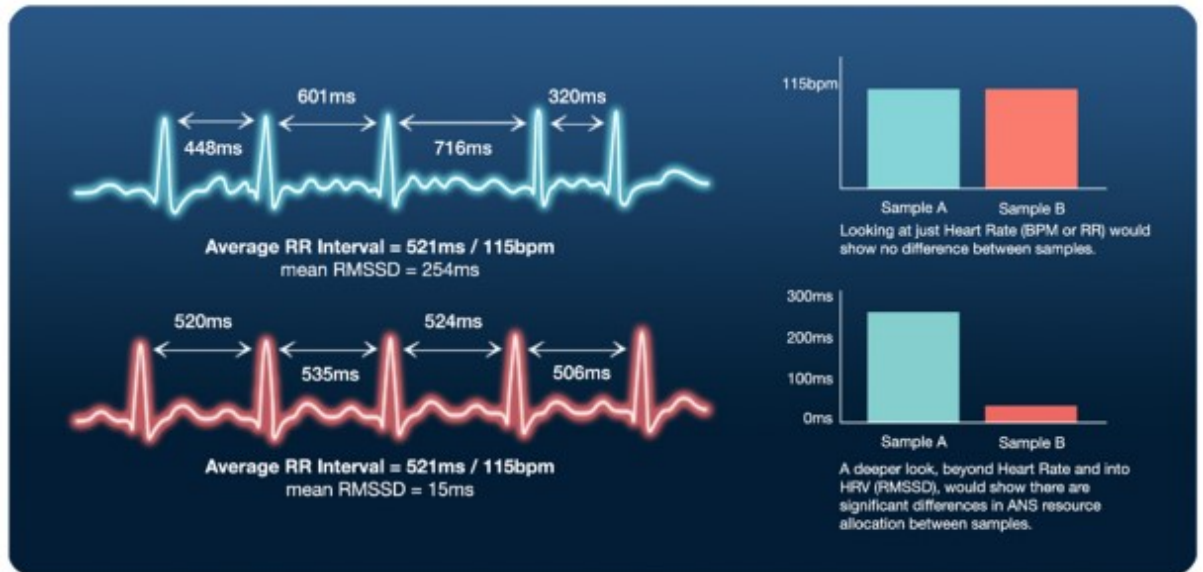
4. KUORMITTUMISEN MITTAAMINEN

Kuormittumisen mittaamiseen on käytettävissä useita eri menetelmiä. Nämä menetelmät voidaan jakaa niiden tyyppin mukaan objektiivisiin tai subjektiivisiin. Objektiivisilla mittaustelmillä tarkoitetaan mittausta, jossa koehenkilöstä kerätään tietoa hänestä riippumattomin menetelmin. Subjektiivisilla menetelmillä tarkoitetaan mittauksia, joissa koehenkilö arvioi esimerkiksi omaa kuormitustaan. Käytännössä objektiivisiä mittaustapoja ovat esimerkiksi erilaiset näytteet (veri, virtsa, sylki tai syke) tai fyysisen suorituskyvyn mittaukset ja subjektiivisiä mittauksia ovat esimerkiksi erilaiset kyselyt. (Cleary, 1997)

Mittausten toteuttamisessa on otettava kuitenkin huomioon se, että mittaustulos ei välttämättä aina kerro kuormituksen syytä. Tämä voi johtua useasta eri syystä. Esimerkiksi pelkän veren testosteronin konsentraation avulla voidaan määrittää, että onko mitattu konsentraatio enemmän kuin yleiset viitearvot tai vertaamalla sitä saman koehenkilön aikaisempiin näytteisiin, jolloin voidaan havainnoida sen pitoisuuden laskua tai nousua. Tämä ei kuitenkaan vieläkään kerro, että onko esimerkiksi testosteronin konsentraatio vähentynyt akuutin voimakkaan fyysisen kuormituksen takia vai pitkäkestoisen matalaintensiivisen kuormituksen takia. Sama pätee myös sykevälivaihtelumittauksiin, koska sykevälivaihtelusta saadun tiedon avulla voidaan kuvata sympaattisen hermoston aktiivisuutta, mutta ei kuitenkaan määrittää aktiivisuuden tai ei-aktiivisuuden syytä.

4.1. Autonomisen hermoston tasapaino ja sykevälivaihtelu

Usein luullaan, että sydän lyö tasaisesti, mutta tavallisen sykemittarin ilmoittama lukema kertoo todellisuudessa vain yhden minuutin aikana tapahtuvien sydämen lyöntien määrän (Shaffer ym., 2014). Tuon minuutin aikana yksittäisten vierekkäisten lyöntien välinen aika kuitenkin vaihtelee ja tätä ilmiötä kutsutaan sykevälivaihteluksi tai -variaatioksi (Task Force, 1996). Kuten seuraavasta kuvasta ilmenee, vaikka kahdessa eri tapauksessa sydämen syke on sama (115 iskua minuutissa), näytteen aikana sydämen lyöntien välinen aika eroaa näytteiden välillä (Kuva 5).



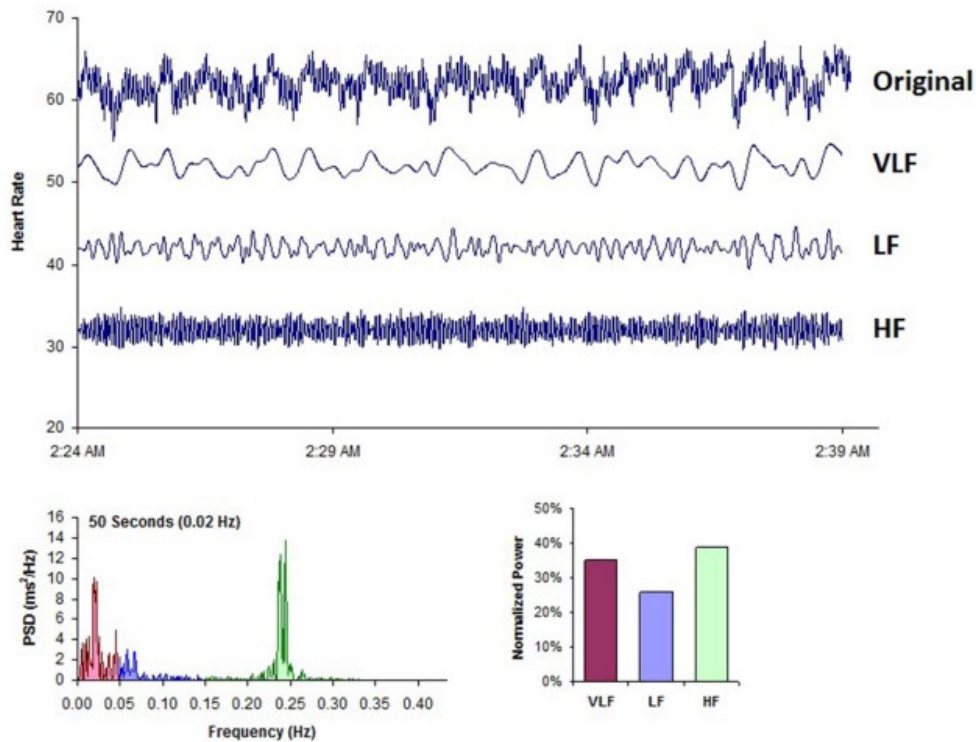
Kuva 5. Kahden eri näytteen tarkempi analyysi osoittaa eron (ylhällä $RMSSD = 254$ millisekuntia (ms) ja alhaalla $RMSSD = 15$ ms) sykevälivaihtelussa (Stephenson ym., 2021)

Ihmisen sykevälivaihtelu muuttuu päivän aikana merkittävästi. Siihen vaikuttaa muun muassa ihmisen oma aktiivisuus, ihmisen kokema stressi ja palautuminen. Korkea sykevälivaihtelu kuvaa parasympaattisen hermoston aktiivisuutta ja matala sykevälivaihtelu sympaattisen hermoston aktiivisuutta. (Stephenson ym., 2021) Etenkin korkean leposykevälivaihtelun on havaittu myös vaikuttavan kognitiiviseen suoriutumiskykyyn positiivisesti (Shaffer & Ginsberg, 2017). Yleisesti ottaen korkea sykevälivaihtelu tarkoittaa tervettä sydäntä ja matalan sykevälivaihtelun on todettu pitkällä aikavälillä ennustavan kuolemaan johtavia sairauksia (Shaffer ym., 2014).

Sykevälivaihtelun mittaamisella on useita lääketieteellisiä sekä kaupallisia sovellutuksia. Sykevälivaihtelun mittaamisen avulla on voitu ennustaa kuolemaan johtavien sairauksien esiintymistä (Shaffer ym., 2014), sen avulla urheilija voi seurata omaa palautumistaan (Firstbeat, 2104) tai sen avulla voidaan arvioida sotilaan taisteluvälmittua ja toimintakykyä (Fogt ym., 2009; Stephenson ym., 2021). Sykevälin vaihtelua mittaamalla voidaan tutkia muun muassa autonomisen hermoston stressitasapainoa ja elimistön kuormitus- ja palautumistasoja (Firstbeat Technologies 2014) sekä kognitiivisen kuormituksen määrää (Haavisto & Oksama, 2007).

Sydämen rytmin tarkemman tutkimisen mahdollisti jo vuonna 1895 saavutettu teknologia mitata ihmisestä EKG-käyrää (elektrokardiogrammi eli sydänsähkökäyrä), mutta todellinen läpimurto tehtiin vasta 1960- ja 1970-luvuilla tietokoneiden mahdollistaessa signaalien prosessoinnin (Shaffer ym., 2014). Signaalien prosessoinnin avulla sykevälivaihtelua kuvataan usein taajuus- ja aikakenttäanalyysien avulla (Baevsky ym., 2017; Ernst, 2017; Shaffer ym., 2014).

Taajuuskenttäanalyysissä mitattu signaali (EKG-käyrä) jaetaan neljään eri taajuusalueeseen, jotka ovat ultra matala taajuusalue (Ultra-Low-Frequency, ULF) $< 0,003$ Hz, erittäin matala taajuusalue (Very-Low-Frequency, VLF) $0,003-0,04$ Hz, matala taajuusalue (Low-Frequency, LF) $0,04-0,15$ Hz sekä korkea taajuusalue (High-Frequency, HF) $> 0,15$ Hz. Kuvassa 6 on esimerkki näytteen jakamisesta kolmeen eri taajuusalueeseen. Tämän jälkeen näiden jokaisen taajuusalueen teho mitataan ja se ilmaistaan joko taajuusalueen absoluuttisena tehona tai suhteessa matalan ja korkean taajuusalueen yhteenlaskettuun tehoon. (Task Force, 1996; Shaffer & Ginsberg, 2017) Näistä taajuusaleista jokaisella taajuusalueella on löydetty olevan yhteys johonkin ihmisen elintoimintoon, autonomisen hermoston tasapainoon tai muuhun ihmisen terveyteen vaikuttavaan tekijään (Shaffer & Ginsberg, 2017).



Kuva 6. Ylhäällä: Esimerkki mitatun näytteen jakamisesta kolmeen taajuusalueeseen. Alhaalla: Tehospektri (vasemmalla) sekä jokaisen taajuusalueen teho prosentteina (oikealla) (Shaffer ym., 2014)

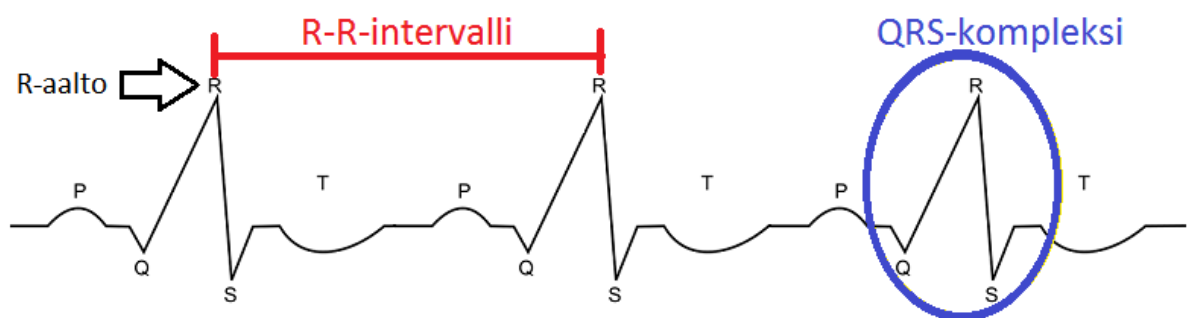
Matalan taajuusalueen tehoon on todettu vaikuttavan sympaattisen hermoston aktiivisuuden, parasympaattisen hermoston aktiivisuuden sekä verenpaineen säätelyjärjestelmän (Stephenson ym., 2021; Shaffer ym., 2014; Shaffer & Ginsberg, 2017; Goldstein ym., 2012). Rauhallisella hengityksellä on todettu olevan myös vaikutusta tämän taajuusalueen tehoon (Shaffer ym., 2014; Shaffer & Ginsberg, 2017). Korkeaan taajuusalueeseen on taas huomattu vaikuttavan etenkin parasympaattisen hermoston aktiivisuus ja kognitiivista kuormitusta aiheuttavat työtehtävät (Stephenson ym., 2021). Tämän lisäksi korkeaan taajuusalueeseen vaikuttaa hengityksen aiheuttamat muutoksen sydämen sykkeessä (Shaffer ym., 2014; Shaffer & Ginsberg, 2017; Stephenson ym., 2021).

Eri taajuusalueiden tehon huomioon ottava analyysimenetelmä on kokonaisteho (Total Power, TP). Tämä menetelmä perustuu ultra matalan, erittäin matalan, matalan ja korkean taajuusalueen yhteenlaskettuun tehoon. Tämä menetelmä on käyttökelpoinen, koska se ottaa huomioon koko autonomisen hermoston aktiivisuuden ja näin ollen siihen vaikuttaa sykevälivaihtelun muutokset koko mittausjakson aikana. Tästä syystä kokonaistehon ja korkean taajuusalueen tehon kasvun voidaan todeta kuvaavan esimerkiksi hyvää palautumista, kun taas kokonaistehon ja korkean taajuusalueen tehon lasku johtuu heikosta palautumisesta. (Stephenson ym., 2021)

Aikakenttäanalyysillä tarkoitetaan sydämen lyönneistä mitattujen arvojen, kuten NN-intervallien (Normal-to-Normal, NN) analysoimista matemaattisin ja tilastollisin menetelmin (Shaffer ym., 2014). Tässä tapauksessa normaalilla intervallilla tarkoitetaan peräkkäisiä sydämen lyönnejä, joista esimerkiksi sydämen lisälyönnit on poistettu näytteestä (Shaffer & Ginsberg, 2017). Aikakenttäanalyysiin perustuvia mittareita on useita, mutta niistä yleisimmin käytettyjä lyhyillä mittausjaksoilla (~5 min) ovat SDNN (Standard Deviation of the NN intervals), RMSSD (the Root Mean Square of Successive Differences between normal heart beats), pNN50, HR (Heart Rate) max ja HR min. Pitkän aikavälin mittauksissa (≥ 24 h) yleisimmin käytetyt mittarit ovat SDNN, SDNN-indeksi sekä RMSSD. (Shaffer ym., 2014; Shaffer & Ginsberg, 2017)

SDNN-arvolla tarkoitetaan mittausta, jossa määritetään kokonaissykevälivaihtelu ilmoittamalla normaalien sydämen lyöntien välinen keskihajonta millisekunteina (Shaffer ym., 2014). SDNN arvoon vaikuttavat sympaattisen ja parasympaattisen hermoston aktiivisuus ja se korreloi voimakkaasti ultra matalan, erittäin matalan sekä matalan taajuusalueen tehon kanssa (Shaffer & Ginsberg, 2017; Stephenson ym., 2021). Lyhyillä mittausjaksoilla SDNN-arvoon vaikuttaa voimakkaasti etenkin hidas ja jaksotettu hengitys, kun taas pitkillä mittausjaksoilla SDNN korreloi voimakkaasti matalan taajuusalueen tehon kanssa (Shaffer & Ginsberg, 2017; Shaffer ym., 2014).

RMSSD-arvolla tarkoitetaan RR-intervalleista (Kuva 7) laskettua matemaattista arvoa, jossa jokaisen RR-intervallin välinen aika lasketaan millisekunteina. Tämän jälkeen jokainen saatu arvo neliöidään ja näistä tuloksista lasketaan keskiarvo. Lopulta tästä keskiarvosta otetaan neliöjuuri ja tällä arvolla voidaan kuvata sykevälivaihtelua (Kuva 5). RMSSD-arvoon vaikuttaa etenkin vagus-hermon (parasympaattinen hermosy) aiheuttamat muutokset sykevälivaihtelussa ja se korreloi korkean taajuusalueen tehon kanssa. (Shaffer ym., 2014) Parasympaattisen hermoston aktiivisuuden tiedetään vaikuttavan RMSSD-arvoon, mutta toisin kuin SDNN-arvoon, tähän arvoon ei vaikuta hengitysrytmi. Tästä syystä RMSSD-arvo kuvaa parasympaattisen hermoston aktiivisuutta hyvin tarkasti. (Stephenson ym., 2021) Kuten matalalla SDNN-arvolla, myös matalalla RMSSD-arvolla on yhteys kuolleisuuden kanssa (Shaffer ym., 2014).



Kuva 7. R-R intervalli sekä QRS-kompleksi (kuva: <https://www.haataja.eu>)

Huom. P = Sydämen eteisten supistuminen; QRS = Kammioiden supistuminen; T = Kammioiden palautuminen lepotilaan; R-R-intervalli = R-piikkien välinen aika.

RMSSD:n lisäksi parasympaattisen hermoston aktiivisuuden sekä korkean taajuusalueen tehon kanssa korreloi pNN50-arvo. Tällä arvolla tarkoitetaan niiden vierekkäisten NN-intervallien prosentuaalista määrää, jolloin niiden ero on yli 50 ms. pNN50-arvo ei kuitenkaan ota huomioon hengityksen vaikutusta sykkeeseen yhtä hyvin kuin RMSSD-arvo, joten useat tutkijat suosivat jälkimmäisen arvon käyttämistä. (Shaffer ym., 2014)

HR max (maksimisyke) ja HR min (minimisyke) -arvot tarkoittavat yhden hengityssyklin aikana mitattua korkeinta ja matalinta sykettä (Shaffer ym., 2014). Tähän arvoon vaikuttaa luonnollisesti hengityksen tiheys, mutta siihen ei kuitenkaan vaikuta muu aktiivisuus vagus-hermossa. Tästä syystä se kuvaa tehokkaasti hengityksen vaikutusta sydämen sykkeeseen tavalla, joka ei johdu vagus-hermon aktiivisuudesta. (Shaffer & Ginsberg, 2017) Kohonneen sykkeen on myös raportoitu korreloivan voimakkaasti sympaattisen hermoston aktiivisuuden kanssa ja matalan sykkeen parasympaattisen hermoston aktiivisuuden kanssa (Freeman ym., 2006).

Aikakenttäanalyysimittausten tulkinta riippuu mittausjakson pituudesta. Lyhytkestoisten mittauksien tulokset kertovat yleensä ensisijaisesti sydämen parasympaattisen toiminnan säätelystä, kun taas pitkäkestoisten mittausjaksojen SDNN- ja RMSSD-arvot kuvaavat yleensä sykkeen kokonaisvaihtelua. Parasympaattista säätelyä kuvaa taas parhaiten pNN50-arvo. (Tahvanainen ym., 2003, s. 114)

Nunan ym. (2010) määrittivät normaalit arvot eräille sykevälivaihtelun analyysimenetelmille lyhyillä mittausjaksoilla (< 24 tuntia). Tätä ennen Task Force (1996) oli määrittänyt normaalit arvot lyhyille mittausjaksoille, mutta näissä tapauksissa osa arvoista oli vain arvioita pienistä koehenkilömääristä johtuen (Nunan ym., 2010). Tutkimuksessa analysoitiin lopulta 44 eri tutkimusta, joiden yhteenlaskettu koehenkilömäärä oli 21 438 (Nunan ym. 2010). Nunanin ja ym. (2010) määrittävät normaalit arvot löytyvät Taulukosta 2.

Taulukko 2

Nunanin ym. (2010) määrittämät normaalit arvot (mukailtu alkuperäisestä taulukosta)

Analyysimenetelmä	Keskiarvo	Keskihajonta	Mediaani	Vaihteluväli
SDNN (ms)	50	16	51	32–93
RMSSD (ms)	42	15	37	19–75
LF (ms ²)	519	291	54	193–1 009
HF (ms ²)	657	777	385	82–3 630

Huom. SDNN = normaalien sydämen lyöntien välinen keskihajonta; RMSSD = RR-intervalleista laskettu matemaattinen arvo, jolla lasketaan jokaisen RR-intervallin välinen aika; LF = Matala taajuusalue; HF = Korkea taajuusalue.

Aikaisempaa tutkimusta liittyen sotilaiden sykevälivaihteluun ovat tehneet ainakin Clemente-Suarez ym. (2018), Sánchez-Molina ym. (2018), Corrigan ym. (2021) ja Fogt ym. (2009). Clemente-Suarez tutkimusryhmineen (2018) tutki sotilaiden psykofysiologista reaktiota akuuttiin stressiin. Tässä tutkimuksessa sotilaista muodostettu ryhmä käskettiin menemään sisälle rakennukseen, jossa vihollisen tiedettiin olevan. Ennen rakennukseen siirtymistä fyysistä kuormitustasoa nostettiin juoksemalla, tekemällä etunojapunnerruksia sekä istumaannousuja. Sisällä rakennuksessa vihollista esitti *Redman*-suojapukuun pukeutunut maalihenkilö, joka ryhmän piti ottaa kiinni käyttämättä henkilökohtaisia aseitaan. Koehenkilöiden sykettä mitattiin koko suorituksen ajan. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että koehenkilöiden syke nousi ja sykevälivaihtelu laski tilastollisesti merkittävästi, mikä viittaa sympaattisen hermoston aktivoitumiseen akuutin stressin reaktiona. (Clemente-Suarez ym., 2018)

Sánchez-Molina tutkimusryhmineen (2018) tutki psykofysiologisten tekijöiden vaikutusta hienomotorisiin taitoihin. Tutkimuksessa tutkittiin kuitenkin vain kahdesta eri yksiköstä olevien sotilaiden sykkeen vaikutusta hienomotoristen tehtävien suorittamiseen, eikä sykkeellä todettu tässä tutkimuksessa olevan vaikutusta hienomotoristen tehtävien suorittamiseen (Sánchez-Molina ym., 2018). Tässäkin tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että sykevälivaihtelu laski kummallakin ryhmällä simuloitun tehtävän aikana, jossa ryhmät pelastivat vihollismieliselle alueelle joutuneen oman puolen sotilaan (Sánchez-Molina ym., 2018).

Corrigan (2021) toteutti tutkimusryhmineen laajan tutkimuksen, jossa tutkittiin sykevälivaihtelun käytettävyyttä stressin seurannassa ja arvioitaessa pitkäkestoisen tai useasti toistuvan kroonisen stressin fysiologisia vaikutuksia taktisille henkilöstölle (poliisit, sotilaat, palomiehet ja ensivastehoitajat). Tutkimukseen valittiin 60 aikaisemmin tätä aihetta käsittelevää tutkimusta, joiden tuloksia vertailtiin keskenään. (Corrigan ym., 2021) Näiden 60:n eri tutkimuksen tulosten perusteella sykevälivaihtelun perusteella sympaattisen hermoston aktiivisuus lisääntyy stressitekijöiden johdosta ja Corrigan tutkimusryhmineen (2021) pitää näin ollen sykevälivaihtelua toimivana työkaluna arvioitaessa akuutin stressin määrää, mutta sen käyttäminen työkaluna pitkäaikaisen stressin aiheuttamien fyysisten vaikutusten arviointiin vaatii lisää tutkimusta. Tutkimuksessa havaittiin myös, että korkeampi sykevälivaihtelu on yhteydessä parempaan päätöksentekokykyyn (Corrigan ym., 2021).

Fogt (2009) tutki tutkimusryhmänsä kanssa sykevälivaihtelun käytettävyyttä arvioitaessa sotilaiden taisteluvalmiutta. Tässä tutkimuksessa 35 perusterveen miehen ja 69 perusterveen naisen maksimaalisen hapenottokykyä ($VO_2\max$), kehon sisältämää nestemäärää sekä virtsan suhteellista tiheyttä ja veren sisältämän plasman (veren nestemäinen osa, josta puuttuu verisolut) määrää verrattiin 20 minuutin pituisen makuulla suoritetun sykevälivaihtelumittauksen analysoinnin tuloksiin. Tutkimuksen tuloksena korkealla sykevälivaihtelulla oli yhteys korkeampaan hapenottokykyyn. Tässä tutkimuksessa koehenkilöt olivat kuitenkin laboratorio-olosuhteissa, he olivat nesteyttäneet itseään oikeaoppisesti ja välttäneet kaikkea psykofysiologista (psykologisten prosessien fysiologia) kuormitusta 24 tuntia ennen koetta. (Fogt ym., 2009)

4.2. Hormonien ja entsyymien konsentraatiot

Stressin vaikutusta ihmisen fysiologiseen toimintaan voidaan havainnoida mittaamalla eri hormonien ja entsyymien konsentraatiota ihmisen syljessä. (Chojnowska ym., 2021) Sylkinäytteiden kerääminen on yleistynyt etenkin niiden helppouden ja turvallisuuden takia (Soo-Quee Koh, D., & Choon-Huat Koh, 2007; Giacomello ym., 2021). Tämän lisäksi sylkinäytteiden keräämiseen ei liity esimerkiksi neulan piston mahdollisesti aiheuttamaa stressireaktiota, joka saattaisi vääristää mittauksen tuloksia. (Soo-Quee Koh, D., & Choon-Huat Koh, 2007) Syljen kerääminen tapahtuu yleensä joko passiivisella keräämisellä (suusta valuvan syljen keräämisellä) tai asettamalla koehenkilön suuhun puuvillasta tehty sieni, johon sylki imeytyy. Sieneen kerääntynyt sylki erotetaan sienestä ennen lopullista analysointia sentrifugilla. (El-Farhan ym., 2017).

Eri hormoneiden ja entsyymien erityys vaihtelee ihmisen elimistössä luonnollisesti vuorokauden ajan mukaan. Kortisolin erityys on luonnollisesti korkeimmillaan aamuisin ja El-Farhanin ym. (2017) mukaan kortisolin konsentraatio syljessä on aamuisin 3,2–8,3 nmol/l. El-Farhanin ym. (2017) ilmoittamat kortisolin konsentraatiot eroavat kuitenkin merkittävästi Kobayashi & Miyazakin (2015) ja Powerin ym. (2006) havainnoista. Kobayashi & Miyazakin (2015) toteuttamassa tutkimuksessa japanilaisten nuorten (21,8±1,5 vuotta) terveiden aikuisten miesten kortisolin keskimääräisen konsentraation havaittiin olevan aamuisin 20,39±7,74 nmol/l. Englannissa toteutetussa tutkimuksessa terveiden 45-vuotiaiden miesten kortisolin aamunäytteiden keskimääräiseksi konsentraatioksi todettiin 21,01±11,94 nmol/l (Power ym., 2006). Powerin ym. (2006) toteuttamassa tutkimuksessa samoilta koehenkilöiltä kerättiin kortisolinäytteet myös 3 tuntia aamun ensimmäisen näytteen jälkeen (keskimäärin klo 11:27). Näiden näytteiden keskimääräinen konsentraatio oli 9,20±9,02 nmol/l (Power ym., 2006). Hucklebridgen ym. (2005) mukaan nuorien terveiden aikuisten (24,4 vuotiaiden) kortisolin konsentraatio syljessä olisi ensimmäisen hereillä olo -tunnin aikana noin 13–18 nmol/l.

Alfa-amylaasin erityys vaihtelee vuorokauden ajan mukaan päinvastaisesti verrattuna kortisolin luonnolliseen vaihteluun (Rohleder ym., 2004). Alfa-amylaasin luonnollinen erityys on matallimmillaan siis ihmisen heti herättyään. Naterin ym. (2007) toteuttamassa tutkimuksessaan terveiden aikuisten (ikä 26,7±8,8 v) alfa-amylaasin konsentraatioiden todettiin olevan heti heräämisen jälkeen keskimäärin 106,14 U/ml ja 46,73 U/ml keskimäärin 39 minuutta heräämisen jälkeen. Tämän jälkeen alfa-amylaasin konsentraatiot nousivat tasaisesti päivän aikana siten, että konsentraatio oli klo 09:00 keskimäärin 89,14 U/ml ja korkeimmillaan alfa-amylaasin konsentraatio oli klo 16:25 (156,87 U/ml) (Nater ym., 2007). Saman suuntaisiin tuloksiin päätyivät myös Kobayashi ym. (2012), jotka havaitsivat tutkimuksessaan, että 21,9±1,6 vuotiaiden terveiden japanilaisten alfa-amylaasin aamun keskimääräinen konsentraatio oli 17,48±11,7 U/ml.

DHEA:n ja DHEA-S:n konsentraatiot ovat myös luonnollisesti korkeimmillaan aamuisin (Zhao ym., 2003; Hucklebridge ym., 2005; Ghiuciu ym. 2011). Niiden konsentraatiot pysyvät kuitenkin huomattavasti tasaisempina päivän aikana kuin kortisolien tai alfa-amylaasin konsentraatiot (Zhao ym., 2003). Zhao ym. (2003) mukaan DHEA-S:n konsentraatiot olisivat korkeimmillaan päivällä keskimäärin klo 16:00. Muissa tutkimuksissa tätä havaintoa ei ole kuitenkaan vahvistettu (Ghiuciu ym. 2011; Hucklebridge ym., 2005). Tämän lisäksi Hucklebridgen ym. (2005) mukaan DHEA-S:n puoliintumisaika on huomattavasti pidempi kuin DHEA:n, joten sen vuorokauden ajasta riippuvan luonnollisen konsentraation määrittäminen ei ole mielekäs. Ghiuciu ym. (2011) mukaan DHEA-S:n konsentraatio olisi 28 ± 7 vuotiailla terveillä miehillä heti heräämisen jälkeen $7,83 \pm 0,23$ ng/ml ja tunti heräämisen jälkeen $5,74 \pm 0,25$ ng/ml. Hucklebridgen ym. (2005) mukaan DHEA:n konsentraatio nuorilla terveillä aikuisilla (24,4 vuotiailla) olisi aamulla keskimäärin noin 400 pg/ml.

Labsy ym. (2012) tutkivat intensiivisen fyysisen kuormituksen vaikutusta jalkapalloilijoiden DHEA- ja kortisolitasoihin. Tutkimuksessa yhdeksän $19,9 \pm 0,4$ vuotiasta miesjalkapalloilijaa suorittivat harjoituksen, jossa he juoksivat ensin 45 minuuttia 75 % sykkeellä (75 % henkilön maksimisykkeestä). Tämän jälkeen koehenkilöt juoksivat kaksi kertaa 15 minuuttia 80 % sykkeellä (5 minuutin lepo suoritusten välissä) ja lopuksi viisi kertaa yhden minuutin maksimisykkeellä (1 minuutin lepo suoritusten välissä). Koehenkilöt suorittivat nämä harjoitukset kahtena eri päivänä siten, että ensimmäisenä päivänä harjoitus suoritettiin aamupäivällä klo 10:00–11:30 ja toisena päivänä iltapäivällä klo 14:00–15:30. Harjoituspäivinä koehenkilöiltä kerättiin DHEA- ja kortisolinäytteet syljestä kahden tunnin välein alkaen klo 06:00 ja päättyen klo 22:00. Harjoituspäivien lisäksi koehenkilöiltä kerättiin samat näytteet myös lepopäivän aikana samoina kellonaikoina. Labsy ym. (2012) havaitsivat tutkimuksessaan koehenkilöiden DHEA:n konsentraatioissa tilastollisesti merkitseviä muutoksia ainoastaan klo 06:00 ja klo 12:00 otettujen näytteiden välillä jokaisena testipäivänä. Näissä tapauksissa konsentraatio oli merkitsevästi matalampi klo 12:00 kuin klo 06:00 (Labsy ym. 2012). Kortisolitasoissa Labsy ym. (2012) havaitsivat kuitenkin tilastollisesti merkitseviä muutoksia harjoituspäivien ja lepopäivien välillä siten, että kortisolien klo 12:00 konsentraatio oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi aamupäivänä suoritettujen harjoitusten jälkeen kuin lepopäivänä tai toisena harjoituspäivänä klo 12:00. Sama havainto tehtiin myös verrattaessa klo 16:00 mitattuja konsentraatioita iltapäivällä suoritettujen harjoitusten jälkeen lepopäivän tai ensimmäisen harjoituspäivän klo 16:00 konsentraatioihin (Labsy ym. 2012).

Muutoksia alfa-amylaasin konsentraatioissa syljessä fyysisen kuormituksen seurauksena on tutkinut ainakin Li & Gleeson (2004) ja de Oliveira ym. (2010). Lin ja Gleesonin (2004) toteuttamassa tutkimuksessa liikunnallisesti aktiivisilta miehiltä (ikä $28,9 \pm 1,8$ v) kerättiin sylkinäytteet kahtena erilaisena harjoituspäivänä ja lepopäivänä. Ensimmäinen harjoituspäivä sisälsi yhden harjoituksen klo 14:00. Harjoituksessa koehenkilöt polkivat kuntopyörää 2 tuntia teholla, joka vastasi 60 % heidän maksimaalisesta hapenottokyvystä, joka oli määritetty ennen tutkimusta. Tämän harjoituksen koehenkilöt suorittivat 15 tunnin paaston jälkeen. Toisena harjoituspäivänä koehenkilöt suorittivat kaksi erillistä harjoitusta. Ensimmäisen harjoituksista he suorittivat klo 09:00 ja toisen 14:00. Tällä kertaa he olivat paastonneet yön yli. Klo 09:00 alkanut harjoitus oli täysin vastaava kuin ensimmäisenä harjoituspäivänä. Klo 14:00 alkaneessa harjoituksessa koehenkilöt polkivat samalla teholla kuin aikaisemmassa harjoituksessa, mutta tällä kertaa uupumukseen asti. Tutkimuksessa havaittiin, että alfa-amylaasin konsentraatiot kasvoivat tilastollisesti merkitsevästi kaikki harjoitusten jälkeen. Tämän lisäksi havaittiin, että alfa-amylaasin konsentraatiot pysyivät korkeampina pidemmän paaston jälkeisen harjoituksen jälkeen ja uupumukseen suoritettujen harjoitusten jälkeen. Ainoastaan toisen harjoituspäivän ensimmäisen harjoituksen jälkeen alfa-amylaasin konsentraatio laski samalle tasolle kuin mitä se oli ennen harjoituksen alkamista. (Li & Gleeson, 2004).

Myös de Oliveira ym. (2010) tutkivat kuntopyörällä toteutetun intensiivisen harjoituksen vaikutusta alfa-amylaasin konsentraatioihin. Heidän tutkimuksessaan 12 vuotiasta miestä (ikä $22,6 \pm 3,5$ v) suoritti vastaavan polkupyöräergometritestin (vastaava kuin lentävän henkilöstön polkupyöräergometritesti), jossa koehenkilöt joutuvat ylläpitämään tiettyä kadenssia (polkemisnopeutta) vastuksen noustessa säännöllisesti. Tutkimuksen havaintona oli, alfa-amylaasin konsentraatio nousi tasaisesti ja tilastollisesti merkitsevästi polkupyöräergometritestin kuormituksen kasvaessa. (De Oliveira ym., 2010)

Hormonitoiminnan reagoitua sotilaiden kuormitukseen ovat tutkineet Puolustusvoimissa muun muassa Santtila ym. (2009), Vaara ym. (2015), Kyröläinen ym. (2008) ja Ojanen ym. (2018). Kahdessa ensimmäisenä mainituista tutkimuksista varusmiesten hormonitasoja mitattiin joko 8 viikon aikana (Santtila, 2009) tai 11 viikon aikana (Vaara, 2015). Näissä tutkimuksissa Santtila ym. (2009) havaitsivat merkittäviä muutoksia varusmiesten veren kortisolin, testosteronin ja tyroksiinin konsentraatioissa veressä. Vaara ym. (2015) taas ei havainnut kortisolin lisäksi varusmiesten veren konsentraatioissa merkittäviä muutoksia pitkällä aikavälillä. Lyhyellä aikavälillä merkittäviä muutoksia havaittiin kuitenkin tutkimukseen liittyneen maastoharjoitukseen liittyen testosteronin, insuliinin kaltaisen kasvutekijän (IGF-1) sekä sukupuolihormoneja veressä kuljettavan globuliinin osalta (SHBG) (Vaara, ym. 2015).

Kyröläisen ym. (2008) toteuttamassa tutkimuksessa varusmiesten hormonitoimintaa tutkittiin 20 päivän maastoharjoitukseen liittyen ja Ojane ym. (2018) toteuttamissa tutkimuksissa 21 päivän maastoharjoitukseen liittyen. Kyröläisen ym. (2008) tutkimuksessa havaittiin, että kasvuhormonin (somatropiini) ja kortisolin konsentraatioissa veressä ei ollut pitkällä aikavälillä (ennen harjoitusta vs. harjoituksen jälkeen) merkittäviä muutoksia. Harjoituksen aikana kummankin näiden hormonin konsentraatiot kuitenkin nousivat merkittävästi ensimmäisen viiden vuorokauden aikana, jonka jälkeen ne palautuivat normaalille tasolle. Testosteronin konsentraation taas havaittiin laskeneen merkittävästi harjoituksen ensimmäisten 5–8 päivän aikana, mutta pitkällä aikavälillä testosteronin tasoissa ei havaittu merkittäviä muutoksia. Ainoat merkittävät muutokset pitkällä aikavälillä havaittiin tyroksiinin osalta, jonka konsentraatio veressä laski. (Kyröläinen, 2008). Ojanen ym. (2018) päätyivät tutkimuksessaan samansuuntaisiin tuloksiin, mutta havaitsivat kuitenkin myös merkittäviä muutoksia hormonitasoissa (testosteroni, kortisoli, IGF-1 ja SHGB) myös verrattaessa harjoitusta edeltäviä hormonikonsentraatioita harjoituksen jälkeisiin konsentraatioihin.

Yhdysvalloissa Morgan III ym. (2004) tutkivat akuutin stressin vaikutusta 25 sotilaan DHEA- ja kortisolitasoihin. Tässä tutkimuksessa akuutilla stressillä kuitenkin tarkoitettiin Yhdysvaltojen armeijan pelastautumisharjoitusta. Harjoituksen kestoa ei kuvata tutkimuksessa, mutta se sisältää tavanomaisen pelastautumisen lisäksi ainakin koehenkilöiden kiinniotto- ja kuulusteluvaiheen (Morgan III ym. 2000). Tämän lisäksi koehenkilöt altistetaan ravinnon-, nesteytyksen- ja unenpuutteelle (Morgan III ym. 2001). Morgan III:n ym. (2004) toteuttaman tutkimuksen mukaan koehenkilöiden DHEA- ja kortisolitasot nousivat tilastollisesti merkitsevästi akuutin stressin seurauksena, jos niitä verrataan kyseisten hormoneiden tasoihin ennen harjoitusta.

Akuutin fyysisen kuormituksen vaikutusta hormonitasoihin ovat tutkineet Bermejo ym. (2021) ja Häkkinen & Pakarinen (1993). Bermejon ym. (2021) tutkimuksessa tutkittiin korkeaintensiteettisen harjoituksen (takakyykkyharjoitus) vaikutusta kortisolitasoihin syljessä (tutkimuksessa tutkittiin myös korkeaintensiteettisen harjoituksen vaikutusta kognitiiviseen suorituskyykyyn). Koehenkilöiltä otettiin sylkinäytteet ennen fyysistä kuormitusta ja 15 minuuttia sen jälkeen. Tutkimuksen tuloksena oli, että koehenkilöiden kortisolien konsentraatio syljessä oli merkittävästi korkeampi fyysisen kuormituksen jälkeen kuin ennen sitä. (Bermejo, 2021) Häkkisen & Pakarisen (1993) toteuttamassa tutkimuksessa tutkittiin kahden erilaisen voimaharjoituksen vaikutusta testosteronin, kortisolien ja kasvuhormonien konsentraatioihin veressä. Ensimmäisenä voimaharjoituksena koehenkilöt toteuttivat 20 kertaa yhden toiston jalkakyykkyä niin raskaalla painolla kuin jaksoivat (1 rep max, 1RM). Sarjojen välinen lepoaika oli 3 minuuttia. Toisena harjoituspäivänä koehenkilöt toteuttivat voimaharjoituksen, jossa he tekivät 10 kertaa 10 toistoa jalkakyykyssä. Painona oli noin 70% 1 RM-painosta ja sarjojen lepoaika oli jälleen 3 minuuttia. Kumpikin harjoituksista kesti kaksi tuntia ja näytteet otettiin välittömästi ennen harjoitusta ja välittömästi sen jälkeen. Testosteronin ja kortisolien osalta tuloksena oli, että niiden konsentraatio veressä kasvoi merkittävästi vain toisen harjoituspäivän harjoituksen aikana, kun taas kasvuhormonien konsentraatio nousi sekä ensimmäisen että toisen harjoituspäivän harjoituksen aikana. (Häkkinen & Pakarinen, 1993)

Edellä mainittujen tutkimusten perusteella harjoituksen intensiteetillä vaikuttaa olevan harjoituksen kestoa merkittävämpi vaikutus hormonien konsentraatioihin. Edellä mainittujen tutkimusten lisäksi samaan tulokseen on tullut jo aikaisemmin Kuoppasalmi (1980) tutkimusryhmiin tutkinnuksessa, jossa tutkittiin pitkäkestoisen ja lyhytkestoisen juoksuharjoituksen vaikutusta eri hormonien konsentraatioihin veressä. McGaulley (2009) toteaa tutkimusryhmänsä kanssa tekemässään tutkimuksessa, että intensiteetin lisäksi sarjojen välinen lepoaika vaikuttaa merkittävästi hormonien vasteisiin. Tutkimuksessa todettiin, että Häkkisen ja Pakarisen (1993) tutkimuksessakin käytetty lihaskasvua tavoitteleva voimaharjoitus lyhyillä sarjojen välisillä palautuksilla vaikutti merkittävästi testosteronin, kortisolien sekä SHBG:n konsentraatioihin veressä, kun harjoituksen jälkeistä (välittömästi harjoituksen jälkeen) konsentraatiota verrataan harjoitusta edeltäviin vastaaviin konsentraatioihin (McGaulley ym., 2009).

Taulukossa 3 on esitelty yhteenveto tässä luvussa esiteltyjen tutkimuksen tuloksista, joissa käsitellään fyysisen kuormituksen vaikutusta hormonitasoihin.

Taulukko 3

Yhteenveto tutkimuksista, joissa on tutkittu fyysisen kuormituksen vaikutusta hormonitoimintaan

Tutkimus	Tutkimuksen kesto	Mitatut hormo- nit	Muutos lyhyellä aikavälillä ^{a, b}	Muutos pitkällä aikavälillä ^{a, c}
Santtila ym. (2009)	8 viikkoa	Kortisoli	n/a	↑ ^d
		Testosteroni	n/a	↑
		Tyroksiini	n/a	↓
Vaara ym. (2015)	11 viikkoa	Kortisoli	→	→
		Testosteroni	↓	→
		IGF-1	↓	→
		SHBG	↑	→
Kyröläinen ym. (2008)	20 päivää	Kasvuhormoni	↑	→
		Testosteroni	↓	→
		Tyroksiini	→	↓
Ojanen ym. (2018)	21 päivää ^e	Kortisoli	↑	→
		Testosteroni	↑	↓
		Kortisoli	↑	↑
		IGF-1	↓	→
Morgan ym. (2004) ^e	n/a	SHBG	→	↑
		DHEA-S	n/a	↑
Labsy ym. (2012)	1,5h	Kortisoli	n/a	↑
		DHEA	↑	n/a
Li & Gleeson (2004)	2–3,5h	Alfa-amylaasi	→ ^f	n/a
			↑	n/a
de Oliveira ym. (2010)	< 1h	Alfa-amylaasi	↑	n/a
Bermejo ym. (2021)	< 2h ^g	Kortisoli	↑	n/a
Häkkinen & Pakarinen (1993)	~2h ^g	Testosteroni	↑ ^d	n/a
		Kortisoli	↑ ^d	n/a
		Kasvuhormoni	↑	n/a

Huom. a = Ainoastaan tilastollisesti merkittävät ($p \leq 0,05$) muutokset listattu; b = Muutos on tapahtunut niin, että siinä verrataan ainoastaan joko tutkimuksen ensimmäistä tai viimeistä näytettä johonkin muuhun tutkimuksen aikana otettuun näytteeseen tai kahta muuta näytettä kuin ensimmäisenä tai viimeisenä otettua näytettä keskenään; c = Tutkimuksen ensimmäisen ja viimeisen näytteen vertailu pl. Ojasen ym. (2018) tarkastelusta jätetään ulkopuolelle harjoituksen jälkeisen levon jälkeen otettu tulos; d = Vain yhdellä tietyllä ryhmällä tai yhteen tiettyyn harjoitukseen liittyen; e = Tutkimuksessa käytettiin termiä ”akuutti stressi” mutta tässä yhteenvedossa tutkimus katsotaan kuitenkin sisältävän pitkän aikavälin muutoksen; e = Konsentraatiossa havaittiin tilastollisesti merkitseviä muutoksia tutkimuksen aikana, mutta ei kuormitukseen liittyen; g = Tutkimuksen todellinen kesto saattaa olla pidempi, mutta tässä tapauksessa tutkimuksen pituudeksi on määritetty ensimmäisen ja viimeisen näytteen välinen aika; n/a = Ei määritettävissä; IGF-1 = Insuliinin kaltainen kasvutekijä; SHBG = Sukupuolihormoneja verenkierrossa kuljettava globuliini; DHEA-S = Dehydroepiandrosteronisulfaatti; DHEA = Dehydroepiandrosteroni; ↑ = Konsentraatio kasvaa; ↓ = Konsentraatio laskee; → = Konsentraatiossa ei muutoksia; n/a = Ei määritettävissä.

4.3. Fyysisen suorituskyvyn mittaaminen ja fyysisen kuormituksen vaikutus sykkeeseen

Luurankolihasiston suorituskyvyn testaaminen voidaan toteuttaa muun muassa mittaamalla isometristä, isokineettistä tai dynaamista voimantuottoa. Isometrisellä mittauksella voidaan testata lihaksen tai lihasryhmän voimantuottoa esimerkiksi dynamometrillä. Tässä mittauksessa testattava tuottaa maksimaalisen voiman erittäin lyhyessä ajassa liikkumatonta mittaria vastaan. Näiden mittausten toteuttamisessa on mittaustapahtuman vakiointi, mikä tarkoittaa esimerkiksi nivelkulmien vakiointia eri koehenkilöiden kesken. (Keskinen, 2014, s. 113–114) Puristusvoiman on todettu muun muassa ennustavan menestymistä eri kamppailulajeissa (kreikkalais-romalainen paini, vapaapaini, judo ja sambo) (Iermakov ym., 2016). Puristusvoimatesti oli osana myös Puolustusvoimien henkilökunnan virallisia kuntotestejä vuosina 2001–2010 (*Palkatun henkilöstön kenttäkelpoisuuden ja fyysisen työkyvyn ylläpitäminen*, 1999).

Dynaamisella mittauksella taas tarkoitetaan mittausta, jossa kuorma pysyy vakiona koko mittauksen ajan, esimerkki dynaamisesta mittauksesta on kevennyshyppy. Kevennyshypyn tapauksessa kuorma pysyy koko suorituksen ajan vakiona ja testin aikana koehenkilön on tarkoitus tuottaa mahdollisimman lyhyessä ajassa maksimaalinen voima (nopeusvoima ja räjähtävä voima). (Keskinen, 2014, s. 114–116) Kevennyshyppytestin tuloksen on todettu Boraczyńskin ym. (2020) mukaan korreloivan positiivisesti muun muassa takakykyyn maksimaalisen voiman (1RM) sekä 30 metrin sprintin nopeuden ja reiden ojentajien maksimaalisen isometrisen voimantuoton kanssa. Markovic ym. (2004) mukaan digitaalisella ajastimella varustetulla matolla suoritettu kevennyshyppytesti on luotettavin keino arvioida fyysisesti aktiivisten miesten alaraajojen räjähtävää voimaa.

Puolustusvoimissa fyysisiä testejä koehenkilöiden fyysisen kuormituksen arviointiin ovat käyttäneet ainakin Ojanen ym. (2018) ja Vaara ym. (2015). Ojanen ym. (2018) selvittivät pitkän maastoharjoituksen vaikutusta fyysiseen suorituskyykyyn. Tässä tutkimuksessa fyysistä suorituskyykyä arvioitiin mittaamalla koehenkilöiden ylä- ja alaraajojen isometristä voimantuottoa käyttämällä jalkaprässi- sekä penkkipunnerrusdynamometrejä. Mittaukset toteutettiin ennen 21 päivän sotaharjoitusta, sotaharjoituksen 12. päivänä, harjoituksen päätyttyä sekä neljän harjoituksen jälkeisen lepopäivän jälkeen. Tutkimuksen tuloksena havaittiin, että koehenkilöiden alaraajojen isometrisessä voimantuotossa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia verrattaessa kesken harjoitusta tehtyä testiä harjoituksen jälkeiseen testiin, jolloin alaraajojen voimantuoton todettiin kasvaneen. Yläraajojen voimantuoton taas todettiin kasvaneen merkittävästi ennen harjoitusta toteutetuista testeistä kesken harjoitusta toteutettuun testiin, mutta harjoituksen jälkeisessä sekä neljän päivän levon jälkeen toteutetussa testissä taas havaittiin merkittävää laskua. Yläraajojen voimantuotossa oli myös merkittävää laskua verrattaessa harjoituksen jälkeistä tasoa neljän päivän jälkeiseen tasoon. Tutkimuksen johtopäätöksissä epäillään, että tässä tutkimusasetelmassa koehenkilöillä oli harjoituksen aikana riittävästi lepoa ja aikaa palautua fyysisestä rasituksesta. Johtopäätöksissä arvioitiin myös, että koehenkilöt tulivat paremmiksi dynamometritestissä tutkimuksen edetessä. (Ojanen ym., 2018)

Vaara (2015) tutki tutkimusryhmänsä kanssa myös koehenkilöiden fyysisen suorituskyyvyn muutosta 11 viikon koulutuskauden aikana. Tutkimuksessa fyysisen kunnan mittaukseen käytettiin Puolustusvoimien tuolloin voimassa olleita virallisia kuntotestejä. Nämä kuntotestit ovat: 12 minuutin juoksutesti (Cooperin testi), vauhditon pituushyppy, istumaannousutesti sekä etunojapunnerrustesti. Pääesikunnan koulutusosaston *Fyysinen toimintakyky (2021)* -määräyksen mukaan 12 minuutin juoksutestin perusteella arvioidaan ”maksimaalista hapenottokykyä”, vauhdittomalla pituushypyllä ”alaraajojen maksimaalista sekä räjähtävää voimantuottoa”, istumaannousutestillä ”keskivartalon koukistajalihasten dynaamista kestävyyttä” ja etunojapunnerrustestillä ”hartian alueen ja yläraajojen lihasten dynaamista voimaa ja kestävyyttä sekä liikettä tukevien vartalonlihasten staattista kestävyyttä”. Vaaran (2015) ja hänen tutkimusryhmänsä toteuttamassa tutkimuksessa havaittiin, että koehenkilöiden 12 minuutin juoksutestin tulos heikentyi merkittävästi 11 viikon tutkimuksen aikana ensimmäisestä testistä viikolla seitsemän suoritettuun testiin verrattuna. 12 minuutin juoksutestin tulos kuitenkin nousi ja oli viikolla 11 merkittävästi korkeampi kuin viikolla seitsemän. Vauhdittoman pituushypyn tulos taas laski merkittävästi ensimmäisestä mittauskerrasta viikkojen seitsemän ja 11 mittauskertoihin. Muissa testeissä (istumaannousu ja etunojapunnerrus) tulokset taas paranivat merkittävästi verrattaessa ensimmäisiä tuloksia viikkojen seitsemän ja 11 tuloksiin. Tutkimuksen

johtopäätöksissä arvioidaan, että vauhdittoman pituushypyn testin tuloksen laskeminen johtui todennäköisemmin koulutukseen liittyvästä suuresta määrästä juoksua ja erilaisten taakkojen kantamisesta. Istumaannousutestin ja etunojapunnerrustestin tulosten parantuminen voi taas johtua laskuvarjojääkärikoulutuksen luonteesta, johon kuuluu paljon vatsalihaksia ja ylävartalon lihasten käyttämistä. Tutkimuksen puolivälissä tapahtunut kestävyyskunnon lasku taas saattoi johtua ensimmäisten viikkojen kuormituksen vaikuttamisesta negatiivisesti etenkin ensimmäisessä erittäin hyväkuntoisten kestävyystulokseen. (Vaara ym., 2015)

Yhdysvalloissa toteutetussa tutkimuksessa Welsh (2007) tutkimusryhmineen tutki kahdeksan päivän maastoharjoituksen vaikutusta koehenkilöiden hyppysuorituskykyyn. Tutkimukseen osallistuvat sotilaat olivat merijalkaväen jalkaväen upseerikoulutuksessa. Koehenkilöille suoritettiin tutkimuksessa ennen ja jälkeen kolme erilaista kevennyshyppytestiä. Ensimmäisessä kevennyshyppytestissä koehenkilöt suorittivat yhden kevennyshypyn, toisessa testissä viisi perättäistä hyppyä ja kolmannessa testissä 30 perättäistä kevennyshyppyä. Kaikkien testien välissä oli kolmen minuutin lepoaika, jonka koehenkilöt viettivät seisaallaan. Koehenkilöitä myös kannustettiin viiden ja 30 hypyn aikana pyrkimään mahdollisimman korkeaan hyppyyn jokaisella hyppäyksellä. Testien avulla koehenkilöiden hypyistä kerättiin neljä eri tulosta, jotka olivat: Keskimääräinen teho watteina, keskimääräinen aika ilmassa (hypyn kesto) sekä hypyn keskimääräinen korkeus kahdella eri mittaustavalla. Tutkimuksen tuloksena oli, että koehenkilöiden keskimääräinen teho laski merkittävästi harjoituksen aikana kaikissa kolmessa eri testissä merkittävästi, keskimääräinen aika ilmassa väheni merkittävästi vain 30 hypyn sarjassa ja keskimääräinen hyppikorkeus laski merkittävästi mittaustavasta riippuen kaikilla kolmella mittaustavalla. (Welsh ym., 2007)

4.4. Kuormittumisen mittaaminen kyselyiden avulla

Psyykkisen, fyysisen tai kognitiivisen kuormituksen mittaamiseen on useita eri yleisesti käytössä olevia kyselyitä. Psyykkisen kuormituksen kyselyt on yleensä tarkoitettu arvioimaan joko psykososiaalista kuormitusta (Patterson ym., 2020) tai työhön liittyvää kuormitusta (Mokarami & Toderi, 2019). Fyysisen kuormituksen arviointiin käytetään yleisesti niin sanottua RPE- (the Rating of Perceived Exertion) asteikkoa, jolla koehenkilö arvioi miten rasittavalta fyysinen suoritus tuntuu. Yleisesti käytetty asteikko on niin sanottu Borgin 6–20 asteikko, jossa koehenkilö arvioi suorituksen rasittavuutta asteikolla 6–20 sekä Borgin CR-10 -asteikko (asteikko 1–10). Näissä molemmissa asteikoissa pienemmällä luvulla tarkoitetaan kevyempää fyysistä rasitusta ja suuremmalla numerolla raskaampaa rasitusta. (Eston, 2012)

Kognitiivisen kuormituksen (tehtävän kuormituksen arviointi) mittaamiseen on useita eri menetelmiä. Yleisesti luotettavana pidettyjä ja laajalti käytettyjä menetelmiä ovat NASA-Task Load Index (TLX), The Subjective Workload Assessment Technique (SWAT) sekä Workload Profile (WP). Kaikki edellä mainitut menetelmät ovat helposti käytettävissä ja niitä voi käyttää esimerkiksi työtehtävän suorituksen aikana. Menetelmien avulla arvioidaan työtehtävien kognitiivista vaatimustasoa, fyysistä vaatimustasoa, aikataulupaineita sekä tehtävän suorittamiseen vaadittua panosta ja omaa suoriutumista. NASA-TLX-menetelmässä arvioidaan seuraavia tekijöitä: henkinen vaatimustaso (HV), fyysinen vaatimustaso (FV), ajallinen vaatimustaso (AV), oma suoriutuminen (S), ponnistelun määrä (P) sekä turhautuminen (T) (Haavisto & Oksama, 2007; Feltman ym., 2021) Edellä mainituista tekijöistä henkistä, fyysistä ja ajallista vaatimustasoa, ponnistelua ja turhautumista arvioidaan asteikolla vähän–paljon. Ajallista vaatimustasoa taas arvioidaan asteikolla hidas–nopea.

Yleisesti käytettyjen tutkimusten lisäksi mittaustapahtumaa varten voidaan käyttää tutkijan tai tutkimusryhmän erikseen laatimaa kyselyä. Näissä tapauksissa kyselyn laatijalla on vapaus määrittää kyselyiden sisältö tai asteikkojen merkitsevyydet. Näiden kyselyiden käyttämisessä on kuitenkin otettava huomioon se, että niiden tulosten vertailu yleisesti käytettyjen kyselyiden tai asteikkojen tuloksiin ei ole yksiselitteistä ja se täytyy arvioida aina tapauskohtaisesti.

Helikopterilentäjien ja -miehistön fyysisen kuormittumisen eroa on tutkinut Van den Oord ym. (2014) käyttäen tutkimusryhmän laatimaa kyselyä. Tässä tutkimuksessa Tanskan ilmavoimien helikopterilentäjille (n = 113) ja miehistölle (cabin crew tai rear crew) (n = 61) teetettiin kyselytutkimus, jossa heitä pyydettiin arvioimaan työssään toistuvia niskakipuja lisääviä työtehtäviä ja -asentoja sekä kokemansa niskakivun määrää ja laatua. Kyselyssä niskakipuja lisääviksi työtehtäviksi ja -asennoiksi oli määritetty materiaalin käsittely lihasvoimin, ylävartalon dynaaminen liike, kaulan dynaaminen liike, ylävartalon pitkittynyt venytys tai kierto, kaulan pitkittynyt venytys tai kierto, käsien pitäminen ylhäällä, oudot työasennot, pitkäaikainen oleskelu samassa asennossa ja pitkäaikainen istuminen. Kyselyn tuloksena oli, että miehistöstä 62 % ja helikopterilentäjistä 28 % ilmoitti kokevansa jatkuvaa tai säännöllistä niskakipua työssään. Fyysisen kuormituksen osalta kyselyn tuloksena oli, että miehistö altistui niskakipuja lisääville työtehtäville ja -asennoille tilastollisesti merkittävästi enemmän kuin helikopterilentäjät kuudella yhdeksästä eri osa-alueesta. Nämä osa-alueet olivat: materiaalin käsittely lihasvoimin, ylävartalon dynaaminen liike, ylävartalon pitkittynyt venytys tai kierto, kaulan pitkittynyt venytys tai kierto, käsien pitäminen ylhäällä ja oudot työasennot. (Van den Oord ym., 2014)

5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää NH90-kuormamestareiden työperäistä kuormittumista. Tutkimuksessa havaintojen kerääminen rajattiin tapahtuvan lentoa edeltävänä, lento-tehtävän aikaisena ja lennon jälkeisenä aikajaksoja. Pääpaino oli kuitenkin lentotehtävän aikai-sen kuormituksen havainnoinnissa. Tutkimuksen havainnot kerättiin objektiivisilla ja subjek-tiivisilla mittausmenetelmillä. Mittausmenetelmien valinta perustui niiden yleiseen tunnetta-vuuteen, luotettavuuteen ja osin myös helppouteen. Mittausmenetelmien helppous vaikutti myös käytettävien menetelmien määrään, koska niin sanotusti raskaampien mittausmenetel-mien käyttö ei olisi mahdollistanut tutkimuksen toteuttamista tässä laajuudessa tai olisi aiheut-tanut ainakin merkittävää haittaa. Tämän lisäksi tässä tutkimuksessa käytetyillä menetelmillä saadut havainnot lisäävät laajuutta, jolla kuormamestareiden työtehtävien kuormittavuutta voi-daan arvioida. Tutkimusasetelma on kuvattu tarkemmin seuraavassa luvussa 6.

5.1. Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tarkoituksena on vastata kysymykseen: "Miten suuri psyykkinen tai fyysinen kuormitus kohdistuu NH90-kuormamestariin lennon aikana?"

Hypoteesi: Kuormamestariin kohdistuu lennon aikana voimakkaampi psyykkinen ja fyysinen kuormitus kuin ennen lentoa tai lennon jälkeen.

Nollahypoteesi: Kuormamestariin kohdistuva kuormitus ei eroa lentoa edeltä-västä tai sen jälkeisestä kuormituksesta.

Apukysymyksiä tutkimuksessa ovat:

1. Miten NH90-kuormamestarin autonomisen hermoston stressitasapaino, syke ja sykevälivaih-telu muuttuvat lennon aikana?

Hypoteesi: Kuormamestarin autonomisen hermoston stressitasapaino, syke ja sy-kevälivaihtelu muuttuvat lennon aikana merkittävästi verrattuna lentoa edeltäviin tai lennon jälkeisiin mittaustuloksiin.

Nollahypoteesi: Lennon aikaiset mittaustulokset eivät eroa lentoa edeltävistä tai lennon jälkeisistä mittaustuloksista.

2. Miten NH90-kuormamestariin kohdistuvan kuormituksen määrää kuvaavat biomarkkerit muuttuvat lennon aikana?

Hypoteesi: Kuormamestariin kohdistuvan kuormituksen määrää kuvaavien hormonien ja entsyymien konsentraatiot muuttuvat tilastollisesti merkitsevästi, kun verrataan välittömästi ennen lentoa, välittömästi lennon jälkeen sekä 30–60 minuuttia lennon jälkeen otettujen näytteiden tuloksia.

Nollahypoteesi: Eri ajankohtina otetuista näytteistä saatujen biomarkkereiden tulokset eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

3. Miten suuri fyysinen kuormitus kohdistuu NH90-kuormamestariin lennon aikana.

Hypoteesi: Kuormamestariin kohdistuu niin suuri fyysinen kuormitus lennon aikana, että se on havaittavissa käytetyillä mittausmenetelmillä.

Nollahypoteesi: Kuormamestarin lennon aikana kokema fyysinen kuormitus ei vaikuta fyysistä kuormitusta mittaaviin menetelmiin.

4. Miten suuri on NH90-kuormamestarin kokema subjektiivinen kuormitus lennon ja lentopäivän aikana.

Hypoteesi: Kuormamestarit arvioivat lennot ja lentopäivät käytetyillä subjektiivisilla kuormitusasteikoilla kuormittavimmiksi kuin 1.

Nollahypoteesi: Kuormamestarit arvioivat käytetyillä subjektiivisilla kuormitusasteikoilla, että lento ja lentopäivä eivät aiheuta minkäänlaista kuormitusta.

Ensimmäiseen, toiseen ja kolmanteen apukysymykseen vastataan objektiivisten mittausten avulla. Ensimmäiseen apukysymykseen vastataan mittaamalla kuormamestareiden sykettä ja sykevälivaihtelua ennen lentoa, lennon aikana sekä lennon jälkeen. Tutkimuksen toiseen apukysymykseen vastataan keräämällä kuormamestareilta sylkinäytteet ennen lentoa, välittömästi lennon jälkeen sekä 30–60 minuuttia lennon päättymisen jälkeen. Sylkinäytteiden avulla saadaan tietoon mahdolliset muutoksen koehenkilöiden kokeman stressin määrää kuvaavissa biomarkkereissa. Kolmanteen apukysymykseen vastataan toteuttamalla kuormamestareille puristusvoimatesti (isometrinen voima) sekä kevennyshyppytesti (dynaaminen voima) ennen lentoa ja lennon jälkeen.

Neljänteen apukysymykseen vastataan keräämällä kuormamestareilta päiväkirjaa (LIITE 1), jossa he arvioivat fyysistä ja psykososiaalista kuormittumistaan (subjektiivinen mittaus). Päiväkirjaan merkataan lentojen määrä, lentojen pituudet, tehtävätyyppi sekä arvio jokaisen lennon rasittavuudesta. Lentokohtaisen rasittavuuden lisäksi kuormamestarit arvioivat päiväkirjassa päivän kokonaiskuormitusta. Koehenkilöitä ohjeistetaan täyttämään päiväkirjaan myös lentojen ulkopuoliset, fyysisesti kuormittavat, työtehtävät tai liikuntasuoritteet. Päiväkirjaan on sisällytetty myös NASA-TLX-kysely.

6. TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1. Tutkimusasetelma

Tutkimus toteutettiin vuoden 2022 Helikopteripataljoonan normaalin päivittäisen lentotoiminnan yhteydessä tai harjoitusten aikana. Tutkimuksessa koehenkilöiltä kerättiin luvussa 6.3. esitetyt tiedot. Subjektiivisten arvioiden perusteella kuormamestarit arvioivat lentojen kuormittavuuden lisäksi myös koko lentopäivän kuormittavuutta.

Koehenkilöinä tutkimuksessa toimivat Utin jääkäriyrykmentissä NH90-helikopterilla työskentelevät kuormamestarit. Tutkimukseen osallistuvia kuormamestareita ei ole valikoitu etukäteen, vaan mittaustapahtumiin osallistuu aina harjoituksiin tai paikalliseen lentotoimintaan nimetty henkilöstö. Edellytyksenä tutkimukseen osallistumiseen oli kuitenkin säännöllinen osallistuminen lentotehtäville. Tutkimukseen osallistuneilta koehenkilöiltä kerättiin kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta ja he täyttivät tutkimukseen liittyvän esitietokyselyn (LIITE 2).

Tutkimuksen tutkimussuunnitelman eettinen lausunto haettiin Pääesikunnan ohjeistuksen mukaisesti Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) eettiseltä toimikunnalta, joka antoi puoltavan lausunnon kokouksessaan 7.7.2021. Eettisen lausunnon asianumero on: HUS/1131/2021. Puolustusvoimien ylilääkärin 4.11.2021 myöntämä tutkimuslupa löytyy Puolustusvoimien asianhallintajärjestelmästä diaarinumerolla AR19228.

6.2. Tutkimuksen koehenkilöt

Tutkimukseen ilmoittautui 16 miespuolista kuormamestaria, joista lopulta 15:ltä saatiin kerättyä havaintoja tutkimusta varten. Keski-ikänsä osallistuneet koehenkilöt olivat 34 vuotiaita. Koehenkilöistä vain yksi ilmoitti, että ei harrasta säännöllistä liikuntaa ja vain 3 koehenkilöä ilmoitti tupakoivansa säännöllisesti. Koehenkilöiden keskimääräinen tulos polkupyöräergometriestissä oli 3,7 W/painokilo ja vain yksi koehenkilöistä ilmoitti, että ei suorittanut ergometriestiä uupumukseen asti. Koehenkilöiden kaikki esitiedot on kuvattu Taulukossa 4.

Taulukko 4

Koehenkilöiden esitiedot

	<i>Ka (kh)</i>	Vaihteluväli
Ikä (vuosina)	34 (6)	26–44
Pituus (cm)	180 (5)	174–190
Paino (kg)	82 (5)	60–90
Cooper-testin tulos (m)	2734 (182)	2500–3125
Polkupyöräergometrin tulos (W/painokilo) ^a	3,7 (04)	3,2–4,1
Punnerruksia/min ^a	49 (11)	36–66
Istumaannousuja/min ^a	50 (7)	40–60
Vauhditon pituushyppy (cm) ^a	235 (16)	210–255

Huom. a = Kaikki koehenkilöt eivät ilmoittaneet todellista tulosta, koska esitietokyselyn vastausvaihtoehtoina oli myös: *yli 3,4 W/kg, yli 37, yli 47 ja yli 239*. Tästä syystä keskimääräinen tulos näissä testeissä voi olla todellisudessa korkeampi.

6.3. Aineiston keräys

Tutkimuksen teoriaosuuden kirjallisuus kerättiin käyttämällä internetistä löytyviä tietokantoja, kuten PubMed, EBSCO ja Google Scholar. Internetistä löytyvien tietokantojen lisäksi teoreettista aineistoa kerättiin eri kirjastoista. Edellä mainituista tietokannoista käytetyin oli PubMed, jota käytettiin pääsääntöisenä hakukoneena lähteiden etsimisessä.

Tutkimuksessa analysoitava aineisto kerättiin mittaamalla (sykevälivaihtelu), sylkinäytteiden avulla, kyselyillä (esitietokysely ja päiväkirja) ja fyysisillä testeillä. Sykevälivaihtelun mittaus toteutettiin käyttämällä Firstbeat Bodyguard 2 -antureita (Firstbeat Technologies Oy, Jyväskylä, Suomi) (Kuva 8). (Firstbeat Technologies 2012a; Firstbeat Technologies 2012b). Sykevälivaihtelun mittaus toteutettiin jokaisen koehenkilön kohdalla pääsääntöisesti koko työpäivän ajan. Tästä syystä koehenkilöt suorittivat antureiden kiinnittämisen itse. Koehenkilöille jaettiin antureiden kanssa elektrodeja 6–10 kappaletta, jotta he voivat vaihtaa elektrodeja esimerkiksi suihkussa käynnin yhteydessä. Koehenkilöt saivat myös Liitteen 3 mukaisen ohjeistuksen Bodyguard 2 -anturin käytöstä.



Kuva 8. *Firstbeat Bodyguard 2*-anturit kiinnitettynä (kuva: www.selfcoherence.com)

Autonomisen hermoston tasapainoa varten sykevälivaihtelua analysoitiin jokaista lentoa kohden neljässä eri aikajaksossa. Nämä aikajaksot olivat 30 minuuttia ennen lentoa edeltävien välittömien toimenpiteiden aloittamista (PRE), välittömien toimenpiteiden alkamisesta lentoonlähtöön (WALK), lentoonlähdöstä laskeutumiseen (FLIGHT) sekä 30 minuuttia laskeutumisen jälkeen (POST). Näitä mittauksia toteutettiin 53 lennon osalta, mutta joissain tapauksissa esimerkiksi lentojen välinen aika jäi niin lyhyeksi, että 30 minuutin aikajakson mittaaminen ei ollut mahdollista. Toinen syy vaihteleville mittausjaksojen määrille on se, että tutkimuksessa käytetyt hankkeen aikaiset mittaustapahtumat erosivat toisistaan, eikä kaikkia mittaustapahtumia suoritettu samalla tavalla. Lopulliseen analyysiin otettiin kaikkien niiden koehenkilöiden tulokset, joilla oli vähintään yksi näyte jokaiselta mittausjaksolta. Mikäli jollain koehenkilöllä oli joltain mittausjaksolta useampi kuin yksi näyte, laskettiin näiden koehenkilöiden osalta jokaiselle useamman näytteen mittausjaksolle keskiarvo. Lopullisessa analysoinnissa käytettiin näitä keskiarvoja. Sykevälivaihtelun mittaustulosten analysointi suoritettiin Kubios HRV-ohjelmiston versiolla 3.5.0 (Kubios Oy, Kuopio, Suomi) (Tarvainen ym., 2014). Tässä tutkimuksessa sykevälivaihtelumittauksen tuloksien analysoinnissa käytettiin seuraavia muuttujia: PNS-indeksi, SNS-indeksi, SDNN, Mean HR, Min HR, Max HR, RMSSD, pNN50, LF, HF ja TP. Taulukossa 5 on kerrottu edellä mainittujen muuttujien kuvakset ja korrelaatiot.

Taulukko 5

Sykevälivaihtelun muuttujien selitykset. (Tarvainen ym. 2021; Stephenson ym., 2021)

	Kuvaa	Korreloi
PNS-indeksi	Parasympaattisen hermoston aktiivisuus verrattuna normaaleihin arvoihin ^a	
SNS-indeksi	Sympaattisen hermoston aktiivisuus verrattuna normaaleihin arvoihin ^a	
SDNN (ms)	Sympaattisen hermoston aktiivisuus Parasympaattisen hermoston aktiivisuus	TP
Mean HR (bpm)	Keskisyke	
Min HR (bpm)	Minimisyke	
Max HR (bpm)	Maksimisyke	
RMSSD (ms)	Parasympaattisen hermoston aktiivisuus	HF
PNN50 (%)	Parasympaattisen hermoston aktiivisuus	
LF (ms ²)	Sympaattisen hermoston aktiivisuus Parasympaattisen hermoston aktiivisuus	
HF (ms ²)	Parasympaattisen hermoston aktiivisuus	
TP (ms ²)	Sympaattisen hermoston aktiivisuus Parasympaattisen hermoston aktiivisuus	

Huom. ^a = Nunan ym. (2010) määrittämiin normaaleihin arvoihin; PNS-indeksi = Parasympaattisen hermoston aktiivisuus suhteessa normaaliarvoihin; SNS-indeksi = Sympaattisen hermoston aktiivisuus suhteessa normaaliarvoihin; SDNN = normaalien sydämen lyöntien välinen keskihajonta; Mean HR = Keskisyke; Min HR = Minimisyke; Max HR = Maksimisyke; RMSSD = RR-intervalleista laskettu matemaattinen arvo, jolla lasketaan jokaisen RR-intervallin välinen aika; PNN50 = Prosentuaalinen määrä niistä vierekkäisistä NN-intervalleista, jo/iden ero on yli 50 ms; LF = Matala taajuusalue; HF = Korkea taajuusalue; TP = Kokonaisteho; LF/HF suhde = Matalan ja korkean taajuusalueen välinen suhde.

Sylkinäytteiden keräämiseen käytettiin Salivette®- (SARSTEDT AG & Co. KG, Nümbrecht, Saksa) sylkinäyteputkia ja koehenkilöt suorittivat omatoimisesti välillä tutkijan valvonnassa tai omatoimisesti. Sylkinäytteiden ottamisessa koehenkilöitä pyydettiin kiinnittämään huomiota siihen, että sylkeä kertyy riittävästi näyteputken näytesieneen. Tämän lisäksi koehenkilöitä ohjeistettiin olemaan syömättä, tupakoimatta ja käyttämättä nuuskaa puoli tuntia ennen näytteenottoa. Sylkinäytteitä säilytettiin ennen linkoamista jääkaapissa ja linkoamisen jälkeen pakastimessa. Ennen pakastusta näytteet lingottiin Utin terveysaseman Labofuge 300 sentrifugilla (Kendro Laboratory Products, Osterode, Saksa) 10 minuutin ajan kierrosnopeudella 3 500 rpm.

Sylkinäytteitä kerättiin 15 kuormamestarilta ja ne analysoitiin Jyväskylän yliopiston laboratoriossa. Sylkinäytteitä kerättiin kuormamestareilta ennen lentoa (PRE), välittömästi lennon jälkeen (POST) sekä 30–60 minuuttia lennon jälkeen (POST2). Lentoa edeltävän näytteen kuormamestarit ottivat 15–60 minuuttia ennen lennon alkua ja välittömästi lennon jälkeen otetut näytteet otettiin 15 minuutin sisällä laskeutumisesta. Sylkinäytteiden osalta noudatettiin samaa periaatetta kuin sykevälivaihtelumittausten osalta, eli lopulliseen analyysiin otettiin vain niiden koehenkilöiden tulokset, joilla oli näyte jokaisesta mittausajankohdasta ja useamman tuloksen mittausajankohdista käytettiin tulosten keskiarvoa. Tämän lisäksi sylkinäytteiden tuloksista poistettiin Jyväskylän yliopiston laboratorion ohjeistuksesta kaikki alle 1 nmol/l tulokset kortisolin osalta.

Sylkinäytteistä analysoitiin seuraavat biomarkkerit: kortisoli (COR), alfa-amylaasi (AMYL), dehydroepiandrosteroni (DHEA) sekä dehydroepiandrosteronisulfaatti (DHEA-S). Kortisolinäytteiden analysointi toteutettiin kemilumininesenssimäärityksellä (Chemiluminescence immunoassay, CLIA) Immulite 2000xpi -laitteella (Siemens Healthcare Diagnostics Products Ltd., Gwynedd, Yhdistyneet Kuningaskunnat). Kortisolinäytteiden tulosten variaatiokerroin oli Jyväskylän yliopiston mittausten perusteella 8,2 %. Alfa-amylaasin analysointi toteutettiin immunoturbidimetrisellä määrityksellä Indiko™ Plus Clinical Chemistry Analyzer-laitteella (Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa, Suomi) Alfa-amylaasinäytteiden tulosten variaatiokerroin oli Jyväskylän yliopiston mittausten perusteella 2,4 %. DHEA ja DHEA-S analysointiin immunosorbenttimäärityksellä käyttäen ELISA-kittejä (IBL International GmbH, Hampuri, Saksa). ELISA-ajot tehtiin DYNEX DS2 -automaatilla (Dynex Technologies, Denksdorf, Saksa). DHEA:n ja DHEA-S:n variaatiokertoimet olivat Jyväskylän yliopiston mittausten perusteella 6,8 % (DHEA) ja < 4,9 % (DHEA-S).

Tutkimuksessa kuormamestareiden täyttämässä päiväkirjassa heiltä kysyttiin tietoja heidän edellisen yön unen määrästä, edellisen päivän rasittavuuden arviointi asteikolla 1–10 (1 = Täysin kevyt & 10 = Täysin rasittava), päivän tärkeimmät työtehtävät ja niiden rasittavuuden arviointi edellä mainitulla asteikolla, vapaita kommentteja päivästä sekä päivän aikana lennettyjen lentojen tiedot. Päiväkirjan lisäksi koehenkilöt täyttävät liitteen 2 mukaisen esitietokyselyn, jonka tulokset on esitelty Taulukossa 4.

Fyysisten testien osalta kuormamestareille toteutettiin puristusvoimatesti sekä kevennyshyppytesti (Kuva 9) ennen lentoa ja lennon jälkeen. Puristusvoimatestissä koehenkilöitä pyydettiin seisomaan selkä seinää vasten, pitämään testiä suorittava käsi 90° kulmassa kyynärpäältä koukistaen ja tuottamaan puristamalla hetkellisesti niin suuri voima kuin pystyvät. Tämän jälkeen koehenkilöt tekivät kolme suoritusta kummallakin kädellä ja paras tulos kummaltakin kädeltä kirjattiin ylös. Puristusvoimatestissä käytettiin Jamarin (Patterson Companies, Inc., Saint Paul, Yhdysvallat) hydraulista puristusvoimadynamometriä ja tulokset kirjattiin ylös kilogrammoina. Kevennyshyppytesti toteutettiin kontaktimatolla (Newtest Oy, Oulu, Suomi). Hyppytestissä koehenkilöitä opastettiin seisomaan matolla jalat noin hartioiden leveydellä ja kädet rentoina lanteilla. Suorituksessa koehenkilöitä ohjeistettiin laskeutumaan kyykkyyyn niin, että polvien kulma ei ylitä 90 astetta ja tämän jälkeen hyppäämään jalat suorana niin korkealle kuin pystyvät (Kuva 9). Jokainen suoritti vuorollaan kolme hyppyä, joista paras tulos kirjattiin ylös. Kevennyshyppytestin tulos kirjattiin ylös senttimetreinä.



Kuva 9. Esimerkkisuoritus kevennyshyppytestistä (kuva: www.shannclinic.com.au)

Päiväkirjassa (subjektiivinen kokemus) kuormamestareilta kerättiin seuraavat tiedot: unen määrä, edellisen päivän kuormittavuus (RPE) asteikolla 1–10 (1 = Erittäin kevyt ja 10 = Täysin rasittava), päivän tärkeimmät työtehtävät, niiden kesto ja kuormittavuus asteikolla 1–10 (sama kuin aiemmin). Lentotoiminnan osalta kuormamestarit täyttivät päiväkirjaan jokaiselta lennolta seuraavat tiedot: Lennon alkuaika, lennon loppuaika, lennon pituus (tunteina ja minuutteina), tehtävätyyppi, kuljetettava henkilömäärä, kuljetettava materiaali, kuljetettiin lennolla maastokoottereita tai moottorikelkkoja ja mikä oli lennon kuormittavuus edellä mainitun asteikon mukaan. Päiväkirjaan sisällytetyssä NASA-TLX -kyselyssä kuormamestarit arvioivat koko päivän kuormitusta luvussa 4.4. esitellyillä osa-alueilla asteikolla 0–21. Tässä tutkimuksessa koehenkilöt eivät kuitenkaan suorittaneet kyselyyn tavallisesti sisältyvää eri osa-alueiden pariveritailua, jonka avulla eri osa-alueille saadaan laadittua painotuskertoimet (Hart & Staveland, 1988). Tilastollisessa analyysissä varten NASA-TLX -kyselyyn laskettiin kuitenkin kaikkien eri osa-alueiden summa (TOTALTLX).

6.4. Tutkimuksen lentotehtävät

Tutkimuksessa kuormamestarit osallistuivat yhteensä 53 lennolle. Lentojen määrässä on kuitenkin huomioitava se, että osalla lentoja mukana saattoi olla kaksi tähän tutkimukseen osallistuvaa kuormamestaria ja tietyillä lennoilla kuormamestareita saattoi olla jopa useampi kuin kaksi. Näistä syistä todellinen lentojen määrä on todellisuudessa pienempi. Tutkimuksessa lennettyjen lentojen pituus oli keskimäärin 1h24min. Seuraavassa taulukossa on esitelty tutkimuksessa lennetyt lennon jaoteltuna niiden arvioidun fyysisen kuormittavuuden mukaan. Lentojen fyysisen kuormituksen arviointi on tehty lentotehtävien sisältöjen perusteella. Lentotehtävien tarkkaa sisältöä ei esitetä tässä tutkimuksessa tietoturvasyyistä. Lentoja edeltävien toimenpiteiden (WALK) kesto oli keskimäärin 39±12 minuuttia (vaihteluväli 24–60 minuuttia).

Taulukko 6

Tutkimuksessa lennettyjen lentojen määrä, pituus, tilastolliset tunnusluvut, prosenttiosuus kaikista lennoista ja niiden kuormittavuuden arviointi

Lennon kuormittavuus	Len-tojen määrä	Lentojen pituus <i>Ka</i> (<i>kh</i>)	Vaihteluväli	Lentojen pituus yhteensä	Prosenttiosuus kaikista lennetyistä lennoista ^a
Fyysisesti kuormittavat lennot	22	1:47 (0:50)	0:43–3:55	39:21	46,46 %
Fyysisesti ei-kuormittavat lennot	31	1:08 (0:31)	0:33–3:12	34:09	53,54 %

Huom. a = Lentojen kokonaistuntimäärä 73h30min.

6.5. Tilastollinen analyysi

Ennen tilastollisia analyyskejä kaikista mittaustuloksista poistettiin ainoastaan ne muuttujat, jotka olivat fysiologisten rajojen tai mittausten luotettavuuden ulkopuolella. Fysiologisten rajojen ulkopuolella katsottiin olevan kaikki sykevälivaihtelumittauksen tulokset, joissa minimisyke oli alle 20 iskua minuutissa. Mittausten luotettavuuden ulkopuolella olevat tulokset koskivat kaikki kortisolinäytteiden tuloksia, jotka olivat alle 1 nmol/l. Koehenkilöiden itse ilmoittamissa tuloksista (esitetolomake ja päiväkirja) ja fyysisen suorituskyvyn tuloksista ei poistettu yhtään havaintoa.

Tutkimuksen aineiston tilastolliseen analysointiin ja visualisointiin käytettiin IBM SPSS Advanced Statistics -ohjelmiston versiota 28 (International Business Machines Corporation, New York, Yhdysvallat), R-ohjelmiston versiota 4.2.2 (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Itävalta) ja ggplot2-ohjelmiston versiota 3.4.2 (ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis, New York, Yhdysvallat). Tilastollisessa analysoinnissa kaikkien mittaustulosten otantojen normalisuuskajakauma testattiin Shapiro-Wilkin (S-W) -normaalisuustestillä, koska havaintojen määrä oli kaikissa otannoissa alle 50 (Razali, 2011). Normaalisuustestin tuloksena oli, että subjektiivisista muuttujista TU ja LENTORPE eivät olisi normaalisesti jakautuneet. Näistä muuttujat ovat kuitenkin koehenkilöiden itse kirjaamia tuloksia, joten niiden virhettä voidaan pitää suhteellisen pienenä ja pienestä otannasta johtuen normalisuuskajakauma saattaa häiriintyä hyvin herkästi. Samasta syystä näiden arvojen osalta ulkopuolisia tekijöitä ei poisteta. Objektiviin mittauksiin perustuvista muuttujista tuloksena oli, että muuttujat WALKPNN50, WALKHF, FLIGHTSNS, FLIGHTMEANHR, POSTSNS ja LFHFRATIO, POSTPUROIK, POSTPURVAS ja POSTCMJ eivät olisi normaalisesti jakautuneita. Näiden muuttujien osalta normalisuus tarkastettiin vielä graafisten kuvaajien avulla, joiden perusteella ne todettiin normaalisesti jakautuneiksi. Kaikkien normalisuustestien tulokset ja tarvittavat graafiset kuvaajat löytyvät tämän tutkimuksen Liitteestä 4

Varsinainen hypoteesien testaaminen toteutettiin toistomittausten varianssianalyysillä (Repeated Measures) ja Paired Samples *t*-testillä. Varianssianalyysissä parivertailussa käytettiin Bonferroni-korjausta. Varianssianalyysin ja *t*-testien tulokset on esitelty luvussa 8. Kaikissa tilastollisissa testeissä tilastollisen merkitsevyyden rajana oli 0,05, ellei muuta ole mainittu. Kuvioissa tilastollinen merkitsevyys osoitetaan seuraavasti: * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$ ja *** = $p < 0,001$.

7. TULOKSET

7.1. Muutokset sykkeessä ja sykevälivaihtelussa

Taulukossa 7 on esitelty sykevälivaihtelumittausten eri muuttujien tilastolliset tunnusluvut. Kaikkien muuttujien otoskoko oli 10.

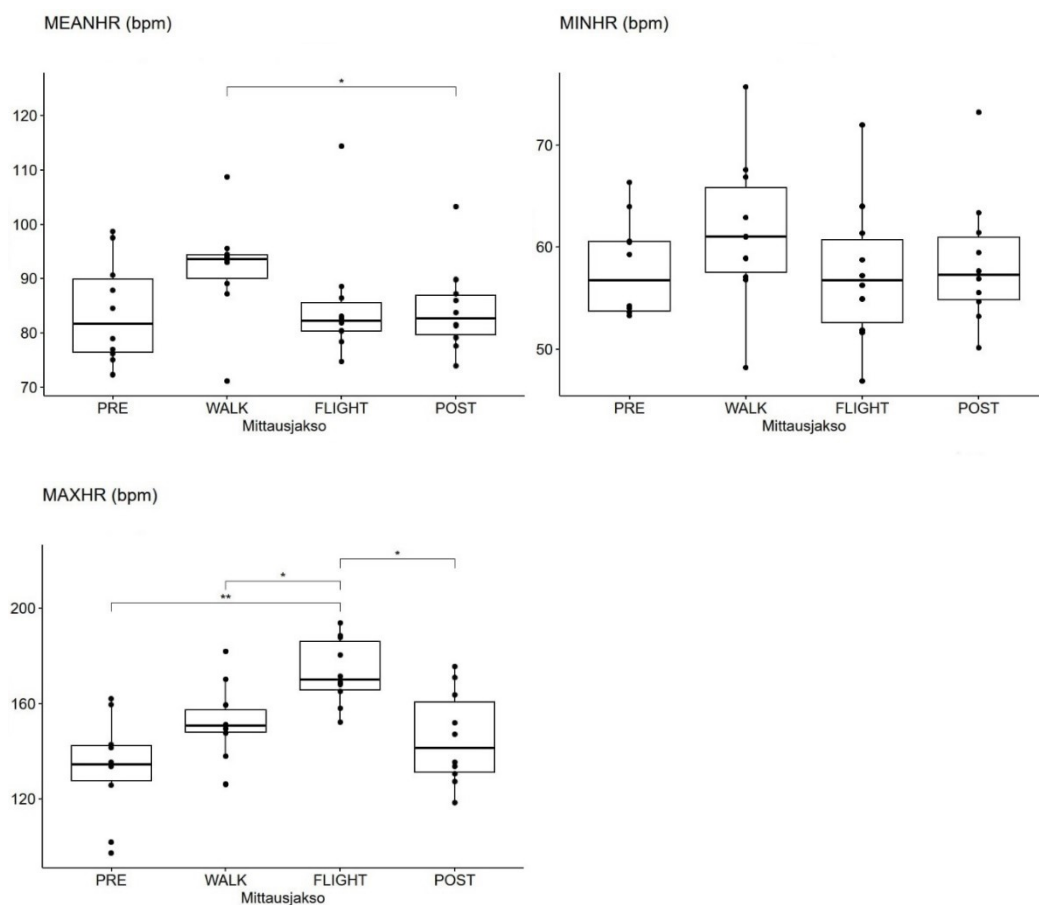
Taulukko 7

Sykevälivaihtelumittausten keksiärvot ja keskihajonnat eri mittausjaksoilla

	PRE <i>Ka (kh)</i>	WALK <i>Ka (kh)</i>	FLIGHT <i>Ka (kh)</i>	POST <i>Ka (kh)</i>
PNS-indeksi	-0,79 (0,62)	-1,27 (0,80)	-0,76 (0,87)	-0,68 (0,78)
SNS-indeksi	0,77 (0,77)	1,52 (1,02)	0,84 (1,16)	0,81 (0,80)
SDNN (ms)	54 (11)	47 (14)	55 (17)	58 (15)
Mean HR (bpm)	84 (9)	92 (9)	85 (11)	84 (8)
Min HR (bpm)	58 (5)	62 (7)	57 (7)	59 (6)
Max HR (bpm)	133 (21)	153 (16)	173 (14)	145 (20)
RMSSD (ms)	46 (13)	39 (17)	48 (18)	51 (17)
PNN50 (%)	12 (9)	8 (7)	12 (7)	13 (9)
LF (ms ²)	2 069 (985)	1 465 (731)	1 724 (959)	1 999 (877)
HF (ms ²)	699 (433)	538 (584)	750 (507)	814 (508)
TP (ms ²)	2 999 (1 383)	2 207 (1 337)	2 739 (1 482)	3 085 (1406)

Huom. PRE = Puolen tunnin mittausjakso ennen lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden alkamista; WALK = Mittausjakso lennon välittömien toimenpiteiden alkamisesta lennon alkamiseen; FLIGHT = Lennon aikainen mittausjakso; POST = Puolen tunnin mittausjakso lennon jälkeen; PNS-indeksi = Parasympaattisen hermoston aktiivisuus suhteessa normaaliarvoihin; SNS-indeksi = Sympaattisen hermoston aktiivisuus suhteessa normaaliarvoihin; SDNN = normaalien sydämen lyöntien välinen keskihajonta; Mean HR = Keskisyke; Min HR = Minimisyke; Max HR = Maksimisyke; RMSSD = RR-intervalleista laskettu matemaattinen arvo, jolla lasketaan jokaisen RR-intervallin välinen aika; PNN50 = Prosentuaalinen määrä niistä vierekkäisistä NN-intervalleista, joiden ero on yli 50 ms; LF = Matala taajuusalue; HF = Korkea taajuusalue; TP = Kokonaisteho.

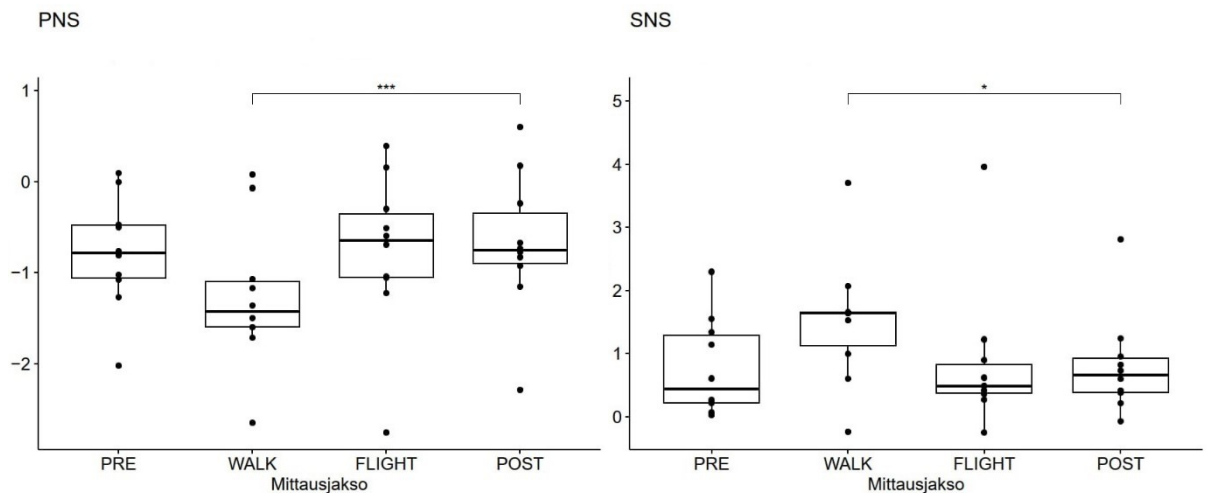
Toistomittausten varianssianalyysin mukaan keskisyke (MEANHR) oli merkitsevästi korkeampi mittausjaksolla WALK kuin POST (92 ± 9 bpm vs. 84 ± 8 bpm, $p < 0,05$). Minimisykkeessä (MINHR) ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia, mutta maksimisyke (MAXHR) oli merkitsevästi korkeampi mittausjaksolla FLIGHT kuin PRE (173 ± 14 bpm vs. 133 ± 21 bpm, $p < 0,01$) ja WALK (173 ± 14 bpm vs. 153 ± 16 bpm, $p < 0,05$). Maksimisyke (MAXHR) oli myös merkitsevästi ($p < 0,05$) matalampi mittausjaksolla POST kuin mittausjaksolla FLIGHT (145 ± 20 bpm vs. 173 ± 14 bpm, $p < 0,05$). Kuvassa 10 on esitelty edellä mainittujen muuttujien tulokset.



Kuva 10. Vasemmalla ylhäällä keskimääräisen sykkeen (MEANHR) tulokset. Oikealla ylhäällä minimisykkeen (MINHR) tulokset. Alhaalla maksimisykkeen (MAXHR) tulokset.

Huom. PRE = Puolen tunnin mittausjakso ennen lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden alkamista; WALK = Mittausjakso lennon välittömien toimenpiteiden alkamisesta lennon alkamiseen; FLIGHT = Lennon aikainen mittausjakso; POST = Puolen tunnin mittausjakso lennon jälkeen; Kuvaajassa laatikko kuvaa havaintojen kvartaaliväliä, laatikon sisällä oleva vaakaviiva havaintojen mediaania, pisteet yksittäisiä havaintoja ja laatikon ulkopuoliset pystysuuntaiset viivat ulottuvat havaintojen minimi ja maksimiarvoihin. Pystysuuntaisten viivojen ulkopuoliset arvot ovat ulkopuolisia havaintoja. Laatikkokuvaajien väliset viivat kuvaavat keskiarvojen välisiä tilastollisia merkitsevyyksiä, joissa * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ ja *** = $p \leq 0,001$.

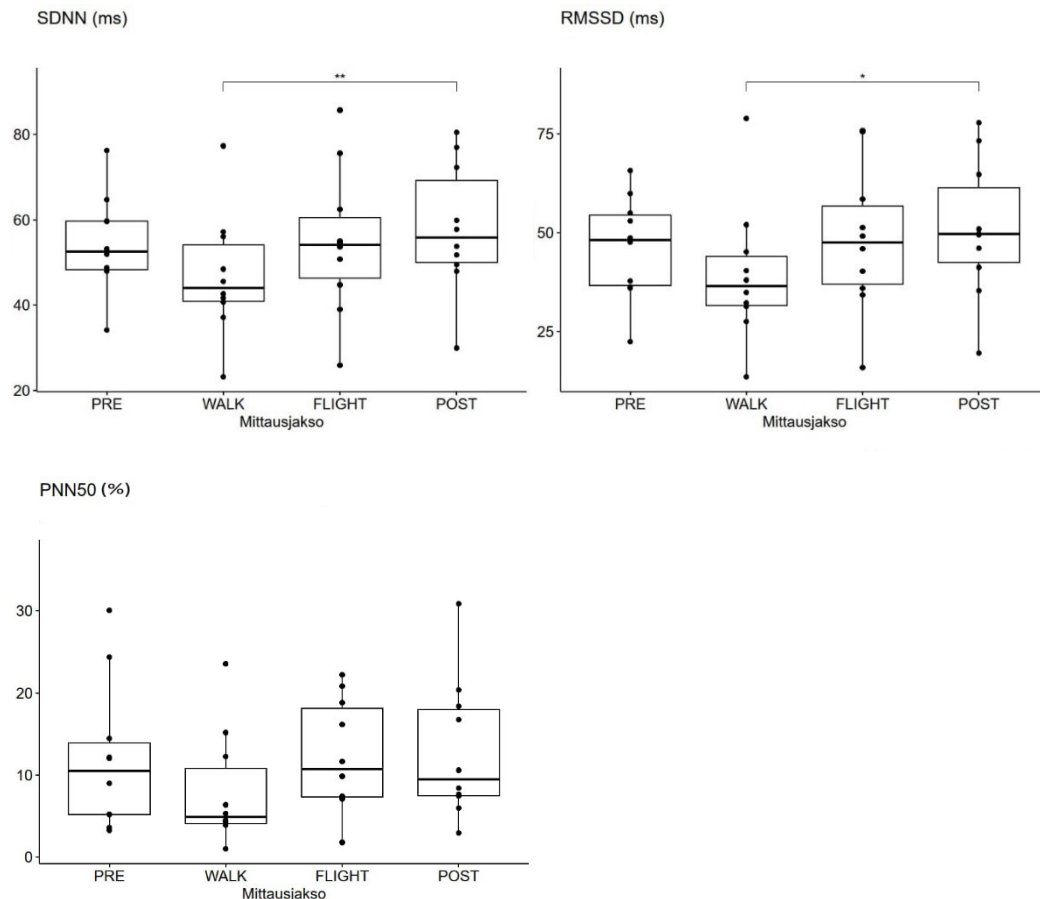
Varianssianalyysin mukaan PNS-indeksi (PNS) oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi mittausjaksolla WALK kuin mittausjaksolla POST ($-1,3 \pm 0,8$ vs. $-0,7 \pm 0,8$, $p < 0,001$). SNS-indeksi (SNS) taas oli merkitsevästi matalampi mittausjaksolla WALK kuin mittausjaksolla POST ($1,5 \pm 1$ vs. $0,8 \pm 0,8$, $p < 0,05$). Kuvassa 11 on esitelty PNS- ja SNS-indeksien varianssianalyysin tulokset.



Kuva 11. Vasemmalla PNS-indeksin (PNS) tulokset. Oikealla SNS-indeksin (SNS) tulokset.

Huom. PRE = Puolen tunnin mittausjakso ennen lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden alkamista; WALK = Mittausjakso lennon välittömien toimenpiteiden alkamisesta lennon alkamiseen; FLIGHT = Lennon aikainen mittausjakso; POST = Puolen tunnin mittausjakso lennon jälkeen; Kuvaajassa laatikko kuvaa havaintojen kvartaaliväliä, laatikon sisällä oleva vaakaviiva havaintojen mediaania, pisteet yksittäisiä havaintoja ja laatikon ulkopuoliset pystysuuntaiset viivat ulottuvat havaintojen minimi ja maksimiarvoihin. Pystysuuntaisten viivojen ulkopuoliset arvot ovat ulkopuolisia havaintoja. Laatikkokuvaajien väliset viivat kuvaavat keskiarvojen välisiä tilastollisia merkitsevyyksiä, joissa * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ ja *** = $p \leq 0,001$.

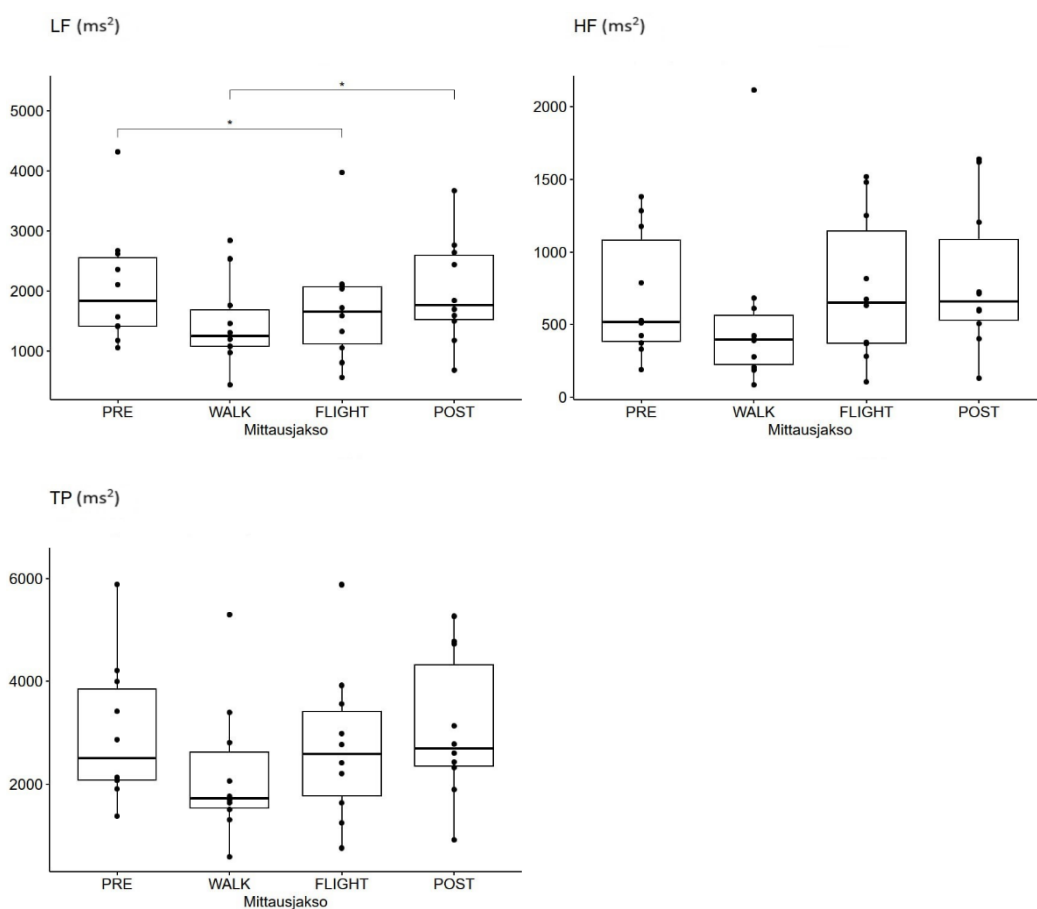
Aikakenttäanalyysiin perustuvien mittareiden tulosten varianssianalyysin (Kuva 12) mukaan SDNN-arvo oli merkitsevästi korkeampi mittausjaksolla WALK kuin mittausjaksolla POST (47 ± 14 ms vs. 58 ± 15 ms, $p < 0,01$). RMSSD-arvo oli merkitsevästi korkeampi mittausjaksolla POST kuin mittausjaksolla WALK (51 ± 17 ms vs. 39 ± 17 ms, $p < 0,05$). PNN50-arvossa ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia.



Kuva 12. Vasemmalla ylhäällä SDNN-aikakenttäanalyysin tulokset millisekunneina (ms). Oikealla ylhäällä RMSSD-aikakenttäanalyysin tulokset millisekunneina (ms). Alhaalla PNN50-aikakenttäanalyysin tulokset millisekunneina (ms).

Huom. PRE = Puolen tunnin mittausjakso ennen lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden alkamista; WALK = Mittausjakso lennon välittömien toimenpiteiden alkamisesta lennon alkamiseen; FLIGHT = Lennon aikainen mittausjakso; POST = Puolen tunnin mittausjakso lennon jälkeen; Kuvaajassa laatikko kuvaa havaintojen kvartaaliväliä, laatikon sisällä oleva vaakaviiva havaintojen mediaania, pisteet yksittäisiä havaintoja ja laatikon ulkopuoliset pystysuuntaiset viivat ulottuvat havaintojen minimi ja maksimiarvoihin. Pystysuuntaisten viivojen ulkopuoliset arvot ovat ulkopuolisia havaintoja. Laatikkokuvaajien väliset viivat kuvaavat keskiarvojen välisiä tilastollisia merkitsevyyksiä, joissa * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ ja *** = $p \leq 0,001$.

Taajuuskenttäänalyysiin perustuvien mittareiden tulosten varianssianalyysien (Kuva 13) mukaan matalan taajuusalueen teho (LF) oli merkitsevästi korkeampi mittausjaksolla PRE kuin mittausjaksolla FLIGHT ($2069 \pm 985 \text{ ms}^2$ vs. $1724 \pm 959 \text{ ms}^2$, $p < 0,05$). LF oli myös merkitsevästi korkeampi mittausjaksolla POST kuin WALK ($1999 \pm 877 \text{ ms}^2$ vs. $1465 \pm 731 \text{ ms}^2$, $p < 0,05$). Korkean taajuusalueen tehossa (HF) tai kokonaistehossa (TP) ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia.



Kuva 13. Vasemmalla ylhäällä matalan taajuusalueen (LF) teho (ms^2). Oikealla ylhäällä korkean taajuusalueen (HF) teho (ms^2). Alhaalla kokonaisteho (TP) (ms^2).

Huom. PRE = Puolen tunnin mittausjakso ennen lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden alkamista; WALK = Mittausjakso lennon välittömien toimenpiteiden alkamisesta lennon alkamiseen; FLIGHT = Lennon aikainen mittausjakso; POST = Puolen tunnin mittausjakso lennon jälkeen; Kuvaajassa laatikko kuvaa havaintojen kvartaaliväliä, laatikon sisällä oleva vaakaviiva havaintojen mediaania, pisteet yksittäisiä havaintoja ja laatikon ulkopuoliset pystysuuntaiset viivat ulottuvat havaintojen minimi ja maksimiarvoihin. Pystysuuntaisten viivojen ulkopuoliset arvot ovat ulkopuolisia havaintoja. Laatikkokuvaajien väliset viivat kuvaavat keskiarvojen välisiä tilastollisia merkitsevyyksiä, joissa * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ ja *** = $p \leq 0,001$.

7.2. Muutokset elimistön hormoni- ja entsyymikonsentraatioissa

Kortisolin (COR), dehydroepiandrosteronin (DHEA) ja dehydroepiandrosteronisulfaatin (DHEA-S) konsentraatiot olivat korkeimmat ennen lentoa otetuissa näytteissä (COR $8,35 \pm 3,79$ nmol/l, DHEA $149,82 \pm 79,37$ pg/ml ja DHEA-S $5,66 \pm 3,51$ ng/ml), kun taas alfa-amylaasin (AMYL) konsentraatio oli korkein välittömästi lennon jälkeen otetuissa näytteissä (AMYL $150,23 \pm 99,94$ U/ml). Kortisolin ja alfa-amylaasin konsentraatiot olivat matalimmat 30–60 minuuttia lennon jälkeen otetuissa näytteissä (COR $5,12 \pm 3,03$ nmol/l ja AMYL $87,62 \pm 69,18$ U/ml). DHEA:n ja DHEA-S:n konsentraatiot taas olivat matalimmat välittömästi lennon jälkeen otetuissa näytteissä (DHEA $121,32 \pm 54,26$ pg/ml ja DHEA-S $4,34 \pm 1,10$ ng/ml). Sylkinäytteiden tulosten tilastolliset tunnusluvut on esitelty Taulukossa 8.

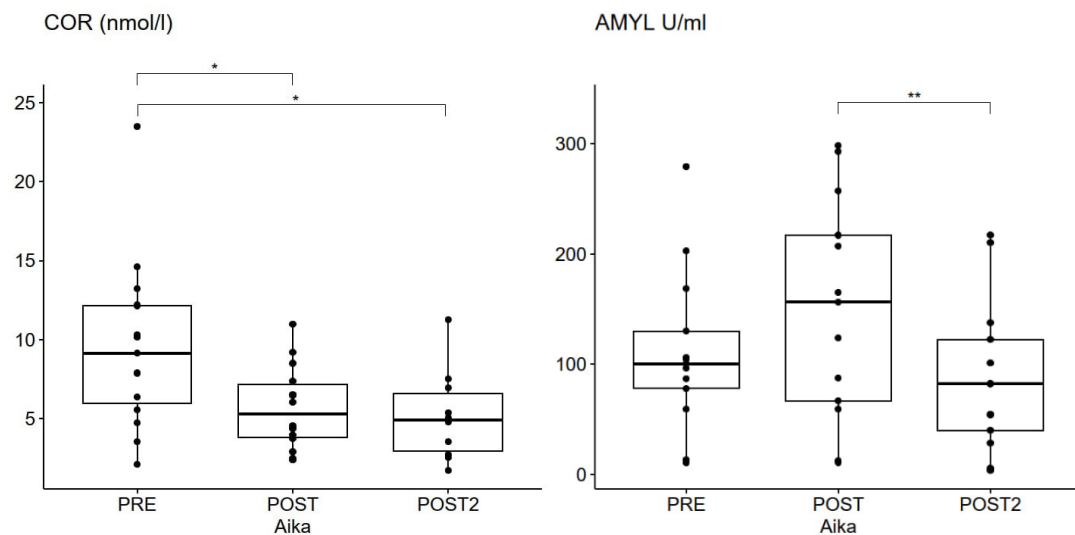
Taulukko 8

Kaikkien sylkinäytteiden tulosten keskiarvot ja keskihajonnat

	PRE <i>Ka (kh)</i>	POST <i>Ka (kh)</i>	POST2 <i>Ka (kh)</i>
COR (nmol/l)	8,35 (3,79)	5,57 (1,90)	5,12 (3,03)
AMYL (U/ml)	110,45 (73,42)	150,23 (99,94)	87,62 (69,18)
DHEA (pg/ml)	149,82 (79,37)	121,32 (54,26)	126,44 (54,28)
DHEA-S (ng/ml)	5,66 (3,51)	4,34 (1,10)	4,65 (1,43)

Huom. COR = Kortisoli; AMYL = Alfa-Amylaasi; DHEA = Dehydroepiandrosteroni; DHEA-S = Dehydroepiandrosteronisulfaatti; PRE = Näyte, joka on otettu lentoon liittyvien välittömien toimenpiteiden alkaessa; POST = Välittömästi lennon jälkeen otettu näyte; POST2 = 30–60 minuuttia lennon jälkeen otettu näyte.

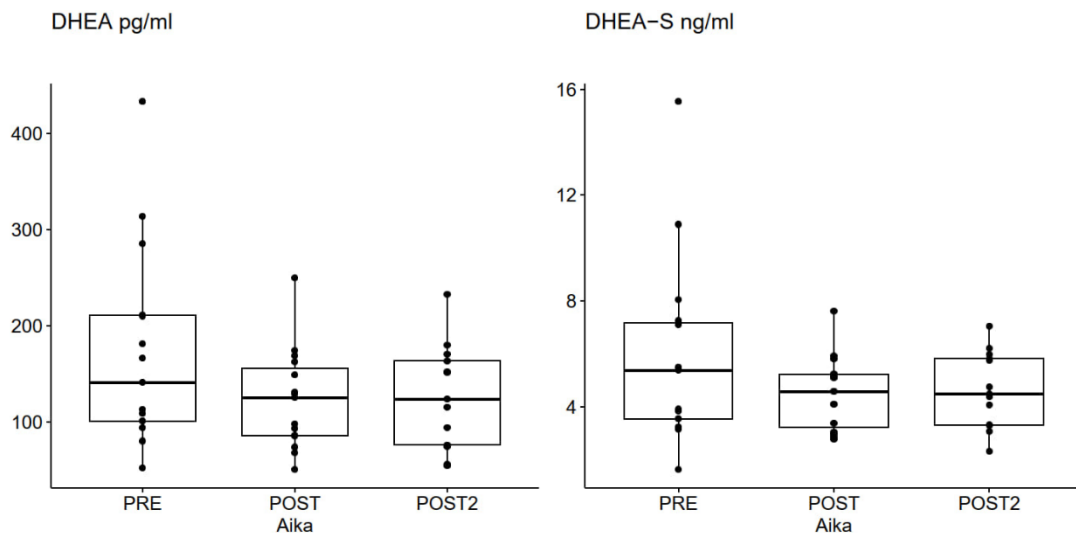
Toistomittausten varianssianalyysissä eri sylkinäytteiden otoskoko oli kortisolin osalta 9 ja muiden sylkinäytteiden osalta 13. Varianssianalyysin perusteella COR konsentraatio muuttui tilastollisesti merkitsevästi lennon aikana ja AMYL konsentraatio muuttui tilastollisesti merkitsevästi lennon jälkeisissä mittauksissa. COR oli merkitsevästi matalampi aikapisteissä POST ja POST2 kuin aikapisteessä PRE ($5,57 \pm 3,79$ nmol/l & $5,12 \pm 3,03$ nmol/l vs. $8,35 \pm 3,79$ nmol/l, $p < 0,05$). AMYL oli taas merkitsevästi matalampi aikapisteessä POST2 kuin POST ($87,62 \pm 69,18$ U/ml vs. $150,23 \pm 99,94$ U/ml, $p < 0,01$). Kuvassa 14 on esitelty muuttujien COR ja AMYL havainnot.



Kuva 14. Vasemmalla kortisolin (COR) konsentraatiot eri mittausaikoina. Oikealla alfa-amylaasin (AMYL) konsentraatiot eri aikapisteissä.

Huom. PRE = Näyte, joka on otettu lentoon liittyvien välittömien toimenpiteiden alkaessa; POST = Välittömästi lennon jälkeen otettu näyte; POST = 30–60 minuuttia lennon jälkeen otettu näyte; Kuvaajassa laatikko kuvaa havaintojen kvartaaliväliä, laatikon sisällä oleva vaakaviiva havaintojen mediaania, pisteet yksittäisiä havaintoja ja laatikon ulkopuoliset pystysuuntaiset viivat ulottuvat havaintojen minimi ja maksimiarvoihin. Pystysuuntaisten viivojen ulkopuoliset arvot ovat ulkopuolisia havaintoja. Laatikkokuvaajien väliset viivat kuvaavat keskiarvojen välisiä tilastollisia merkitsevyyksiä, joissa * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$ ja *** = $p \leq 0,001$.

DHEA ja DHEA-S olivat matalimmillaan aikapisteessä POST ja korkeimmillaan aikapisteessä PRE, mutta aikapisteiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. DHEA ja DHEA-S laatikkokuvaajat sekä havainnot eri aikapisteissä on esitelty Kuvassa 15.



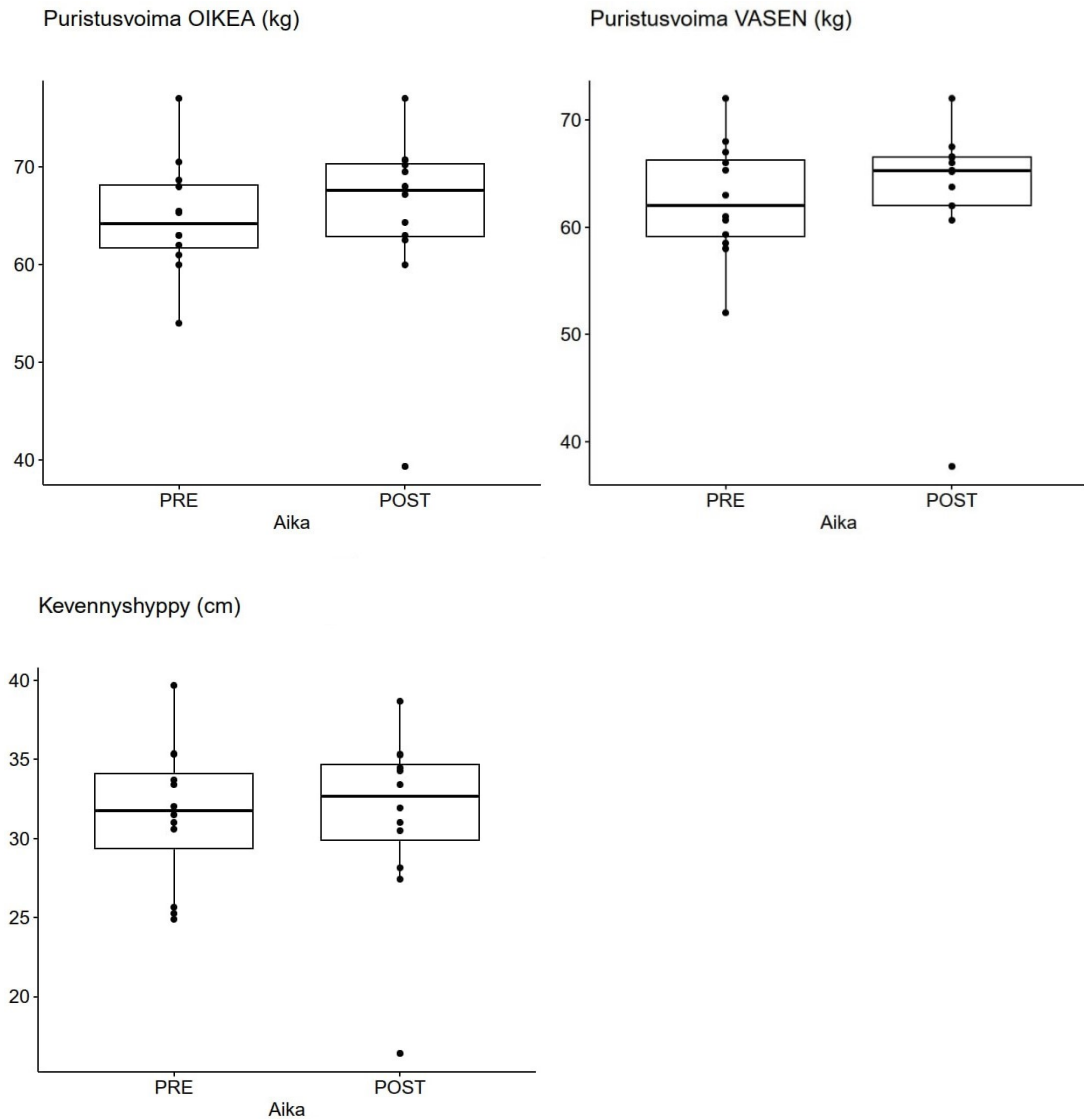
Kuva 15. Vasemmalla dehydroepiandrosteronin (DHEA) konsentraatiot eri mittausaikoina. Oikealla dehydroepiandrosteronisulfaatin (DHEA-S).

Huom. PRE = Näyte, joka on otettu lentoon liittyvien välittömien toimenpiteiden alkaessa; POST = Välittömästi lennon jälkeen otettu näyte; POST2 = 30–60 minuuttia lennon jälkeen otettu näyte; Kuvaajassa laatikko kuvaa havaintojen kvartaaliväliä, laatikon sisällä oleva vaakaviiva havaintojen mediaania, pisteet yksittäisiä havaintoja ja laatikon ulkopuoliset pystysuuntaiset viivat ulottuvat havaintojen minimi ja maksimiarvoihin. Pystysuuntaisten viivojen ulkopuoliset arvot ovat ulkopuolisia havaintoja.

7.3. Muutokset isometrisessä ja dynaamisessa voimantuotossa

Puristusvoima- ja kevennyshyppytestit teetettiin 12 koehenkilölle. Yhteensä testejä tehtiin ennen lentoja (PRE) sekä lentojen jälkeen (POST) 26 lennon osalta, näissä tapauksissa testit tehtiin aina ennen ja jälkeen samaa lentoa. Näiden testien lisäksi kahdeksan koehenkilöä tekivät samat fyysiset testit päivän toisen tai kolmannen lennon jälkeen (POST2). Näiden tulosten mukaan ottaminen vertailuun tarkoittaisi vertailukelpoisten tulosten jäävän hyvin pieneksi ($n < 5$) ja tästä syystä niitä ei oteta mukaan vertailuun.

Fyysisten testien osalta kaikki tulokset olivat keskiarvillisesti hieman parempia lennon jälkeen kuin ennen lentoa, mutta erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä (Kuva 16).



Kuva 16. Fyysisten testien laatikkokuvaajat ja havainnot ennen lentoa ja lennon jälkeen.

Huom. PRE = Ennen lentoa suoritettu testi; POST = Lennon jälkeen suoritettu testi. Kuvaajassa laatikko kuvaa havaintojen kvartaaliväliä, laatikon sisällä oleva vaakaviiva havaintojen mediaania, pisteet yksittäisiä havaintoja ja laatikon ulkopuoliset pystysuuntaiset viivat ulottuvat havaintojen minimi ja maksimiarvoihin. Pystysuuntaisten viivojen ulkopuoliset arvot ovat ulkopuolisia havaintoja.

7.4. Kuormamestareiden subjektiivinen kokemus kuormituksesta

Keskimäärin kuormamestarit ilmoittivat unen määräkseen ennen lentopäivää 7 tuntia. NASA-TLX -kyselyn eri osa-alueista henkinen, fyysinen ja ajallinen vaatimustaso olivat arvioitu kuormittavimmiksi. Lennot kuormamestarit arvioivat asteikolla 1–10 keskimääräisesti arvolla 6, eli kuormittavuudeltaan normaaleiksi. Päiväkirjan tuloksien tilastolliset tunnusluvut on esitelty Taulukossa 9.

Taulukko 9

Subjektiivisten tulosten keskiarvot, keskihajonnat ja vaihteluvälit

	Ka (kh)	Vaihteluväli
Unen määrä (h:min)	6:53 (1:00)	5:00–8:08
Henkinen Vaatimustaso (HV)	11 (4)	5–16
Fyysinen Vaatimustaso (FV)	11 (4)	4–17
Ajallinen Vaatimustasto (AV)	12 (4)	2–18
Suoritus (SUOR)	5 (2)	3–8
Ponnistelu (PO)	10 (4)	3–15
Turhautuminen (TU)	7 (3)	2–14
TOTALTLX	52 (17)	26–78
LENTORPE	6 (1)	5–8

Huom. TOTALTLX = Kaikkien NASA-TLX -kyselyn osa-alueiden pisteiden summa; LENTORPE = Kuormamestarin subjektiivinen kokemus lennon rasittavuudesta asteikolla 1–10.

8. POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten suuri psyykkinen ja fyysinen kuormitus NH90-kuormamestariin kohdistuu helikopterilennon aikana. Tämän lisäksi tutkimusasetelma mahdollisti myös ennen lentoa ja lennon jälkeen tapahtuvien työtehtävien kuormittavuuden arvioinnin. Tutkimuksen päähypoteesina oli, että kuormamestariin kohdistuu lennon aikana voimakkaampi psyykkinen ja fyysinen kuormitus kuin ennen lentoa tai lennon jälkeen. Tutkimuksessa kuormituksen määrittämiseen käytettiin objektiivisina mittausmenetelminä syke- ja sykevälivaihtelumittausta (verenkiertoelimistön ja autonomisen hermoston toiminta), sylkinäytteitä (umpieritysjärjestelmän toiminta) ja fyysisen suorituskyvyn mittauksina (luurankolihasiston suorituskyky ja väsyminen). Objektiivisten mittausten lisäksi tutkimuksessa koehenkilöiltä kerättiin tietoa heidän subjektiivisesta kokemuksesta helikopterilennon kuormittavuudesta.

Tutkimuksen tuloksien perusteella helikopterilennon aiheuttama kuormitus vaikuttaa kuormamestareiden umpieritysjärjestelmän, autonomisen hermoston ja verenkiertoelimistön toimintaan. Tutkimuksen tärkeimpänä havaintona oli, että kuormamestareihin kohdistuu helikopterilennon aikana hetkellinen voimakas kuormitus, joka voidaan havaita etenkin kuormamestareiden lennon aikaisesta maksimisykkeestä.

Lennon aikainen keskimääräinen maksimisyke oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi lennon aikana kuin muina tutkimuksen aikana toteutettuina mittausjaksoina. Korkea maksimisyke viittasi hetkelliseen raskaaseen fyysiseen kuormitukseen, joka voisi olla seurausta voimakkaasta tahdonalaisesta lihastyöstä. Samalla korkea maksimisyke viittaisi myös sympaattisen hermoston aktivoitumiseen lennon aikana, mutta sykevälivaihtelumittausten perusteella sympaattisen hermoston aktiivisuus ei kuitenkaan ollut lennon aikana voimakasta. Alfa-amylaasin konsentraatioiden perusteella lennolla olisi kuitenkin kuormamestarin sympaattista hermostoa aktivoiva vaikutus. Lennon aikaisen sympaattisen hermoston aktiivisuuden puolesta puhuisi myös se, että siinä missä sykevälivaihtelu pitää mitata halutun mittausjakson aikana, niin alfa-amylaasin konsentraatio alkaa laskemaan kuormituksen päätyttyä ja kuormituksen jälkeen havaittu konsentraatio voi olla jo matalampi kuin sen huippuarvo olisi ollut aikaisemmin. Alfa-amylaasin konsentraatiot olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeampia lennon jälkeen kuin 30–60 minuuttia lennon jälkeen.

Objektiivisista mittauksista ainoastaan isometrisessä ja dynaamisessa voimantuotossa ei havaittu helikopterilennon seurauksena tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Isometrisen ja dynaamisen voimantuoton testien tulokset olivat kuitenkin hieman korkeampia lennon jälkeen kuin ennen lentoa. Tämä havainto viittaisi siihen, että kuormamestarit ehtivät palautua hyvin helikopterilennon aikaisesta tahdonalaisesta lihastyöstä johtuvasta kuormituksesta.

Lennon aikaisen kuormituksen lisäksi tässä tutkimuksessa saatiin havaintoja myös lentoa edeltävien toimenpiteiden kuormittavuudesta. Tämän mittausjakson kuormittavuus näkyi etenkin sykevälivaihtelumittaukseen perustuvissa muuttujissa, joista kaikki osoittivat sympaattisen hermoston aktiivisuuden olleen tilastollisesti merkitsevästi voimakkaampaa lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden aikana kuin lennon jälkeen mitatulla mittausjaksolla. Tämän lisäksi myös keskimääräinen syke oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden aikana kuin lennon jälkeen mitatulla mittausjaksolla. Sydämen sykkeeseen perustuvien muuttujien lisäksi myös kortisolin konsentraatioiden havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevästi korkeampia ennen lentoa kuin lennon jälkeen tai 30–60 minuuttia lennon jälkeen. Lentoa edeltävän kortisolin tilastollisesti merkitsevästi korkeamman konsentraation ei voida katsoa johtuvan lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden kuormittavuudesta, koska sylkinäytteet on kerätty ennen näitä toimenpiteitä.

8.1. Vaikutukset sykkeeseen ja sykevälivaihteluun

Maksimisyke (Max HR) oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi lennon aikana kuin millään muulla mittausjaksolla ja keskisyke (Mean HR) tilastollisesti merkitsevästi korkeampi lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden (WALK) aikana kuin lennon jälkeisenä aikana (POST). Lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden aikainen keskisyke oli myös korkeampi kuin ennen lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden alkamista tai lennon aikana, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi. Kaikkien sykevälivaihtelumittaukseen perustuvien muuttujien mukaan sympaattisen hermoston aktiivisuus olisi ollut korkeinta mittausjakson WALK aikana. Näissä tapauksissa tilastollisesti merkitseviä eroja havaittiin kuitenkin vain verrattaessa muuttujien PNS-indeksi, SNS-indeksi, SDNN, RMSSD ja LF havaintoja mittausjakson POST tuloksiin. Näiden lisäksi matalan taajuusalueen teho (LF) oli merkitsevästi korkeampi mittausjaksolla PRE kuin mittausjaksolla FLIGHT.

Korkeampi maksimisyke lennon aikana johtuu todennäköisesti hetkellisestä raskaasta fyysisestä kuormituksesta, jolla on ihmisen sykettä nostava vaikutus (Bjälje, 2007, s. 233–235). Keskiyökeessä ei siis havaittu lennon ja lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden välillä tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta yhdessä sykevälivaihtelun tulosten kanssa voidaan tästä kuitenkin päätellä, että lentoon välittömästi liittyviin toimenpiteisiin liittyy huomattavan paljon pientä aktiivisuutta. Tämä aktiivisuus koostuu lentovarusteiden pukemisesta, kävelystä helikopterille, käynnistykseen liittyvien toimenpiteiden suorittamisesta ja mahdollisesti rahdin sekä matkustajien käsittelystä. Tämä aktiivisuus todennäköisesti lisää sympaattisen hermoston aktiivisuutta, jolla on sykevälivaihtelua ja matalan taajuusalueen tehoa madaltava vaikutus (Stephenson ym., 2021). Toisaalta mittausjakson WALK aikainen sympaattisen hermoston aktiivisuus voi johtua myös kognitiivisesta kuormituksesta, jolla on vaikutus sympaattisen hermoston aktiivisuuteen (Stephenson ym., 2021). Kognitiivista kuormitusta ei kuitenkaan voida määrittää, koska eri mittausjaksojen sisältämiä työtehtäviä ei dokumentoitu riittävän tarkasti.

Lennolla kuormamestarilla voi olla taas lentotehtävästä riippuen joskus hyvin vähän eri tehtäviä, joten kuormamestari voi viettää lennosta suuren osan paikallaan ja tapahtumarikkaampienkin lentojen aikana kuormamestari yleensä istuu helikopterin matkustamon istuimella eri toimenpiteiden välissä. Lennon aikana tapahtuva paikallaanolo siis todennäköisesti mahdollistaa parasympaattisen hermoston aktiivisuuden ja näin ollen hieman korkeamman sykevälivaihtelun (Shaffer ym., 2014), vaikkakaan toistomittausten varianssianalyysin perusteella lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden ja lennon välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja sykevälivaihtelun osalta. Lentojen pituus on myös keskimäärin huomattavasti pidempi kuin lentoon välittömästi liittyvien toimenpiteiden keskimääräinen pituus, mikä osaltaan myös tarjoaa kuormamestarille mahdollisuuden viettää pidempiä aikoja paikallaan. Lentojen aikaista korkeampaa sykevälivaihtelua saattaa myös selittää fyysisesti ei-kuormittavien lentojen osuus kaikista lennetyistä lennoista (31/53 lennoista ja 53,54 % tutkimuksessa lennettyjen lentojen tunneista).

Ennen lentoa välittömästi liittyvien toimenpiteiden alkamista saatujen havaintojen ja lennon aikaisten havaintojen välinen tilastollisesti merkitsevä ero matalan taajuusalueen tehossa kuitenkin antaa viitteitä siitä, että lennolla on vaikutusta myös sympaattisen hermoston aktiivisuuteen. Matalan taajuusalueen teho ei ole kuitenkaan yksiselitteinen, koska siihen vaikuttaa sympaattisen hermoston aktiivisuuden lisäksi parasympaattisen hermoston aktiivisuus ja verenpaineen säätelyjärjestelmä (Stephenson ym., 2021; Goldstein, ym. 2012). Muutos matalan taajuusalueen tehossa voi siis olla yhteydessä lennon aikana mitattuun tilastollisesti merkitsevästi korkeampaan maksimisykkeeseen. Havainnot matalan taajuusalueen tehosta olivat tässä tutkimuksessa myös huomattavasti korkeammat kuin Nunanin ym. (2010) määrittämät normaalit arvot. Nunanin ym. (2010) määrittämä vaihteluväli matalan taajuusalueen teholle oli 193–1 009 ms² ja tässä tutkimuksessa keskiarvojen vaihteluväli oli 1 465–2 069 ms². Matalan taajuusalueen tehon luotettavuus autonomisen hermoston tasapainon kuvaajana voidaan tämän perusteella kyseenalaistaa tässä tutkimuksessa. Muuten tässä tutkimuksessa saadut havainnot samoista sykevälivaihtelun muuttujista, joita Nunankin ym. (2010) käyttivät tutkimuksessaan ovat samansuuntaisia.

Lennon jälkeisen mittausjakson sekä lentoa välittömästi liittyvien toimenpiteiden erot johtuvat todennäköisesti lennon jälkeisen mittausjakson pituudesta (30 min). Tavallisesti lennon jälkeen kuormamestarin tekemiin toimenpiteisiin liittyy paljon pientä fyysistä aktiivisuutta, kuten koneen tarkastus, mahdollinen hinaaminen sisälle ja mahdollisen rahdin purkaminen. Tässä tutkimuksessa näitä toimenpiteitä ei olla todennäköisesti ehditty aloittaa mittausjakson aikana tai mittausjakso on katkennut niiden suorittamisen aikana. Tämä johtuu siitä, että lennon jälkeinen mittausjakso alkaa välittömästi laskeutumisesta ja ennen edellä mainittujen toimenpiteiden aloittamista helikopteri rullataan seisomapaikalleen asematasolle, sen moottorit sammutetaan ja sille suoritetaan tankkaus. Rullauksen ja moottoreiden sammuttamisen aikana kuormamestari yleensä istuu matkustamossa istuimellaan paikallaan pientä liikehtimistä lukuun ottamatta ja tankkauksenkin aikana kuormamestari käytännössä seisoo paikallaan valvoen tankkaustapah-tumaa. Istuminen ja paikallaan oleminen voivat siis vaikuttaa siten, että parasympaattisen hermoston aktiivisuus on korkeampi mittausjakson POST aikana (Shaffer ym., 2014).

Sykkeen ja sykevälivaihtelun perusteella kuormamestariin kohdistuva kuormitus on tilastollisesti merkitsevästi korkeimmillaan lentoihin välittömästi liittyvien toimenpiteiden aikana (WALK) ja lennon aikana (FLIGHT). Tämän tutkimuksen perusteella NH90-kuormamestarin syke muuttui tilastollisesti merkitsevästi lennon aikana verrattuna muihin mittausjaksoihin, mutta autonomisen hermoston stressitasapainon ja sykevälivaihtelun muutoksesta ei saatu tämän tutkimuksen perusteella varmuutta.

8.2. Vaikutus hormonien ja entsyymien konsentraatioihin

Tilastollisesti merkitseviä muutoksia kuormamestareiden hormonien ja entsyymien konsentraatioissa havaittiin kortisolin sekä alfa-amylaasin kohdalla. Kortisolin konsentraatio oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi ennen lentoa kuin välittömästi lennon jälkeen tai 30–60 minuuttia lennon jälkeen. Alfa-amylaasi taas oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi 30–60 minuuttia lennon jälkeen (POST2) kuin välittömästi lennon jälkeen (POST). Dehydroepiandrosteronin (DHEA) ja dehydroepiandrosteronisulfaatin (DHEA-S) konsentraatioissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia, mutta niiden konsentraatio oli korkeimmillaan ennen lentoa otetuissa näytteissä.

Alfa-amylaasin konsentraation mukaan lennolla olisi kuormamestareiden sympaattista hermostoa aktivoiva vaikutus, mikä johtaisi kyseisen entsyymien korkeimpaan konsentraatioon sylkinäytteissä välittömästi lennon jälkeen (Chojnowska ym., 2021). Tilastollisesti merkitsevä lasku akuutin stressin jälkeen kuvaa sympaattisen hermoston aktiivisuuden laskemista lennon jälkeen. Lentoa edeltävät matalat arvot todennäköisesti selittyvät sillä, että alfa-amylaasin konsentraatio syljessä on luonnollisesti matalimmillaan aamulla (Chojnowska ym., 2021) ja alfa-amylaasin ennen lentoa otetuista näytteistä yli puolet 23/32 kappaletta oli otettu aamupäivällä (ennen klo 12:sta). Tässä tapauksessa PRE ja POST tai POST2 näytteiden välillä ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja alfa-amylaasin konsentraatiossa. Alfa-amylaasin perusteella lennon aikainen intensiteetti vastaisi fyysiseltä kuormitukseltaan pitkäkestoisen harjoittelun aiheuttamaa kuormitusta (Li & Gleeson, 2004).

Kortisolin konsentraation perusteella lentoa edeltävä kuormitus olisi kuitenkin merkittävämpi kuin lennon aiheuttama tai lennon jälkeisen 30–60 minuutin aiheuttama kuormitus. Ennen lentoa kerättyjen näytteiden korkeita kortisolipitoisuuksia saattaa selittää kuitenkin se, että yli puolet 23/31 kappaletta ennen lentoa otetuista näytteistä oli otettu aamupäivällä, jolloin myös ihmisen kortisolitasot ovat luonnollisesti korkeimmillaan (Chojnowska ym., 2021). Tämän lisäksi esimerkiksi Soo-Quee Kohin & Choon-Huat Kohin (2007) mukaan kortisoli kuvaisi enemmän pitkäkestoisten kuormituksen aiheuttamaa reaktiota ihmisessä. Todennäköisesti Soo-Quee Kohin & Choon-Huat Kohin (2007) esittämässä yleistyksessä on kyse pitkäkestoisen psyykkisen kuormituksen aiheuttamasta kuormituksesta, koska esimerkiksi Häkkisen & Pakarisen (1993), Bermejon ym. (2021) ja Labsyn ym. (2012) mukaan myös akuutilla fyysisellä kuormituksella on kortisolin konsentraatioita nostava vaikutus.

DHEA:n ja DHEA-S:n konsentraatiot olivat myös korkeimmillaan ennen lentoa toteutetuissa mittauksissa, mutta niiden ja muiden mittausaikojen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. DHEA:n ja DHEA-S:n korkeat konsentraatiot ennen lentoa kuitenkin saattavat johtua myös siitä, että niidenkin konsentraatioiden on havaittu olevan aamulla luonnollisesti korkeampia ja näidenkin hormonien näytteet oli pääsääntöisesti otettu aamupäivällä (23/32) (Zhao ym., 2003; Hucklebridge ym. 2005; Ghiciuc ym. 2011). Toisaalta DHEA:n ja DHEA-S:n konsentraatioiden on havaittu olevan aamun ensimmäisen tunnin aikaisen laskun jälkeen melko muuttumaton päivän aikana (Hucklebridge ym., 2005; Ghiciuc ym., 2011). Näillä hormoneilla on kuitenkin tärkeä rooli muiden stressihormoneiden, etenkin kortisolin, vaikutusten säännöstyssä (Dutheil ym., 2021). Tästä syystä korkea konsentraatio voi olla yhteydessä myös korkeaan kortisolin konsentraatioon. Tätä edelleen vahvistaa se, että DHEA:n ja DHEA-S:n konsentraatiot eivät olleet tilastollisesti merkitsevästi korkeampia ennen lentoa otetuissa näytteissä.

Tämän tutkimuksen havaintojen perusteella kuormamestareiden kuormitusta kuvaavien biomarkkereiden konsentraatiot muuttuivat tilastollisesti merkitsevästi, kun verrataan lennon jälkeen otettuja näytteitä lentoa edeltäviin näytteisiin ja 30–60 minuuttia lennon jälkeen otettuihin näytteisiin. Kortisolin konsentraatioiden perusteella kuormitus oli voimakkainta ennen lentoa, jolloin sen konsentraatiot olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeampia kuin lennon jälkeen tai 30–60 minuuttia lennon jälkeen. Kortisolin korkean konsentraation ei voida kuitenkaan katsoa varmasti johtuvan akuutista kuormituksesta ja tästä syystä lentoa edeltävä kuormitus ei välttämättä ole niin korkea kuin havainnot antavat ymmärtää. Tätä väitettä vahvistaa kortisolin luonnollinen korkea konsentraatio aamuisin (Kobayashi & Miyazakin, 2015; Power ym., 2006). Alfa-amylaasin konsentraatiot taas osoittavat, että lennolla on akuuttia stressiä aiheuttava (SAM-akselia aktivoiva) vaikutus, joka on tilastollisesti merkitsevästi korkeampaa kuin lennon jälkeisen 30–60 minuutin aiheuttama kuormitus. Alfa-amylaasin osalta myös mittausaikojen erojen tilastollinen merkitsevyys oli korkeampi ($p < 0,01$) kuin kortisolin osalta ($p < 0,05$).

8.3. Vaikutus isometriseen ja dynaamiseen voimantuottoon

Tutkimuksen kolmannen apukysymyksen hypoteesina oli, että kuormamestariin kohdistuu niin suuri fyysinen kuormitus lennon aikana, että se on havaittavissa käytetyillä mittausmenetelmillä. Tämän tutkimuksen havaintojen perusteella lennolla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kuormamestareiden isometriseen tai dynaamiseen voimantuottoon. Fyysisten testien tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta sekä puristusvoimatestissä että kevennyshyppytestissä tulokset ovat hieman korkeampia lennon jälkeen kuin ennen lentoa. Korkeammat tulokset lennon jälkeen saattaa johtua kevyestä aktiivisuudesta lennon aikana, joka toimii ikään kuin lämmittelynä lennon jälkeistä testiä varten. Samalla täytyy ottaa huomioon se mahdollisuus, että parempi tulos saattaa johtua myös koehenkilöiden totumisesta tai oppimisesta testin tekemiseen mikä on nähtävissä myös päivän toisen lennon jälkeisissä tuloksissa.

8.4. Kuormamestareiden subjektiivinen kokemus kuormituksesta

Tutkimuksen neljännen apukysymyksen hypoteesina oli, että kuormamestarin lennon aikana kokema subjektiivinen kuormitus on annetulla asteikolla enemmän kuin 1. Tutkimuksen perusteella kuormamestareiden subjektiivisen kokemuksen mukaan (LENTORPE) lennot olivat heistä normaalisti kuormittavia asteikolla 1–10. NASA-TLX -kyselyn mukaan kuormamestarit kokivat lentopäivän kuormittavimmaksi henkisen (HV), fyysisen (FV) ja ajallisen vaatimustason (AV) osalta, mutta niidenkin keskiarvot olivat asteikolla 0–21 suhteellisen matalia (HV = 11 ± 4 , FV = 11 ± 4 ja AV = 12 ± 4).

NASA-TLX -kyselyn tulosten perusteella kuormamestarit kokivat lentopäivät suhteellisen kevyiksi ja esimerkiksi kaikkien kyselyn osa-alueiden keskiarvojen summa (TOTALTLX) on vain 52, kun korkein mahdollinen tulos on 147. Tässä tutkimuksessa NASA-TLX -kyselyä ei kuitenkaan käytetty sen alkuperäisen käyttöperiaatteen mukaisesti ja tästä syystä sen tuloksia voidaan pitää vain suuntaa antavina tai muita havaintoja tukevinä.

Subjektiiivisen kokemuksen perusteella kuormamestarit kokivat lennot ja lentopäivät, käytetyillä subjektiiivisilla asteikoilla kuormittaviksi. Kuormamestareiden subjektiiivisen kokemuksen mukaan lennot siis aiheuttavat kuormamestareille kuormitusta, mutta kuormamestarit eivät koe tätä kuormitusta raskaaksi.

8.5. Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksessa toteutetut mittaukset pyrittiin kontrolloimaan mahdollisimman hyvin. Kuitenkin, koska tutkimus päätettiin toteuttaa normaalin päivittäisen lentotoiminnan tai harjoituksissa tapahtuvan lentotoiminnan yhteydessä ei kaikkia mittauksia pystynyt täysin kontrolloimaan. Yleisellä tasolla tämä tarkoitti sitä, että tutkimuksessa kuormamestarit eivät osallistuneet samanlaisille, tai edes saman tehtävätyypin, lennoille. Käytännössä tässä tutkimuksessa helikopterilento saattoi pitää sisällään hyvin erilaisia kuormitustekijöitä, joiden määräkin todennäköisesti vaihteli huomattavasti lentojen välillä. Samasta syystä myös lentoa edeltävät ja lennon jälkeiset kuormitustekijät todennäköisesti vaihtelivat huomattavasti. Objektiiivisissa mittauksissa tämä korostuu etenkin sykevälivaihtelumittausten kohdalla, jotka olisi hyvä pyrkiä kontrolloimaan mahdollisimman hyvin. Eri lentojen sisällyttämisen tutkimukseen voidaan kuitenkin katsoa antavan yleisen kuvan helikopterilentojen kuormittavuudesta.

Toinen rajoite tutkimuksen luotettavuudessa on puute eri kuormitustekijöiden erittelyssä. Tutkimuksessa käytetyistä objektiiivisista mittareista ainoastaan fyysisten testien voidaan katsoa suoraan liittyvän fyysiseen kuormitukseen. Sykkeeseen, sykevälivaihteluun tai umpieritysjärjestelmään liittyvien havaintojen perusteella taas ei voida määrittää tarkasti kuormituksen aiheuttajaa. NASA-TLX -kyselyn perusteella kuormitus oltaisiin voitu eritellä ainakin subjektiiivisen kokemuksen perusteella. Tässä tutkimuksessa NASA-TLX -kyselyä ei kuitenkaan käytetty kyselylle suunnitellun käyttöperiaatteen mukaisesti, vaan sitä käytettiin ainoastaan pohjana koko päivän kuormituksen arvioinnille.

Tutkimuksen luotettavuutta rajoittaa myös tutkimuksen koehenkilöiden alhainen määrä. Tämä aiheutti sen, että tiettyjen mittausten kohdalla vertailukelpoisten koehenkilöiden määrä jäi alle kymmeneen koehenkilöön. Tästä samasta syystä johtuen esimerkiksi muuttujien välisiä korrelaatioita ei ollut mielekäästä määrittää, koska pienen havaintomäärän normaalisuus vääristyy helposti yksittäisten ulkopuolisten tulosten johdosta ja muuttujien väliset korrelaatiot muuttuvat hyvin satunnaisiksi.

Pienestä koehenkilömäärästä johtuen myös osa tämän tutkimuksen havainnoista osoittautuivat ei-normaalisesti jakautuneiksi tilastollisten testien perusteella. Näiden muuttujien kohdalla niiden jakautuneisuuden normaalisuus tehtiin graafisten kuvien analysoinnilla ja tässä tapauksessa on aina mahdollisuus inhimilliseen virheeseen. Tämä kuitenkin otettiin huomioon toistomittausten varianssianalyyseissä, jossa pareittaisissa vertailuissa käytettiin konservatiivista Bonferroni-korjausta.

9. JOHTOPÄÄTÖKSET JA KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSET

Tämän tutkimuksen perusteella NH90-kuormamestarin lentotehtävän aikainen kuormitus on hetkellisesti korkea, mutta ei kuitenkaan pitkäkestoista. Tästä huolimatta kuormamestarin työhön sisältyy kuitenkin paljon pienestä fyysisestä aktiivisuudesta kuormituksesta johtuvaa kuormitusta. Psykkisiä kuormitustekijöitä ei pystytty tämän tutkimuksen perusteella määrittämään.

Kuormamestarin lentotehtävän aikaisen kuormituksen vähyyden voidaan olettaa johtuvan lennon aikaisesta istumisesta tai paikallaanolosta, joka mahdollistaa parasympaattisen hermoston aktiivisuuden ja näin ollen lennon aiheuttaman kokonaisuormituksen vähenemisen hetkellisistä kuormituspiikeistä huolimatta. Tämän perusteella kuormamestarin kuormittumisen vähenemisen kannalta kuormamestarin on hetkellisesti kyettävä sietämään korkeaa kuormitusta. Tämän tutkimuksen perusteella tämä kuormitus todennäköisesti johtuu fyysisestä kuormituksesta. Käytännössä tämä tarkoittasi sitä, että kuormamestarin korkeampi lihaskunto pienentäisi vielä näiden hetkellisten kuormituspiikkien vaikutusta. Kestävyysominaisuuksien merkitys kuormamestarin kuormitukselle on tämän tutkimuksen perusteella vähäisempi, koska lennon aikainen kuormitus ei ole pitkäkestoista tai jatkuvaa.

Maksimisykkeen perusteella kuormamestarin tehtävässä toimimiseen vaaditun lentävän henkilöstön polkupyöraergometritestin tavoitetaso on riittävän korkea. Fyysisen toimintakyvyn tavoitetasojen osalta tämän tutkimuksen perusteella etenkin korkeammat tavoitetasot kestävyystesteissä (polkupyöraergometritestissä tuloksena 51,3 ml/kg/min ja juoksutestissä tuloksena 2800 metriä) vaikuttaisivat liian korkeilta. Tässä on kuitenkin otettava huomioon se, että eri yksiköiden fyysisen toimintakyvyn tavoitetasoon voi vaikuttaa muut kuin lentämisen asettamat vaatimukset fyysiselle toimintakyvylle. Tästä syystä kuormamestareiden fyysisen toimintakyvyn tavoitetasojen tarkoituksenmukaisuuteen ei voi ottaa tämän tutkimuksen perusteella aukottomasti kantaa.

Tämän tutkimuksen perusteella kuormamestareiden fyysisen toimintakyvyn lihaskuntotestin tavoitetaso tulisi pitää nykyisellä tasolla ja kuormamestareille tulisi painottaa lihaskunnan merkitystä lennon aikaisen kuormituksen vähentämisessä. Kuormamestareita tulisi myös kannustaa käyttämään hyväkseen kaikki lennon aikaiset mahdollisuudet palautumiseen muistaen kuitenkin pitkäkestoisen paikallaanolon aiheuttaman kuormituksen.

9.1. Jatkotutkimustarpeet

Tässä tutkimuksessa kuormamestarin kuormituksen arviointi tapahtui ainoastaan normaalin päivittäisen lentotoiminnan ja harjoituksissa tapahtuvan lentotoiminnan ohessa, eikä tähän tutkimukseen valikoitu erikseen tiettyjä lentotehtäviä. Tästä syystä tämän tutkimuksen tuloksien voidaan katsoa kuvaavan kuormamestareiden työn kuormittavuutta ammatillisesta näkökulmasta. Kuormamestareiden, kuten kaikkien sotilaiden, työhön liittyy myös mahdollisten poikkeusolojen aiheuttamat vaatimukset. Tästä syystä kuormamestareiden mahdollisen äärimmäisen kuormituksen (poikkeusolojen asettamat vaatimukset) määrä täytyisi tutkia erikseen.

Käytännössä tämä voisi tarkoittaa tiedossa olevien erittäin kuormittavien lentotehtävien valikoimista tutkimukseen ja niiden toistuvan suorittamisen aiheuttaman kuormituksen mittaamista. Tällä tavoin pystyttäisiin arvioimaan ja määrittämään tarkemmin kuormamestareiden fyysisen toimintakyvyn tavoitetasot. Samalla tutkimuksesta saataisiin arvokasta tietoa siitä, kuinka monta lentotehtävää kuormamestarit pystyvät suorittamaan tietyssä ajanjaksossa niin, että tehtävien välinen aika mahdollistaa riittävän palautumisen lentotehtävien välillä.

Kuormamestareiden päivittäiseen työhön liittyen yksi tutkimuskohde voisi olla lentojen sisältämien yksittäisten työtehtävien kuormittavuuden arviointi. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa tehty havainto lennon aikana tapahtuvasta hetkellisestä voimakkaasta kuormituksesta ei kuitenkaan kerro kuormituksen tarkkaa aiheuttajaa tai aiheuttajia. Näiden kuormitustekijöiden tunnistaminen mahdollistaisi kuormamestareille yksilöidun kunto-ohjelman laatimisen, jonka perusteella kyseisten tekijöiden aiheuttama kuormitus voitaisiin minimoida.

Yleisesti hyödyllinen tutkimuskohde olisi myös kuormamestareiden työn aiheuttaman kokonaiskuormituksen määrittäminen. Tässä tapauksessa kuormamestareiden kuormittumisen keskiössä ei olisi lentotehtävän aiheuttama kuormitus vaan kyseessä voisi olla pidempiaikainen interventio, jossa pyrittäisiin saamaan kuva kuormamestareiden kokonaiskuormittumisesta. Tämän kuormituksen määrittämisessä voitaisiin käyttää tässä tutkimuksessa käytettyjen objektivisten mittausten (pl. fyysisen suorituskyvyn mittaus) lisäksi useampia subjektiivisia kyselyitä.

LÄHTEET

- Airbus. (2017). NH90 FEI -kurssin materiaali. Airbus Helicopters Training Services.
- Alba-Jiménez, C., Moreno-Doutres, D., & Peña, J. (2022). Trends Assessing Neuromuscular Fatigue in Team Sports: A Narrative Review. *Sports (Basel)*, *10*(3). DOI: 10.3390/sports10030033
- Baevsky, R. M., & Chernikova, A. G. (2017). Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. *Cardiometry*, *(10)*, 66-76. DOI: 10.12710/cardiometry.2017.667
- Bermejo, J-L., Valdecabres, R., Villarrasa-Sapiña, I., Monfort-Torres, G., Marco-Adhulló, A., & Do Couto, R. (2022). Increased cortisol levels caused by acute resistance physical exercise impair memory and learning ability. *PeerJ*, *10*. DOI: 10.7717/peerj.13000
- Bjälle, J., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø., & Toverud, K. (2007). *Ihminen Fysiologia ja anatomia. 1.-4. painos*. WSOY Oppimateriaalit, Helsinki. Suomentanut Meditrans Oy.
- Boraczyński, M., Boraczyński, T., Podstawski, R., Wójcik, Z., & Gronek, P. (2020). Relationships Between Measures of Functional and Isometric Lower Body Strength, Aerobic Capacity, Anaerobic Power, Sprint and Countermovement Jump Performance in Professional Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, *(75)*, 161-175. DOI: 10.2478/hukin-2020-0045
- Chojnowska, S., Ptaszyńska-Sarosiek, I., Kepka, A., Knas, M., & Waszkiewicz, N. (2021). Salivary Biomarkers of Stress, Anxiety and Depression. *Journal of Clinical Medicine*, *10*(3). 1-12. <https://doi.org/10.3390/jcm10030517>
- Chu, B., Marwaha, K., Sanvictores, T., & Ayers, D. (2022). Physiology, Stress Reaction. *StatPearls [Internet]*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541120/>
- Cleary, P. (1997). Subjective and objective measures of health: which is better when? *Journal of Health Services Research & Policy*, *2*(1). DOI: 10.1177/135581969700200102
- Clemente-Suarez, V. J., Palomera, P. R., & Robles-Pérez, J. J. (2018). Psychophysiological response to acute-high-stress combat situations in professional soldiers. *Stress and Health*, *34*, 247-252. DOI: 10.1002/smi.2778
- Corrigan, S. L., Roberts, S., Warmington, S., Drain, J., & Main, L. C. (2021). Monitoring stress and allostatic load in first responders and tactical operators using heart rate variability: a systematic review. *BMC Public Health*, *21*, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11595-x>

- Ducharme, M. B. (2006). Heat stress of helicopter aircrew wearing immersion suit. *Industrial health*, 44(3), 433-440. Saatavilla:
https://www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth/44/3/44_3_433/_pdf
- Dutheil, F., de Saint Vincent, S., Pereira, B., Schmidt, J., Moustafa, F., Charkhabi, M., Bouillon-Minois, J-B., & Clinchamps, M. (2021). DHEA as a Biomarker of Stress: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychiatry* 12, 1-14. DOI: 10.3389/fpsy.2021.688367
- El-Farhan, N., Rees, D. A., & Evans, C. (2017). Measuring cortisol in serum, urine ad saliva - are our assays good enough? *Annals of Clinical Biochemistry*, 54(3), 308-322.
<https://doi.org/10.1177/0004563216687335>
- Ernst, G. (2017). Heart-Rate Variability - More than Heart Beats? *Frontiers in Public Health*, 5, 1-12. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00240
- Eston, R. (2012). Use of Ratings of Perceived Exertion in Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 175-182. DOI: 10.1123/ijsp.7.2.175
- Feltman, K., Kelley, A., Bernhardt, K., Basso, J., & Morabito, C. (2021). Psychophysiological Indicators of Aviator Flight Performance for Operator State Monitoring. *United States Army Aeromedical Research Laboratory*.
- Fink, G. (2016). *Stress, Definitions, Mechanisms, and Effects Outlined: Lessons from Anxiety*. Teoksessa: Fink G, ed. Stress: Concepts, Cognition, Emotion, and Behavior, Volume 1 of the Handbook of Stress Series. San Diego: Elsevier Inc. Saatavilla:
<https://tinyurl.com/44jnj5zr>
- Firstbeat Technologies ltd. (2014). Stress and Recovery Analysis Method Based on 24-hour Heart Rate Variability. <https://urly.fi/2cJn>
- Firstbeat Technologies ltd. (2012a). VO2 Estimation Method Based on Heart Rate Measurement. <https://urly.fi/2cJo>
- Firstbeat Technologies ltd. (2012b). An Energy Expenditure Estimation Method Based on Heart Rate Measurement. <https://urly.fi/2cJp>
- Fogt, D. L., Cooper, P. J., Freeman, C., N., Kalns, J. E., & Cooke, W. H. (2009). Heart Rate Variability to Assess Combat Readiness. *Military Medicine*, 174(5), 491-495.
<https://doi.org/10.7205/MILMED-D-02-6808>
- Freeman, J. V., Dewey, F. E., Hadley, D. M., Myers, J., & Froelicher, V. F. (2006). Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. *Progress in cardiovascular diseases*, 48(5), 342-362. DOI: 10.1016/j.pcad.2005.11.003
- Fyysinen toimintakyky. (2021). Pääesikunnan koulutusosaston määräys. Puolustusvoimien asianhallintajärjestelmä (HR621/14.12.2021).

- Fyysisen toimintakyvyn tason 5 tehtävien tavoitetasojen määrittäminen Utin jääkäriyrykmentissä.* (2020). Utin jääkäriyrykmentin esikunnan päätös. Puolustusvoimien asianhallintajärjestelmä (MQ23305/23.11.2020).
- Gaydos, S. J. (2012). Low Back Pain: Considerations for Rotary-Wing Aircrew (Reprint). *ARMY AEROMEDICAL RESEARCH LAB FORT RUCKER AL.* Saatavilla: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA568350.pdf>
- Ghiciuc, C. M., Cozma-Dima, C. L., Pasquali, V., Renzi, P., Simeoni, S., Lupusoru, C. E., & Patacchioli, F. R. (2011). Awakening responses and diurnal fluctuations of salivary cortisol, DHEA-S and α -amylase in healthy male subjects. *Neuro endocrinology letters*, 32(4), 475–480.
- Giacomello, G., Scholten, A., & Parr, M. K. (2020). Current methods for stress marker detection in saliva. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 191, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113604>
- Gibbins, I. (2013). Functional organization of autonomic neural pathways. *Organogenesis*, 9(3), 169-175. DOI: 10.4161/org.25126
- Goldstein, D. S., Benthó, O., Park, M-Y., & Sharabi, Y. (2012). LF power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. *Experimental physiology*, 96(12), 1255-1261. DOI: 10.1113/expphysiol.2010.056259.
- Haavisto, M-L., & Oksama, L. (2007). Kognitiivisen kuormituksen arviointi: esimerkkinä hävittäjälentäjän tehtävä ja kuormitusanalyysi. *Työ ja ihminen*, 1(21), 17-29.
- Hart, S., & Staveland, H. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research, *Human mental workload*, 139–183. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Hautala, A., Mäkikallio, T., Seppänen, T., Huikuri, H., & Tulppo, M. P. (2003). Short-term correlation properties of R–R interval dynamics at different exercise intensity levels. *Clinical physiology and functional imaging*, 23(4), 215-223.
- Helikopterilentomentelemät.* (2023). Maavoimien esikunta. TLIV.
- Hiller-Sturmhöfel, S., & Bartke, A. (1998). The endocrine system: an overview. *Alcohol Health and Research World*; 22(3), 153-64. PMID: 15706790.
- Hintsä, T., Honkalampi, K., & Flink, N. (2019). Stressi, allostaattinen kuormitus ja terveystieteelliset riskit. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*, 135(20), 1961-1966. <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2019/20/duo15189>

- Honceriu, C., Curpan, A-S., Ciobica, A., Ciobica, A., Trus, C., & Timofte, D. (2021). Connections between Different Sports and Ergogenic Aids—Focusing on Salivary Cortisol and Amylase. *Medicina*, 57(753), 1-18.
<https://doi.org/10.3390/medicina57080753>
- Hucklebridge, F., Hussain, T., Evans, P., & Clow, A. (2005). The diurnal patterns of the adrenal steroids cortisol and dehydroepiandrosterone (DHEA) in relation to awakening. *Psychoneuroendocrinology*, 30(1), 51-57.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2004.04.007>
- Häkkinen, K., & Pakarinen, A. (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied Physiology* (1985) 74(2), 882-887. DOI: 10.1152/jappl.1993.74.2.882
- Iermakov, S., Podrigalo, L., & Jagiełło, W. (2016). Hand-grip strength as an indicator for predicting the success in martial arts athletes. *Archives of Budo*, 12, 179-186.
- Jouven, X., Empana, J-P., Schwartz, P., Desnos, M., Courbon, D., & Ducimetière, P. (2005). Heart-Rate Profile during Exercise as a Predictor of Sudden Death. *The New England Journal of Medicine*, 352(19), 1951-1958. DOI: 10.1056/NEJMoa043012
- Keskinen, K. (2014). *Fyysinen kunto ja sen testaaminen*. Julkaisussa *Liikuntalääketiede. Toim. Vuori, I., Taimela, S. & Kujala, U. 3-7. painos*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Kobayashi, H., & Miyazaki, Y. (2015). Distribution characteristics of salivary cortisol measurements in a healthy young male population. *Journal of Physiological Anthropology*, 34(30). <https://doi.org/10.1186/s40101-015-0068-0>
- Kobayashi, H., Park, B.J., & Miyazaki, Y. (2012). Normative references of heart rate variability and salivary alpha-amylase in a healthy young male population. *Journal of Physiological Anthropology*, 31(9). <https://doi.org/10.1186/1880-6805-31-9>
- Kuljetushelikopteri NH90 TTH*. (2023). Puolustusvoimat.
<https://puolustusvoimat.fi/kalusto#/asset/view/id/236>
- Kuoppasalmi K., Näveri H., Härkönen M., & Adlercreutz H. (1980) Plasma cortisol, androstenedione, testosterone and luteinizing hormone in running exercise of different intensities. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 40(5), 403–409. DOI: 10.3109/00365518009101862
- Kyröläinen, H., Karinkanta, J., Santtila, M., Koski, H., Mäntysaari, M., & Pullinen, T. (2008). Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 102, 539–546.
<https://doi.org/10.1007/s00421-007-0619-0>

- Labsy, Z., Prieur, F., Le Panse, B., Do, M-C., Gagey, O., Lasne, F., & Collomp, K. (2013). The diurnal patterns of cortisol and dehydroepiandrosterone in relation to intense aerobic exercise in recreationally trained soccer players. *Stress, 16*(2), 261-265. DOI: 10.3109/10253890.2012.707259
- Latinen, T., & Hartikainen, J. (2003). *Autonomisen hermoston rakenne ja toiminta. Julkaisussa Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Toim. Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. I. painos.* Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Lentotekninen maapalveluohje.* (2020). Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen ilmajärjestelmäosaston ohjekirja. LTJ Lentotekninen ohjekirjallisuus -järjestelmä (100-00-1S1).
- Li, T-L., & Gleeson, M. (2004). The effect of single and repeated bouts of prolonged cycling and circadian variation on saliva flow rate, immunoglobulin A and a-amylase responses. *Journal of Sport Sciences, 22*, 1015-1024. DOI: 10.1080/02640410410001716733
- Lindholm, H., & Gockel, M. (2000). Stressin elinvaikutuksien mittaaminen. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim, 116*(20), 2259-2265.
<https://www.duodecimlehti.fi/duo91828>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 18*(3), 551-555.
- McCorry, L. K. (2007). Physiology of the Autonomic Nervous system. *American Journal of Pharmaceutical Education, 71*(4), 1-11. Saatavilla:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1959222/pdf/ajpe78.pdf>
- McGaulley, G., McBride, J., Cormie, P., Hudson, M., Nuzzo, J., Quindry J., & Triplett T. (2009). Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology, 105*(5), 695-704. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0951-z>
- Mokarami, H., & Toderi, S. (2019). Reclassification of the work-related stress questionnaires scales based on the work system model: A scoping review and qualitative study. *Work, 64*(4), 787-795. DOI: 10.3233/WOR-193040
- Morgan III, C. A., Hazlett, G., Wang, S., Richardson, E. G., Jr, Schnurr, P., & Southwick, S. M. (2001). Symptoms of dissociation in humans experiencing acute, uncontrollable stress: a prospective investigation. *The American journal of psychiatry, 158*(8), 1239-1247. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.158.8.1239>

- Morgan III, C. A., Southwick, S., Hazlett, G., Rasmusson, A., Hoyt, G., Zimolo, Z., & Charney, D. (2004). Relationships Among Plasma Dehydroepiandrosterone Sulfate and Cortisol Levels, Symptoms of Dissociation, and Objective Performance in Humans Exposed to Acute Stress. *Arch Gen Psychiatry*, *61*(8), 819–825. DOI: 10.1001/archpsyc.61.8.819
- Morgan III, C. A., Wang, S., Southwick, S. M., Rasmusson, A., Hazlett, G., Hauger, R. L., & Charney, D. S. (2000). Plasma Neuropeptide-Y Concentrations in Humans Exposed to Military Survival Training. *Biological Psychiatry*, *47*, 902-909. DOI: 10.1016/s0006-3223(99)00239-5
- Nater, U. M., Rohleder, N., Schlotz, W., Ehlert, U., & Kirschbaum, C. (2007). Determinants of the diurnal course of salivary alpha-amylase. *Psychoneuroendocrinology*, *32*(4), 392-401. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2007.02.007>
- NH90 Valmisteluohje. (2022). Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen ohjekirja. LTJ Lentotekninen ohjekirjallisuus -järjestelmä (NH2-20-01S1). TLIV.
- Noushad, S., Ahmed, S., Ansari, B., Mustafa, U-H, Saleem, Y., & Hazrat, H. (2021). Physiological biomarkers of chronic stress: A systematic review. *International Journal of Health Sciences*, *15*(5).
- Nunan, D., Sandercock, G., & Brodie, D. (2010). A Quantitative Systematic Review of Normal Values for Short-Term Heart Rate Variability in Healthy Adults. *Pacing and Clinical Electrophysiology*, *33*(11), 1407-1417. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x
- Ojanen, T., Kyröläinen, H., Igenia, M., & Häkkinen, K. (2018). Effect of Prolonged Military Field Training on Neuromuscular and Hormonal Responses and Shooting Performance in Warfighters. *Military Medicine*, *183*, 705-712. <https://doi.org/10.1093/milmed/usy122>
- Oliveira, V. N. de, Bessa, A., Lamounier, R. P. M. S., Santana, M. G. de, Mello, M. T. de, & Espindola, F.S. (2010) Changes in the Salivary Biomarkers Induced by an Effort Test. *International Journal of Sports Medicine*, *31*(6), 377-381. DOI: 10.1055/s-0030-1248332
- Opthof, T. (2000). The normal range and determinants of the intrinsic heart rate in man. *Cardiovascular Research*, *45*, 177-184. DOI: 10.1016/S0008-6363(99)00322-3
- Owen, J. P. (1995). Noise induced hearing loss in military helicopter aircrew-a review of the evidence. *JOURNAL-ROYAL ARMY MEDICAL CORPS*, *141*, 98-98. Saatavilla: <https://tinyurl.com/2w5en5t2>

- Palkatun henkilöstön kenttäkelpoisuuden ja fyysisen työkyvyn ylläpitäminen.* (1991).
Pääesikunnan koulutusosaston pysyväisasiakirja. A 04:03.01, 1999. Arkistoitu PE & AL päätearkisto EJ.
- Patterson, S., Sagui-Henson, S., & Prather, A. (2020). Measures of Psychosocial Stress and Stressful Exposures. *Arthritis Care Res*, 72(10), 676-685. DOI:10.1002/acr.24228
- Power, C., Li, L., & Hertzman, C. (2006). Associations of Early Growth and Adult Adiposity with Patterns of Salivary Cortisol in Adulthood. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 91(11), 4264–4270. <https://doi.org/10.1210/jc.2006-0625>
- Razali, N., & Yap, B. (2011). Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2.
- Rohleder, N., Nater, U.M., Wolf, J.M., Ehlert, U., & Kirschbaum, C. (2004), Psychosocial Stress-Induced Activation of Salivary Alpha-Amylase: An Indicator of Sympathetic Activity? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1032, 258-263.
<https://doi.org/10.1196/annals.1314.033>
- Santtila, M., Kyröläinen, H., & Häkkinen, K. (2009). Serum hormones in soldiers after basic training: effect of added strength or endurance regimens. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80(7), 615-620. DOI: 10.3357/ase.2479.2009
- Sánchez-Molina, J., Robles-Pérez, J. J., & Clemente-Suarez, V. J. (2018). Assessment of Psychophysiological Response and Specific Fine Motor Skills in Combat Units. *Journal of Medical Systems*, 42(67), 1-7.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 1-17. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258
- Shaffer, F., McCraty, R., & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology, Psychology for Clinical Settings*, 5, 1-19. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01040
- Soo-Quee Koh, D., & Choon-Huat Koh, G. (2007). The use of salivary biomarkers in occupational and environmental medicine. *Occupational and environmental medicine*, 64(3), 202–210. <https://doi.org/10.1136/oem.2006.026567>
- Sotilasilmalukäsikirja (SIK).* (2018). Ilmavoimien esikunnan operatiivisen osaston määräys. Puolustusvoimien asianhallintajärjestelmä (HO475/24.6.2018).
- Steckl, A. J., & Ray, P. (2018). Stress Biomarkers in Biological Fluids and Their Point-of-Use Detection. *ACS Sensors*, 3, 2025-2044. DOI: 10.1021/acssensors.8b00726

- Stephenson, M. D., Thompson, A. G., Merrigan, J. J., Stone, J. D., & Hagen, J. A. (2021). Applying Heart Rate Variability to Monitor Health and Performance in Tactical Personnel: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 1-20. DOI: 10.3390/ijerph18158143
- Tahvanainen, K., Laitinen, T., Kööbi, T., & Hartikainen J. (2003). *Autonomisen hermoston tutkimukset. Julkaisussa Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Toim. Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. I. painos.* Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Tarvainen, M., Lipponen, J., Niskanen, J-P., & Ranta-aho, P. (2021). Kubios HRV Software. USER'S GUIDE. Kubios Oy, Kuopio. Saatavilla: <https://www.kubios.com/publications/>
- Tarvainen, M., Niskanen, J-P., Lipponen, J., Ranta-aho, P., & Karjalainen, P. (2014). Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113, 210-220. <https://www.kubios.com/publications/>
- Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal* 93(5), 354-381.
- Uusitalo-Koskinen, A. (2003). *Fyysiset kuormitusvasteet, harjoittelun vaikutukset ja niiden arviointi. Julkaisussa Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Toim. Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. I. painos.* Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Vaara, J. P., Kallioma, R., Hynninen, P., & Kyröläinen, H. (2015). Physical Fitness and Hormonal Profile During an 11-week Paratroop Training Period. *Journal of Strength and Condition Research*, 29(11), 163-167. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001033
- Van den Oord, M., Sluiter, J., & Frings-Dresen, M. (2014). Differences in physical workload between military helicopter pilots and cabin crew. *International Archive of Occupational and Environmental Health*, 87(4), 381-386. DOI: 10.1007/s00420-013-0876-7
- Vierimaa, H., & Laurila, M. (2016). *KEHO Anatomia ja Fysiologia*. 1.-6. painos. Helsinki, Sanoma Pro Oy.
- Vineetha, R., Pai, K-M., Vengal, M., Gobalakrishna, K., & Narayanakurup, D. (2014). Usefulness of salivary alpha amylase as a biomarker of chronic stress and stress related oral mucosal changes – a pilot study. *Oral Medicine and Pathology*, 6(2), 132-137. <http://dx.doi.org/10.4317/jced.51355>

- Wascher, C. (2021). Heart rate as a measure of emotional arousal in evolutionary biology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *16*;376(1831). DOI: 10.1098/rstb.2020.0479.
- Weber, J., Angerer, P., & Apolonário-Hagen, J. (2022). Physiological reactions to acute stressors and subjective stress during daily life: A systematic review on ecological momentary assessment (EMA) studies. *PLoS ONE*, *17*(7), 1-33.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271996>
- Welsh, T. T., Alemany, J. A., Montain S. J., Frykman, P. N., Tuckow, A. P., Young, A. J., & Nindl, B.C. (2007). Effects of intensified military field training on jumping performance. *International Journal of Sports Medicine*, *29*, 45-52. DOI 10.1055/s-2007-964970
- Zhao, Z-Y., Xie, Y., Fu, Y-R., Li, Y-Y., Bogdan, A., & Touitou, Y. (2003). Circadian rhythm characteristics of serum cortisol and dehydroepiandrosterone sulfate in healthy Chinese men aged 30 to 60 years. A cross-sectional study. *Steroids*, *68*(2), 133-138.
[https://doi.org/10.1016/S0039-128X\(02\)00167-8](https://doi.org/10.1016/S0039-128X(02)00167-8)

LIITTEET

LIITE 1. Koehenkilöpäiväkirja

LIITE 2. Esitetokysely

LIITE 3. Firstbeat Bodyguard 2 -käyttäjän ohje

LIITE 4. Normaalisuustestien tulokset sekä tietyt graafiset kuvaajat

PÄIVÄKIRJA

____.____.2022

TUTKIMUSNUMERO**UNIKYSELY**

Nukkumaanmeno aika (klo)

Heräämisaika (klo)

Nukuin yhteensä

Tuntia

Monessako

Osassa

Kuinka rasittavaksi olet kokenut edellisen vuorokauden? (ympyröi)

Täysin rasittava	10
Erittäin rasittava	9
Hyvin rasittava	8
Rasittava	7
Normaali	6
Normaali	5
Kevyt	4
Hyvin kevyt	3
Erittäin kevyt	2
Täysin kevyt	1

Lentotoiminta									
Lento 1									
Lennon alkuaika	klo								
Lennon loppuaika	klo								
Lennon pituus		h		min					
Tehtävä									Esim. henkilökuljetus
Kuljetettava henkilömäärä			hlöä						
Kuljetettava materiaali									Esim. rinkat, suksia
Moottorikelkka/mönkijä	KYLLÄ / EI								KPL
Lennon kuormittavuus RPE taulukon mukaisesti (1 - 10)									
Lento 2									
Lennon alkuaika	klo								
Lennon loppuaika	klo								
Lennon pituus		h		min					
Tehtävä									Esim. henkilökuljetus
Kuljetettava henkilömäärä			hlöä						
Kuljetettava materiaali									Esim. rinkat, suksia
Moottorikelkka/mönkijä	KYLLÄ / EI								KPL
Lennon kuormittavuus RPE taulukon mukaisesti (1 - 10)									
Lento 3									
Lennon alkuaika	klo								
Lennon loppuaika	klo								
Lennon pituus		h		min					
Tehtävä									Esim. henkilökuljetus
Kuljetettava henkilömäärä			hlöä						
Kuljetettava materiaali									Esim. rinkat, suksia
Moottorikelkka/mönkijä	KYLLÄ / EI								KPL
Lennon kuormittavuus RPE taulukon mukaisesti (1 - 10)									
Lento 4									
Lennon alkuaika	klo								
Lennon loppuaika	klo								
Lennon pituus		h		min					
Tehtävä									Esim. henkilökuljetus
Kuljetettava henkilömäärä			hlöä						
Kuljetettava materiaali									Esim. rinkat, suksia
Moottorikelkka/mönkijä	KYLLÄ / EI								KPL
Lennon kuormittavuus RPE taulukon mukaisesti (1 - 10)									

Jatka lentojen tietojen kirjoittamista tarvittaessa toiselle päiväkirjalle ja merkkää lennon numero juokseväksi ja kirjoita lennon numeron viereen päivämäärä, jolloin lento on lennetty.

HELIKOPTERILENTÄJÄN, -MIEHISTÖN JA ERIKOISJÄÄKÄRIN TOIMINTAKYKY -TUTKIMUSHANKE (2022)

ESITIETOKYSELY

Hyvä vastaanottaja,

Tällä alkukyselyllä kartoitetaan helikopterilentäjän ja -miehistön toimintakyky -tutkimukseen osallistuvien helikopterilentäjien ja helikopterimiehistön taustatietoja. Kyselyn tarkoituksena on kerätä tietoa tutkimushankkeelle liikuntakäyttäytymisestä, aiemmista TULE-vaivoista.

Tutkimusaineistosta vastaa Ilmailulääketieteen keskus, joka säilyttää ja käsittelee tietoja **luottamuksellisina** salassapitovelvollisuutta ja henkilötietolakia noudattaen (tarkemmat tiedot tietojen käytöstä löydät Tiedote tutkimuksesta -lomakkeesta. Tutkimustietojasi ei luovuteta tutkimusryhmän ulkopuolisille henkilöille, **eikä nimeäsi tai henkilötietojasi käytetä tutkimustuloksia julkaistaessa**. Tutkimuksessa kerätty tieto tallennetaan numerolliseksi aineistoksi, josta henkilötietosi eivät käy ilmi.

Lue jokainen kysymys huolellisesti ennen vastaamista ja valitse kuhunkin kysymykseen vain yksi vaihtoehto (ellei toisin ohjeisteta). Antamasi vastaukset ovat tutkimus hankkeelle tärkeitä. Vastaathan jokaiseen kysymykseen.

Kiitos vastauksestasi!

Tuomas Honkanen

Tutkimuksen johtaja, LitT
SOTLK
tuomas.honkanen@mil.fi

Tommi Ojanen

Tutkija, LitT
PVTUTKL
tommi.ojanen@mil.fi

Marjo Janhunen

Tutkija, TtM
SOTLK
marjo.janhunen@mil.fi

Yliluutnantti Jussi Koivuranta

Oppilasupseeri

UTJR

jussi.koivuranta@mil.fi

ESITIEDOT

Nimi _____ Päivämäärä _____._____. 2022

Syntymäaika _____ Ikä vuosina _____

Pituus _____ Paino _____

Tehtäväkuva: _____

Lentokalusto, jolla olet lentänyt:

- 1 VN tai muu kiinteäsiipinen alkeiskoulutuskone
- 2 HH (MD500) tai muu kevythelikopteri
- 3 NH tai muu kuljetushelikopteri
- 4 muu, mikä _____

LENTOTUNNIT (koko uralla):

Harjoitushelikopteri (HH) _____ Kuljetushelikopteri (NH) _____

KYPÄRÄN KÄYTTÖ (arvioi prosenttiosuuksia koko uralla):

Normaali _____ % HMD _____ % NVG _____ %

LIIKUNTA**1. Viimeisimmän koulutodistuksen numero liikunnassa**

- a alle 7
- b 7
- c 8
- d 9
- e 10

2. Cooper - juoksutesti (jos et muista tarkkaa tulosta merkitse A - D)

Viimeisimmän juoksutestini tulos oli _____ metriä ja suoritusvuosi _____

- a alle 2200 metriä
- b yli 2200 - alle 2600 metriä
- c yli 2600 - alle 3000 metriä
- d yli 3000 metriä

3. Lentokelpoisuusegometritesti (jos et muista tarkkaa tulosta merkitse A - D)

Viimeisimmän ergometritestin tulos oli _____ W/kg ja suoritusvuosi _____

- a alle 3.0 W/kg
- b yli 3.0 W/kg - alle 3.2 W/kg
- c yli 3.2 - alle 3.4 W/kg
- d yli 3.4 W/kg

Tein ergometritestin:

- a uupumiseen asti ja maksimisykkeeni oli _____
- b jätin testin kesken (esim. 3.2 W/kg lentokelpoisuusrajalle)

4. Lihaskuntotestit (jos et muista tarkkaa tulosta merkitse A - D)

Lihaskuntotestien suoritus vuosi oli _____, ja tulokset olivat:

Etunojapunnerrus: _____ punnerrusta

a = alle 22 b = 22-29 c = 30-37 d = yli 37

Vatsalihasliike: _____ vatsalihasliikettä

a = alle 32 b = 32-39 c = 40-47 d = yli 47

Vauhditon pituus: _____ cm

a = alle 200 b = 200-219 c = 220-239 d = yli 239

5. Kuinka monena PÄIVÄNÄ olet viimeisen 5 arkipäivän aikana harrastanut liikuntaa vähintään 30 minuuttia siten, että hengästyit ja hikoilet? (Merkitse vain yksi vaihtoehto)

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

6. Kuinka monena PÄIVÄNÄ olet viimeisen viikonlopun aikana harrastanut liikuntaa vähintään 30 minuuttia, että hengästyit ja hikoilet? (Merkitse vain yksi vaihtoehto)

- 0
- 1
- 2

8. Arvioi viimeksi kulunutta vuotta, kuinka monena päivänä viikossa harrastat liikuntaa? Koko vuoden keskiarvo (ei tavoite):

- a noin 1 x viikossa tai vähemmän
- b 2 x viikossa
- c 3 x viikossa
- d 4 x viikossa
- e yli 4 x viikossa
- f tyypillisimmät harrastamani lajit _____

8.1 Arvioi viimeksi kulunutta vuotta, kuinka monena päivänä viikossa harrastat kestävyysliikuntaa (lenkkeily, hiihto, suunnistus, pyöräily, jne)? Koko vuoden keskiarvo:

- a en harrasta kestävyysliikuntaa
- b noin 1 x viikossa
- c 2 x viikossa
- d 3 x viikossa
- e 4 x viikossa
- f yli 4 x viikossa
- g tyypillisin kestävyysurheilulaji _____

8.2 Arvioi viimeksi kulunutta vuotta, kuinka monena päivänä viikossa harrastat lihaskuntoa kohottavaa liikuntaa (kuntosali, kamppailulajit, ryhmäliikunnat, jne)? Koko vuoden keskiarvo:

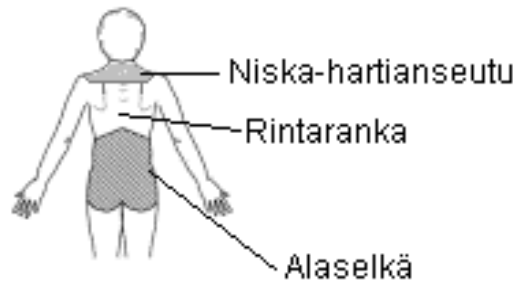
- a en harrasta lihaskuntoa kohottavaa liikuntaa
- b noin 1 x viikossa
- c 2 x viikossa
- d 3 x viikossa
- e 4 x viikossa
- f yli 4 x viikossa
- g tyypillisin lihaskuntoa kohottava laji _____

8.3 Arvioi viimeksi kulunutta vuotta, kuinka monena päivänä viikossa harrastat pallo- tai mailapelejä (jäähkiekko, jalka-, kori- & lentopallo ja muut sisä- & mailapelit, jne)? Koko vuoden keskiarvo:

- a en harrasta palloilulajeja tai mailapelejä
- b noin 1 x viikossa
- c 2 x viikossa
- d 3 x viikossa
- e 4 x viikossa
- f yli 4 x viikossa
- g tyypillisin lihaskuntoa kohottava laji _____

KIVUT JA OIREET

Tässä osiossa kysytään tukirangan alueen kiputiloja viimeisen vuoden aikana. Kivut on eritelty rangan eri osien mukaan (kuva alla). Mikäli sinulla on ollut viimeisen 7 vrk aikana kipua, niin määrittele voimakkuus asteikolla 0 (ei kipua) - 10 (pahin mahdollinen kuviteltavissa oleva kipu).

**1. Niskahartianseudun kipu**

Kuinka usein sinulla on ollut niskahartianseudun kipua **viimeisen vuoden** aikana:

- a ei lainkaan, **siirry kysymykseen 2**
- b 1 - 7 päivänä
- c 8 - 14 päivänä
- d Yli 14 päivänä muttei päivittäin
- e Päivittäin

Niskahartianseudun kivun intensiteetti **viimeisen 7 vrk:n** aikana (ympyröi sopiva numero):

0 ___ 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ 7 ___ 8 ___ 9 ___ 10
 (0 = ei lainkaan kipua) (10 = pahin mahdollinen kipu)

2. Rintarangan alueen kipu

Kuinka usein sinulla on ollut keskiselän (rintarangan alueen) kipua **viimeisen vuoden** aikana:

- a ei lainkaan, **siirry kysymykseen 3**
- b 1 - 7 päivänä
- c 8 - 14 päivänä
- d Yli 14 päivänä muttei päivittäin
- e Päivittäin

Rintarangan kivun intensiteetti **viimeisen 7 vrk:n** aikana (ympyröi sopiva numero):

0 ___ 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ 7 ___ 8 ___ 9 ___ 10
 (0 = ei lainkaan kipua) (10 = pahin mahdollinen kipu)

3. Alaselkäkipu

Kuinka usein sinulla on ollut alaselkäkipua viimeisen vuoden aikana:

- a ei lainkaan, *siirry kysymykseen 4*
- b 1 - 7 päivänä
- c 8 - 14 päivänä
- d Yli 14 päivänä muttei päivittäin
- e Päivittäin

Alaselkä kivun intensiteetti viimeisen 7 vrk:n aikana (ympyröi sopiva numero):

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(0 = ei lainkaan kipua)

(10 = pahin mahdollinen kipu)

3.1 Iskiaskipu

Iskiaksella tarkoitetaan alaselän kipua, johon liittyy alaraajaan pakaran alapuolelle (reiteen, sääreen, pohkeeseen tai jalkaterään) säteilevää kipua.

Arvioi kuinka monena päivänä yhteensä sinulla on ollut alaselän kipua, johon on liittynyt alaraajaan, polven alapuolelle säteilevää kipua viimeksi kuluneen vuoden aikana?

- a Ei yhtenäkkään
- b 1 - 7 päivänä
- c 8 - 14 päivänä
- d Yli 14 päivänä muttei päivittäin
- e Päivittäin

3.2 Noidannuolikipu

Arvioi kuinka monena päivänä yhteensä sinulla on ollut noidannuolikipuja (äkillinen alaselän kipu) viimeksi kuluneen vuoden aikana?

- a Ei yhtenäkkään
- b 1 - 7 päivänä
- c 8 - 14 päivänä
- d Yli 14 päivänä muttei päivittäin
- e Päivittäin

4. TUKI- JA LIIKUNTAELINVAMMAT, RASITUSVAMMAT JA LIHASHUOLTO

Viiden viimeksi kuluneen vuoden aikana minulla on ollut seuraavia vammoja / oireita:

4.1 Vamma on ollut (ympyröi yksi tai useampia):

- a Ei vammoja
- b Alaraajojen vamma / oireilu, mikä? _____
- c Yläraajojen vamma / oireilu, mikä? _____
- d Alaselkäoireilu / -vamma
- e Yläselän tai niska/hartia-alueen oireet / vammat
- f Muu, mikä? _____

4.2 Oletko saanut hoitoa vamman / rasitusvamman vuoksi?

- a en kertaakaan
- b kerran
- c kaksi kertaa
- d useampia kertoja

4.3 Saamani hoito on ollut (yksi tai useampia)

- a ei hoitoa
- b tulehduskipulääkitys
- c lepo tai sairausloma
- d fysioterapia (tai vastaava passiivinen hoito: hieronta, nivelmanipulaatio)
- e ohjeistettu omaehtoinen liikehoito

4.4 Oletko ollut työpalvelustehtävistä rasitusvamman vuoksi

- a en kertaakaan
- b kerran
- c kaksi kertaa
- d useampia kertoja (> 2kertaa)

4.5 Työstä poissaolon kesto rasitusvamman / vammojen vuoksi

- a ei poissaoloja rasitusvammojen vuoksi
- b alle 7 vrk
- c 7 - 30 vrk
- d yli 30 vrk

4.6 Suoritan omatoimisia lihahuoltotoimenpiteitä

- a säännöllisesti, jokaisen liikunta/harjoituskerran yhteydessä
- b satunnaisesti
- c en lainkaan

STRESSI JA TYYTYVÄISYYS, HENKISET VOIMAVARAT

Ajattele elämääsi kahden viimeksi kuluneen kuukauden ajalta.

1. Stressillä tarkoitetaan tilannetta, jossa ihminen tuntee itsensä jännittyneeksi, levottomaksi. Hermostuneeksi tai ahdistuneeksi taikka hänen on vaikea nukkua asioiden vaivassa jatkuvasti mieltä. Tunnetko sinä nykyisin tällaista stressiä?

- a en lainkaan
- b vain vähän
- c jonkin verran
- d melko paljon
- e erittäin paljon

2. Minkälainen on terveydentilasi ikäsiisi verrattuna?

- a erittäin huono
- b melko huono
- c keskinkertainen
- d melko hyvä
- e erittäin hyvä

3. Kuinka tyytyväinen olet nykyiseen työhösi?

- a erittäin tyytymätön
- b melko tyytymätön
- c en tyytyväinen, mutta en tyytymätönkään
- d melko tyytyväinen
- e erittäin tyytyväinen

4. Kuinka tyytyväinen olet elämääsi nykyisin?

- a erittäin tyytymätön
- b melko tyytymätön
- c en tyytyväinen, mutta en tyytymätönkään
- d melko tyytyväinen
- e erittäin tyytyväinen

5. Oletko viime aikoina ollut toimekäs ja vireä?

- a en koskaan
- b melko harvoin
- c silloin tällöin
- d melko usein
- e jatkuvasti

6. Tunnetko itsesi päteväksi ja varmaksi?

- a en koskaan
- b melko harvoin
- c silloin tällöin
- d melko usein
- e jatkuvasti

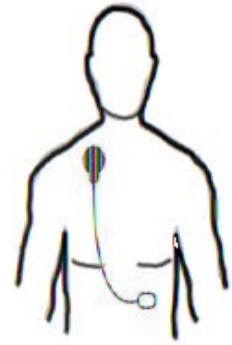
7. Oletko viime aikoina tuntenut hoitaneesi arkipäivän tehtäväsi hyvin?

- a en koskaan
- b melko harvoin
- c silloin tällöin
- d melko usein
- e jatkuvasti

FIRSTBEAT BODYGUARD 2 - MITTARI

Ohjeet laitteen käyttöön

1. Puhdista iho liasta ja rasvasta. Tarvittaessa poista kontaktia heikentävät ihokarvat elektrodien kohdalta.
2. Kiinnitä Bodyguard 2 - laite neppareilla elektrodihin.
3. Aseta tarrakiinnitteiset elektrodit iholle:
 - Kiinnitä laite oikealle puolelle kehoa solisluun alapuolelle.
 - Johdon toinen pää kehon vasemmalle puolelle kylkikäärseen.
 - Voit käyttää urheiluteippiä elektrodien päällä varmistaaksesi niiden paikallaan pysyvyyden.
4. Mittaus alkaa automaattisesti. Mittaus on käynnissä, kun vihreä valo alkaa vilkkua (voi mennä hetki ennekuin alkaa vilkkua).



Huom! Laitte ei ole vesitiivis, joten sen **käyttö on kielletty uimisen, suihkun ja saunan aikana.** Huolehdi mittauksen aikana myös, että laitteen johto on kiinni mittarissa.

Tallennuksen keskeyttäminen ja lopettaminen

- Voit keskeyttää mittauksen esim. suihkun ajaksi irrottamalla laitteen rintakehästäsi. Mittaus jatkuu automaattisesti, kun kiinnität laitteen rintakehäsi.
- Kun haluat päättää mittauksen, irrota mittalaite kehostasi. Mittaus päättyy automaattisesti.

Huom! Elektrodit ovat kertakäyttöisiä. Suihkun yhteydessä vaihda uudet elektrodit. Jos elektrodit irtoavat kesken mittauksen, vaihda elektrodit. Elektrodeissa oleva liima tai elektrodipasta voi ärsyttää ihoa, joten pyyhi iho elektrodien poistamisen jälkeen.

Jos tulee kysymyksiä, niin ota yhteyttä → XXXX.XXXXX@mil.fi, 040 XXXXXXX

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
COOPER	,139	13	,200 [*]	,943	13	,491
PPERGO	,135	13	,200 [*]	,925	13	,296
PU	,208	13	,127	,878	13	,066
SU	,208	13	,129	,921	13	,263
SLJ	,211	13	,117	,898	13	,127

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
UNI	,145	11	,200 [*]	,937	11	,491
HV	,153	11	,200 [*]	,953	11	,687
FV	,152	11	,200 [*]	,951	11	,653
AV	,171	11	,200 [*]	,930	11	,407
SUOR	,147	11	,200 [*]	,968	11	,866
PO	,137	11	,200 [*]	,951	11	,654
TU	,167	11	,200 [*]	,962	11	,795
TOTALTLX	,146	11	,200 [*]	,976	11	,936
LENTORPE	,327	11	,002	,742	11	,002

*. This is a lower bound of the true significance.

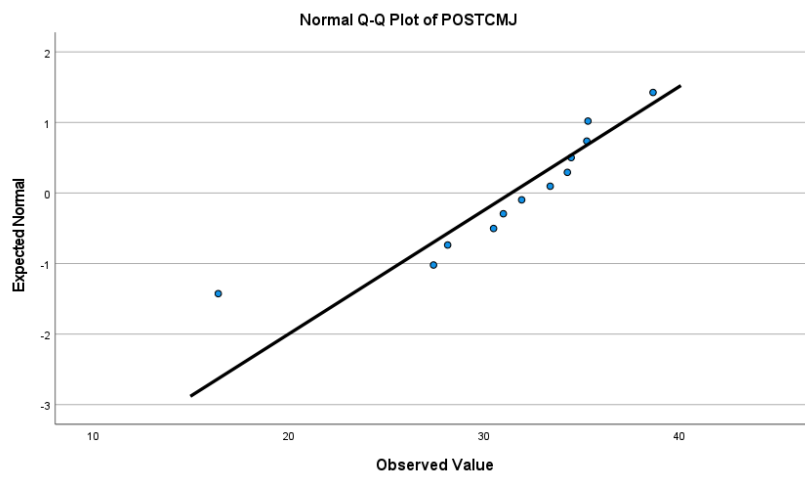
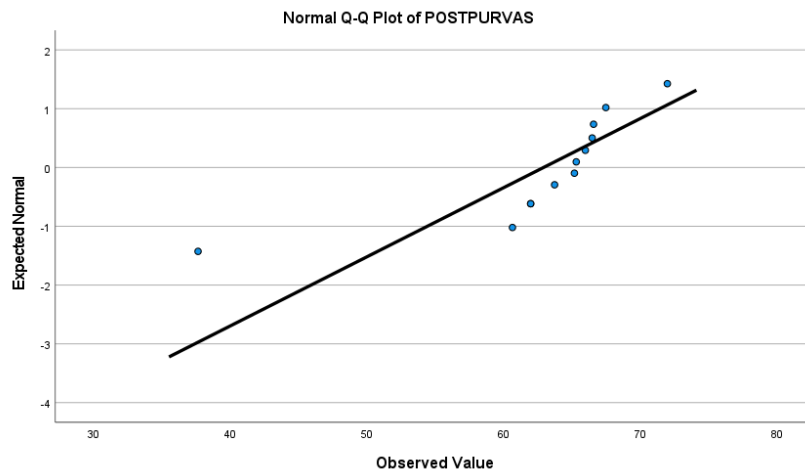
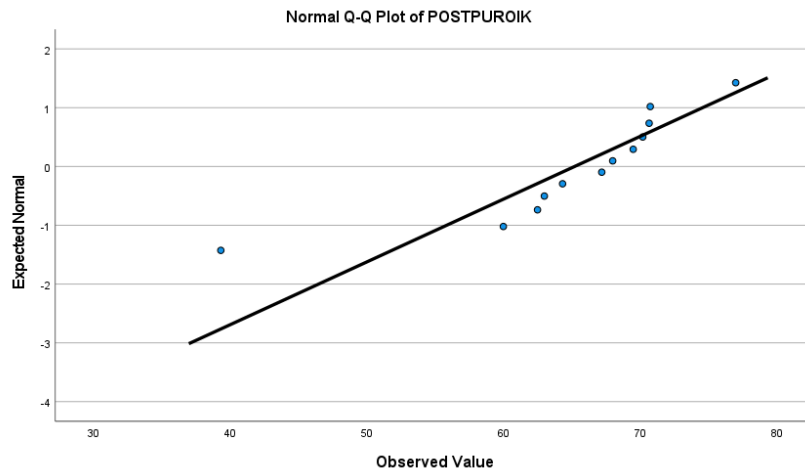
a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PREPUROIK	,123	12	,200 [*]	,975	12	,953
PREPURVAS	,116	12	,200 [*]	,982	12	,990
PRECMJ	,168	12	,200 [*]	,936	12	,452
POSTPUROIK	,220	12	,114	,799	12	,009
POSTPURVAS	,312	12	,002	,669	12	<,001
POSTCMJ	,187	12	,200 [*]	,853	12	,040

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction



Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PRECOR	,115	9	,200 [*]	,993	9	,999
PREAMYL	,240	9	,144	,939	9	,574
PREDHEAS	,235	9	,162	,832	9	,047
PREDHEA	,262	9	,076	,856	9	,088
POSTCOR	,153	9	,200 [*]	,975	9	,935
POSTAMYL	,194	9	,200 [*]	,911	9	,322
POSTDHEAS	,175	9	,200 [*]	,957	9	,765
POSTDHEA	,180	9	,200 [*]	,888	9	,192
POST2COR	,176	9	,200 [*]	,919	9	,383
POST2AMYL	,175	9	,200 [*]	,923	9	,418
POST2DHEAS	,145	9	,200 [*]	,969	9	,885
POST2DHEA	,206	9	,200 [*]	,944	9	,621

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PRE30MINPNS	,120	10	,200 [*]	,961	10	,795
PRE30MINSNS	,245	10	,089	,874	10	,110
PRESDNN	,185	10	,200 [*]	,961	10	,799
PREMEANHR	,199	10	,200 [*]	,912	10	,295
PREMINHR	,278	10	,028	,853	10	,063
PREMAXHR	,207	10	,200 [*]	,919	10	,351
PRERMSSD	,142	10	,200 [*]	,969	10	,882
PREPNN50	,191	10	,200 [*]	,863	10	,083
PRELF	,195	10	,200 [*]	,872	10	,104
PREHF	,253	10	,069	,876	10	,118
PRETP	,235	10	,127	,905	10	,250
PRELFHFRATIO	,176	10	,200 [*]	,955	10	,729
WALKPNS	,203	10	,200 [*]	,913	10	,301
WALKSNS	,249	10	,080	,901	10	,225
WALKSDNN	,160	10	,200 [*]	,943	10	,589
WALKMEANHR	,253	10	,069	,846	10	,052
WALKMINHR	,159	10	,200 [*]	,970	10	,891
WALKMAXHR	,237	10	,117	,946	10	,624
WALKRMSSD	,177	10	,200 [*]	,912	10	,296
WALKPNN50	,295	10	,014	,815	10	,022
WALKLF	,204	10	,200 [*]	,907	10	,260
WALKHF	,303	10	,010	,668	10	<,001
WALKTP	,244	10	,093	,863	10	,083
WALKLFHFRATIO	,172	10	,200 [*]	,931	10	,456
FLIGHTPNS	,198	10	,200 [*]	,907	10	,263
FLIGHTSNS	,284	10	,022	,680	10	<,001
FLIGHTSDNN	,194	10	,200 [*]	,970	10	,894
FLIGHTMEANHR	,275	10	,031	,707	10	,001
FLIGHTMINHR	,129	10	,200 [*]	,969	10	,885
FLIGHTMAXHR	,158	10	,200 [*]	,954	10	,720
FLIGHTRMSSD	,135	10	,200 [*]	,956	10	,738
FLIGHTPNN50	,163	10	,200 [*]	,935	10	,498
FLIGHTLF	,243	10	,097	,883	10	,141
FLIGHTHF	,168	10	,200 [*]	,907	10	,261
FLIGHTTP	,134	10	,200 [*]	,954	10	,712
FLIGHTLFHFRATIO	,283	10	,023	,876	10	,116
POSTPNS	,194	10	,200 [*]	,936	10	,506
POSTSNS	,228	10	,148	,821	10	,026
POSTSDNN	,154	10	,200 [*]	,951	10	,678
POSTMEANHR	,163	10	,200 [*]	,904	10	,245
POSTMINHR	,156	10	,200 [*]	,919	10	,348
POSTMAXHR	,196	10	,200 [*]	,938	10	,536
POSTRMSSD	,198	10	,200 [*]	,962	10	,810
POSTPNN50	,209	10	,200 [*]	,904	10	,240
POSTLF	,173	10	,200 [*]	,969	10	,883
POSTHF	,270	10	,037	,887	10	,159
POSTTP	,187	10	,200 [*]	,924	10	,393
POSTLFHFRATIO	,303	10	,010	,816	10	,023

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

