MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

SOTILASLENTÄJIEN KAULARANGAN LIHASVOIMAN MITTAAMISEEN TARKOITETUN ISOMETRISEN VOIMAMITTARIN RELIABILITEETTI

Pro Gradu -tutkielma

Yliluutnantti Ville Mattila

SMOHJ17

Ilmasotalinja

03/2023

Kurssi SMOHJ17	Linja Ilmasotalinja
Tekijä Yliluutnantti Ville Mattila	
Opinnäytetyön nimi **SOTILASLENTÄJIEN KAULARANGAN LIHASVOIMAN MITTAAMISEEN TARKOITETUN ISOMETRISEN VOIMAMITTARIN RELIABILITEETTI**	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika Maaliskuu 2023	**Tekstisivuja** 47 **Liitesivuja** 21

TIIVISTELMÄ

Sotilaslentäjä työskentelee hyvin uniikissa toimintaympäristössä. Teknologian kehitys ja nykyaikaisen taistelukentän vaatimukset asettavat sotilaslentäjän alttiiksi sekä fyysiselle että henkiselle kuormitukselle. Nykyaikaiset hävittäjät mahdollistavat suurien kiihtyvyysvoimien syntymisen hyvin lyhyessäkin ajassa. Kiihtyvyysvoimat altistavat sotilaslentäjien tukirangat erilaisille vammoille ja oireiluille. Niskan ja alaselän alueen oireet ovatkin hyvin yleisiä sotilaslentäjien keskuudessa. Kaularangan rappeumamuutokset ovat tietyiltä osin määritelty sotilaslentäjien ammattitaudiksi.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sotilaslentäjien kaularankojen isometrisen voiman mittaamiseen suunnitellun mittalaitekokonaisuuden reliabiliteetti eli toistettavuus. Reliabiliteettia tarkasteltiin vertaamalla toisiinsa saman testaajan eri testikertojen välisiä sekä kahden eri mittaajan välisiä testituloksia.

Tutkimukseen osallistui 41 vapaaehtoista Maanpuolustuskorkeakoulun opiskelijaa. Koehenkilöt osallistuivat testausviikon aikana kahteen tai kolmeen mittaustapahtumaan, joissa he suorittivat kaularangan isometrisiä lihasvoimatestejä eteen-, taakse- ja sivutaivutus (oikealle ja vasemmalle) suuntiin istuma-asennossa. Tilastollisena menetelmänä käytettiin intra-class correlation -menetelmää (ICC).

Mittauslaitekokonaisuus osoitti liikesuunnasta riippuen hyvästä erinomaiseen toistettavuutta saman mittaajan eri mittauskertojen välillä (ICC=0.79-0.90). Kahden eri mittaajaan mittausten välillä laite osoitti liikesuunnasta riippuen kohtalaisesta hyvään toistettavuutta (ICC=0.58-0.84).

Tämän tutkimuksen perusteella mittauslaitekokonaisuus vaikuttaa toistettavuudeltaan toimivalta mittarilta kaularangan isometrisen voiman mittaamiseen. Kuitenkin mittaustuloksissa esiintyneen vaihtelun seurauksena mittauslaitekokonaisuus ja mittaustapahtuma vaativat lisätutkimusta. Tulevissa tutkimuksissa tulee kiinnittää erityistä huomiota mittauslaitekokonaisuuden yksilökohtaiseen sopivuuteen sekä mittausasennon tarkempaan vakiointiin toistettavuuden parantamiseksi.

AVAINSANAT

fyysinen toimintakyky, isometrinen voima, TULE-oireet, kiihtyvyysvoima, kaularanka

Sisällys

1. JOHDANTO ... 1
2. KAULARANGAN ANATOMIA JA AIEMMAT TUTKIMUKSET ... 3
2.1 Fasettinivelet ja välilevyt ... 5
2.2 Kaularangan lihakset ... 6
2.3 Kaularangan liike ... 10
2.4 Isometrinen voimamittaus ... 11
2.5 Aiempia kaularangan isometrisen voimamittauksen reliabiliteettitutkimuksia ... 13
3. HÄVITTÄJÄOHJAAJAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ KAULARANGAN TOIMINNAN JA FYSIOLOGIAN NÄKÖKULMASTA ... 17
3.1 Hävittäjälentäjän työperäinen tuki- ja liikuntaelinoireilu ... 19
3.2 Kaularangan lihaksiston harjoittaminen hävittäjälentäjillä ... 20
4. TUTKIMUSONGELMAT ... 22
4.1 Tutkimuskysymykset ... 22
5. TUTKIMUSMENETELMÄT ... 23
5.1 Tutkimusmenetelmä ja aineistonhankinta ... 23
5.2 Tutkimusjoukko ... 23
5.3 Mittaustapahtuma ... 25
5.4 Lihasarkuuden ja kiputilojen arviointi ... 27
5.5 Tilastolliset menetelmät ... 28
6. TULOKSET JA ANALYYSI ... 29
6.1 Lihaskivut ... 30
6.2 Lihasväsymys ja -arkuus ... 31
7. POHDINTA ... 33
7.1 Tulokset ... 33
7.2 Mittaukset ... 34
7.3 Tuloksiin vaikuttaneet tekijät ... 35
7.3.1 Mittauslaitekokonaisuus ... 36
7.3.2 Mittaustapahtuma ... 38
7.3.3 Muut vaikuttavat tekijät ... 41
8. JOHTOPÄÄTÖKSET ... 46
LÄHTEET
LIITTEET

SOTILASLENTÄJIEN KAULARANGAN LIHASVOIMAN MITTAAMISEEN TARKOITETUN ISOMETRISEN VOIMAMITTARIN RELIABILITEETTI

1. JOHDANTO

Hävittäjäohjaajat ovat kriittinen osa Suomen Ilmavoimien ja koko Suomen Puolustusvoimien suorituskykyä. Hävittäjäohjaajat vastaavat omalta osaltaan normaalioloissa alueellisen koskemattomuuden valvonnasta ja turvaamisesta sekä poikkeusoloissa Isänmaamme itsenäisyyden ja sen kansalaisten turvaamisesta. Hävittäjäohjaajien toiminta- ja työympäristö on hyvin uniikki. He joutuvat työssään lähes päivittäin suurien kiihtyvyyskuormitusten kohteeksi. On osoitettu, että suurilla kiihtyvyyskuormilla on yhteys tuki- ja liikuntaelin vammojen esiintyvyyteen etenkin niskan ja selän alueella (Kikukawa ym. 1995). Työperäiset tuki- ja liikuntaelin- (TULE) vammat, sairaudet ja oireilu ovat hyvin yleisiä hävittäjälentäjien keskuudessa (Vanderbeek 1988; Rintala 2012; Grossman ym. 2012; Truszczynska ym. 2014; Rintala 2015).

Nykyaikainen teknologia ja varusteet ovat mahdollistaneet aselavettien ja -järjestelmien hyvin tehokkaan käytön. Käytöllä on kuitenkin hintansa. Kehittyneet järjestelmät ja suorituskykyiset hävittäjät luovat entistä enemmän vaatimuksia hävittäjäohjaajan fyysiselle suorituskyvylle. Varsinkin kaularangan alue on erityisen kovilla (Sovelius ym. 2022). Kaularangan kuormittumista lisää hävittäjäohjaajan päässä oleva painava kypärätähtäimellä varustettu kypärä (JHMCS), joka luo pään alueelle enemmän massaa sekä siirtää pään painopistettä epäedulliseen suuntaan (Lange ym. 2011).

Monet tutkimukset (Jones ym. 2000; Sovelius ym, 2006; Rausch ym. 2021) ovat osoittaneet, että kaularangan lihaksiston harjoittaminen vähentää sen kuormittumista lennoilla. Kuormituksen hallinnalla taas voidaan pienentää TULE-vamma- ja oireriskiä. Tutkimustiedosta huolimatta Suomen Ilmavoimilla ei kuitenkaan ole tällä hetkellä käytössä mittaria, jolla kaularangan lihaksiston kuntoa voitaisiin mitata ja seurata. Tämä tutkimus on osa

suurempaa tutkimuskokonaisuutta, jonka tarkoituksena on tuottaa Ilmavoimien käyttöön toimiva kaularangan alueen voimatasoja mittaava edullinen ja liikuteltava (kenttätesteihin soveltuva) mittari.

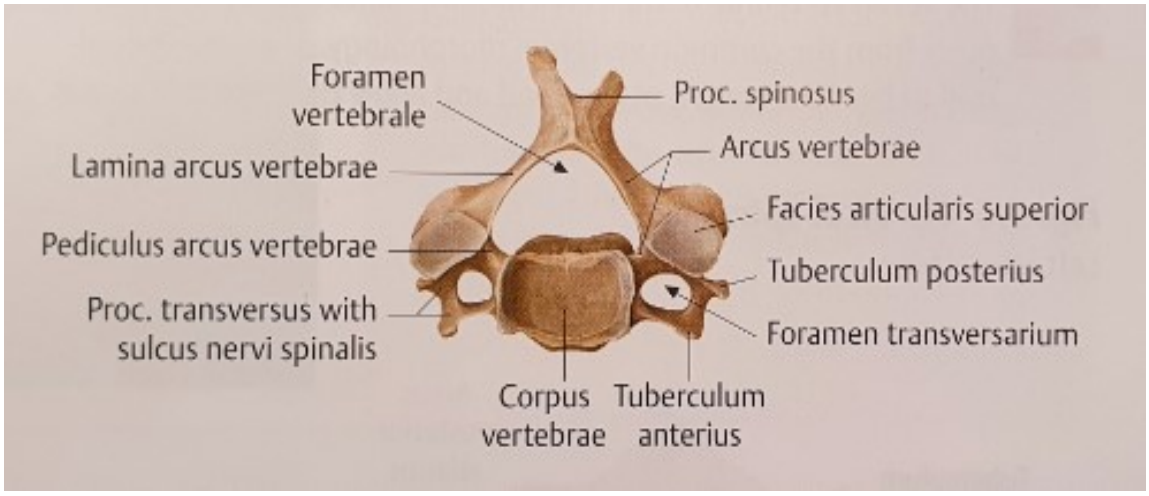
Tämä Pro Gradu -tutkimus keskittyy kyseisen mittalaitekokonaisuuden reliabiliteetin tutkimiseen. Reliabiliteetilla tarkoitetaan mittaustulosten toistettavuutta. Mittauksen tai tutkimuksen reliaabelius tarkoittaa siis sen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Reliaabelius voidaan todentaa monella tavalla. Esimerkiksi, jos kaksi arvioijaa päätyy samanlaiseen tulokseen tai samaa henkilöä tutkittaessa eri tutkimuskerroilla saadaan sama tulos, voidaan tulokset todeta reliaabeleiksi. (Hirsjärvi ym. 2009, 231.)

Reliabiliteetin tutkimisen ohella tästä tutkimuksesta saadaan koehenkilöiltä kaularangan alueen voimatasoihin liittyvää dataa, jota voidaan hyödyntää jatkotutkimuksissa. Jos kyseinen mittari todetaan toimivaksi, se antaa Ilmavoimille mahdollisuuden kartoittaa hävittäjäohjaajien kaularangan lihaksiston kuntoa ja voimatasoja, seurata harjoittelun vaikutuksia sekä löytää mahdolliset heikkoudet aikaisessa vaiheessa. Aikainen heikkouksien löytäminen mahdollistaa henkilöiden ohjaamisen spesifin kaularangan harjoittelun pariin ja täten pienentää myöhemmin työuralla ilmenevien kaularangan tule-ongelmien todennäköisyyttä.

Lisäksi tämän tutkimuksen tavoitteena oli todentaa mittalaitteen ja siihen käytettävän protokollan turvallisuus, sekä selvittää tutkimuksessa toteutettujen isometristen lihaspuristuksien jälkeen ilmeneviä jälkioireita. Tässä tutkimuksessa jälkioireita selvitettiin tiedustelemalla koehenkilöillä ilmenneitä viivästyneitä lihasarkuuksia (*delayed-onset muscle soreness, DOMS*) ja lihaskipuja. Ilmavoimilla ei ole toistaiseksi ollut käytössä tutkitusti toimivaa kaularangan lihaksiston voimamittaria. Lisäksi kaupalliset mittalaitekokonaisuudet ovat usein kalliita, raskastekoisia ja vaikeasti liikuteltavia ja kalibroitavia, eivätkä näin ollen sovellu kenttätestaamiseen. Tässä tutkimuksessa tutkittu ja käytetty mittalaitekokonaisuus on puolestaan halpa ja hyvin mobiili kokonaisuus mahdollistaen laitteiston helpon liikuttelun ja mittaustapahtumien järjestämisen. Mikäli tämän kaltainen mittauslaitekokonaisuus todetaan toimivaksi, se antaa Ilmavoimille mahdollisuuden kartoittaa työntekijöiden kaularangan alueen lihasten voimatasoja ja seurata harjoittelun vaikutuksia.

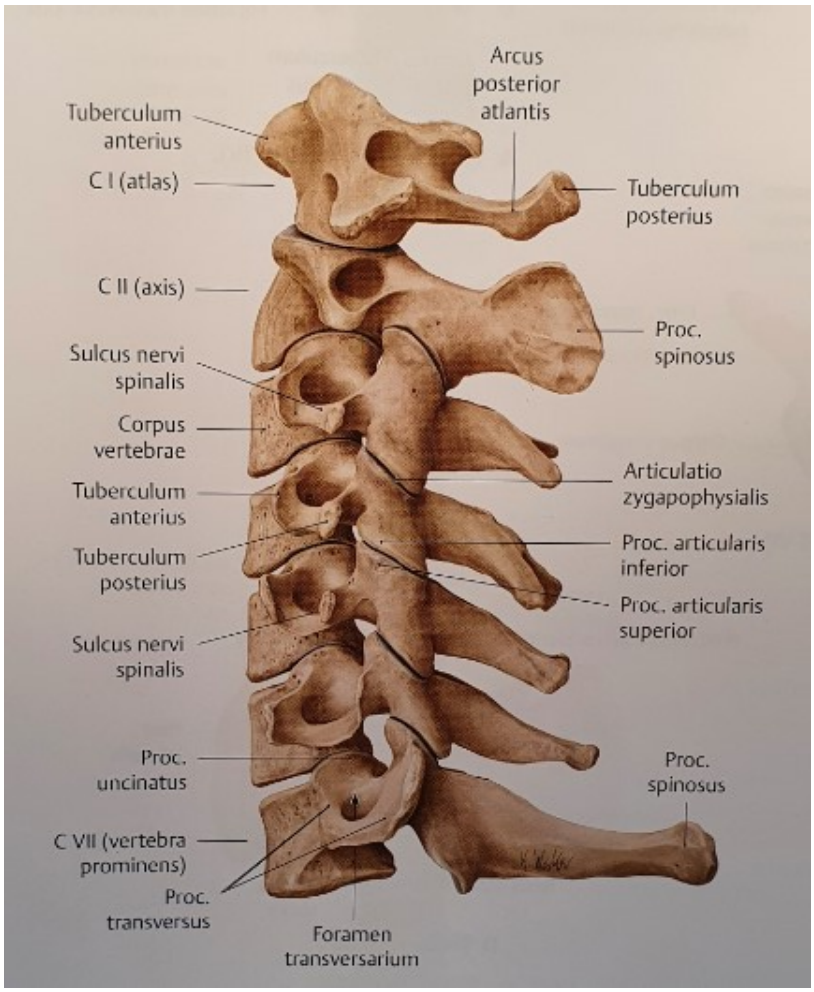
2. KAULARANGAN ANATOMIA JA AIEMMAT TUTKIMUKSET

Kaula-, rinta- ja lanneranka sekä ristiluu ja häntäluu muodostavat yhdessä selkärangan. Kaularangassa on loiva eteenpäin suuntautuva kaari eli lordoosi. Selkärangan nikamat koostuvat solmusta (*corpus vertebrae*), nikamakaaresta (*arcus vertebrae*) ja kahdesta sivulle suuntautuvasta poikkihaarakkeesta (*processus transversus*), yhdestä taaksepäin suuntautuvasta okahaarakkeesta (*processus spinosus*) sekä neljästä naapurinikamia yhteen liittävistä nivelhaarakkeista (*processus artcularis*). (Leppäluoto ym. 2017, 76-77.) Kuvassa 1 on esitetty nikaman anatomia ylhäältä päin katsottuna.



Kuva 1. Kaularangan nikaman rakenne (Gilroy ym. 2009, 7)

Kaularanka koostuu seitsemästä nikamasta, jotka eroavat muodoltaan selkeästi muun selkärangan nikamista. Ne ovat erikoistuneet pään kannatteluun ja mahdollistavat niskan liikkeet kaikkiin liikesuuntiin. Kaularangan ylimmät nikamat C1 ja C2 tunnetaan nimillä atlas ja axis. (Gilroy ym. 2009, 8.) Atlas ja axis eroavat rakenteeltaan muista kaularangan nikamista (Hamill & Knutzen. 2003, 239). Atlaksessa on kallonpohjaan vastaavat nivelpinnat ja nikamakaaren aukko, jossa on poikkiside. Axiksessa on puolestaan keskellä hammas, joka mahdollistaa axiksen liittymisen atlaksen nikamakaaren aukkoon. (Leppäluoto ym. 2017, 79.) Kuvassa 2 on esitetty kaularangan luiset rakenteet sivulta katsottuna.



Kuva 2. Kaularangan anatomia sivulta katsottuna (Gilroy ym. 2009, 8)

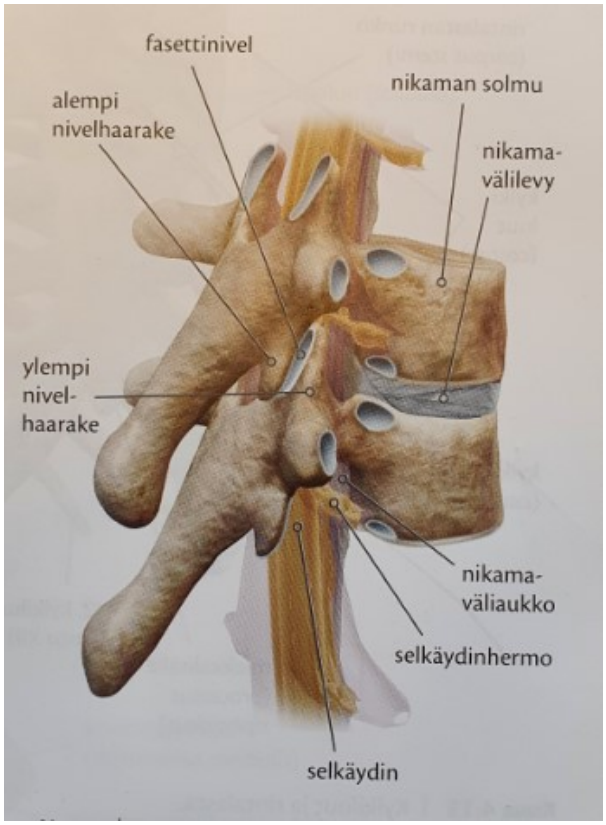
Kaularanka voidaan jakaa anatomisesti ja toiminnallisesti morfologian, biomekaniikan ja välilevyjen puuttumisen perusteella kahteen osaan. Kaularangan yläosan muodostavat atlas ja axis (C1-C2), eikä yläosassa ole ollenkaan välilevyjä. Alaosan muodostavat loput kaularangan nikamat (C3-C7) ja tältä alueelta löytyvät myös välilevyt. (Reichert. 2008, 171.)

Kaularangan ylempään osaan kuuluu kaksi eri niveltä: ylempi *(atlanto-occipitalis)* ja alempi (*atlanto-axialis*) niskanivel. Ylempi niskanivel on sarananivel ja se sijaitsee kallonpohjan ja kannattajanikaman välissä. Sen tarkoituksena on tuottaa kaularangan ojennus- ja koukistusliikkeet mutta se osallistuu vähäisesti myös sivuttaistaivutukseen. Alempi niskanivel on kiertäjänikama. Se jaetaan keskimmäiseen ja ulompaan kannattajaniveleen. Keskimmäinen on ratasnivel ja ulompi on tasonivel. Nämä molemmat nivelet tuottavat kaularangan rotaatiota. (Mylläri 2008, 35-36.)

2.1 Fasettinivelet ja välilevyt

Peräkkäisten nikamien yläpuolisten ja alapuolisten nivelhaarakkeiden välillä sijaitsevat fasettinivelet, joiden nivelpintojen suunnat vaihtelevat nikamien sijainnin suhteen. Kaulanikamissa ne ovat lähes vaakatasossa ja täten sallivat kaularangan koukistuksen, ojennuksen, sivutaivutukset ja kierron. Kaularanka onkin selkärangan liikkuvin osa. (Leppäluoto ym. 2017, 79.)

Kaularangan nikamien (C2-C7) välillä sijaitsevat nikamavälilevyt, jotka vähentävät nikamiin kohdistuvien iskujen voimia. Nikamavälilevyn rengasmainen reunaosa on kiinteä ja runsaasti kollageenia sisältävä syykehä. Nikamavälilevyn keskiosa eli ydin on puolestaan pehmeä ja sisältää hapanta väliainetta. Välilevyt muodostavat noin 25% selkärangan kokonaispituudesta. Pystyasennossa ne painuvat kokoon, minkä vuoksi ihminen on aamuisin hieman pidempi kuin iltaisin. (Reichert 2008, 77-79.) Kuvassa 3 on kuvattu nikamien liittyminen toisiinsa.



Kuva 3. Nikamien liittyminen toisiinsa välilevyjen ja fasettinivelten avulla (Leppäluoto ym. 2017, 79).

2.2 Kaularangan lihakset

Dynaamisessa liikkeessä ja staattisessa asennossa kaularangan asennon hallinta perustuu hermoston ja kaularangan alueen lihasten oikea-aikaiseen ja eriytyneeseen aktivoitumiseen sekä niiden sopivaan voimantuottoon. Useat lihakset säätelevät pään ja hartiaseudun asentoa yhtäaikaisesti. Yksittäisen lihaksen toiminta perustuu sen sijaintiin ja kulkusuuntaan suhteessa rankaan. Kaularangan etupuolella sijaitsevat pääsääntöisesti nyökkäysliikettä eli kaularangan taivutusta (fleksio) aikaansaavat lihakset. Kaularangan selänpuolisten lihasten pääasiallinen tehtävä on nostaa päätä (eteentaivutuksesta) ja ojentaa kaularankaa (ekstensio). (Rinne. 3-9. Viitattu 17.8.2022.) Epäkäslihas ja päänkiertäjälihas jakavat niskan alueen lihakset etupuoleisiin (*anterior*) ja selänpuoleisiin (*posterior*) lihaksiin (Drake ym. 2005, 762.)

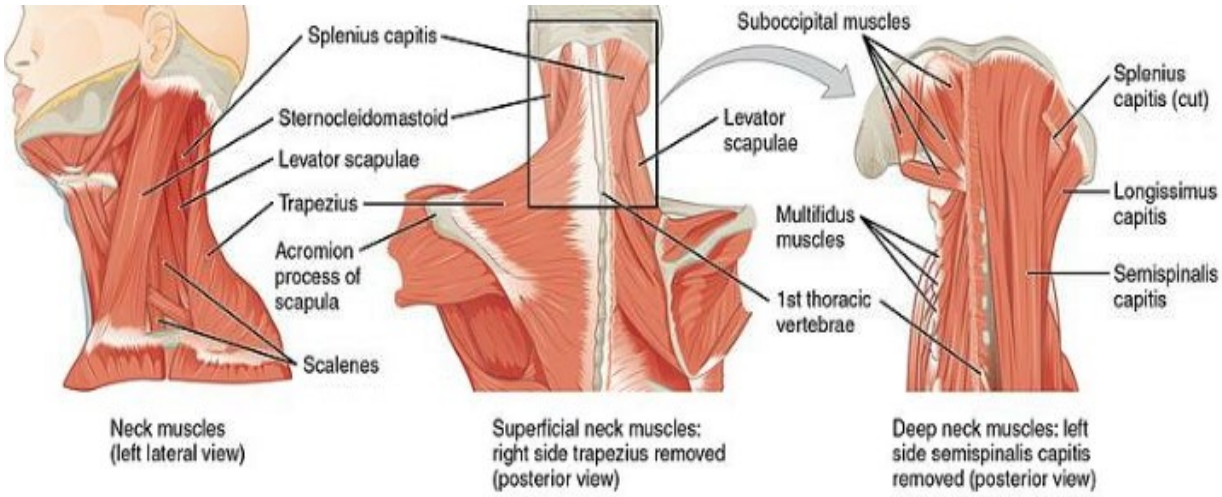
Seuraavissa taulukoissa (taulukko 1. ja 2.) ja kuvissa (kuva 4. ja 5.) on esitelty niskan alueen lihaksistoa sekä niiden tehtäviä.

Taulukko 1.

Kaularangan selänpuoleiset lihakset

Lihas	Tehtävä
Päännyökkääjälihas (*sternocleidomastoideus*)	Liikuttaa päätä sivuille, kiertäen, eteenpäin
Epäkäslihas (*trapezius*)	liikuttaa lapaluuta
Pään ohjaslihas (*splenius capitis*)	kiertää ja liikuttaa päätä taaksepäin
Lavan kohottajalihas (*levator scapulae*)	nostaa lapaluuta
Takimmainen kylkiluun kannattajalihas (*posterior scalene*)	nostaa 2. kylkiluuta
Keskimmäinen kylkilyyn kannattajalihas (*middle scalene*)	nostaa 1. kylkiluuta
Etummainen kylkiluun kannattajalihas (*anterior scalene*)	nostaa 1. kylkiluuta

(Drake ym. 2008, 921)



Kuva 4. Posterior muscles of the neck (https://commons.wikimedia.org)

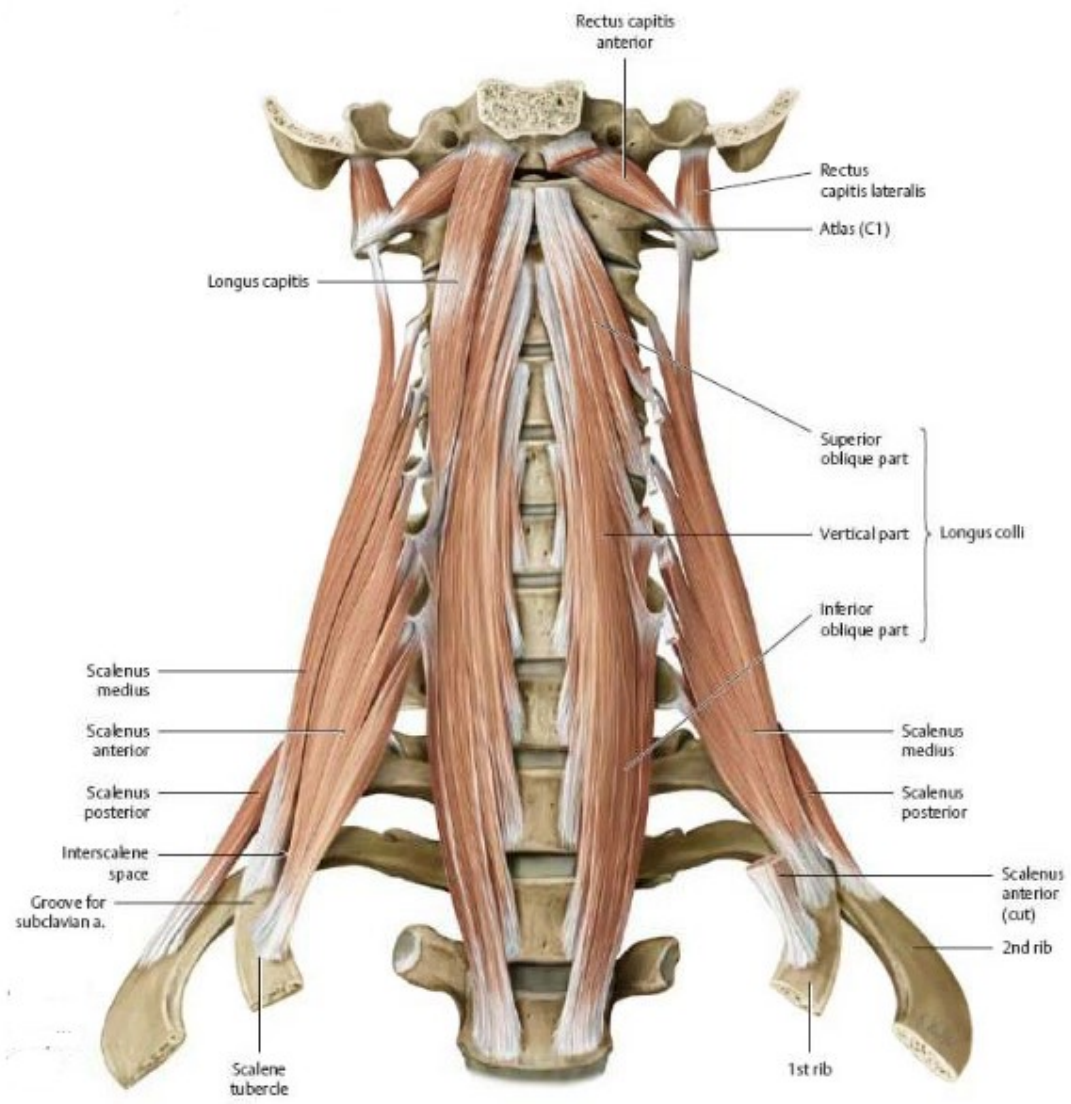
Kaularangan alueelta löytyy myös niskan faskian ja selkärangan välissä olevia lihaksia (*prevertebral muscles*) (Drake ym. 2008, 926). Seuraavassa taulukossa on esiteltynä kyseisiä lihaksia.

Taulukko 2.

Niskan faskian ja selkärangan välisiä lihaksia

Lihas	Tehtävä
Etummainen suora ohjaslihas (*rectus capitis anterior*)	liikuttaa päätä ylemmästä niskanivelestä
Ulompi suora ohjaslihas (*rectus capitis lateralis*)	liikuttaa päätä lateraalisesti
Pitkä kaulalihas (*longus colli*)	liikuttaa päätä taaksepäin, lateraalisesti ja osallistuu rotaatioon
Pitkä pään ohjaslihas (*longus capitis*)	pään nyökkäys

(Drake ym. 2008, 926).



Kuva 5. Niskan faskian ja selkärangan välisiä lihaksia (Gilroy ym. 2009, 593).

2.3 Kaularangan liike

Kaularanka kannattelee päätä, jonka paino on noin 10% vartalon painosta. Pään painopiste aiheuttaa niskalihaksille jatkuvan, vaikkakin vähäisen, aktivaation pään kannattelemiseksi. Rotaatio on kaularangan tärkein ja laajin liike. (Reichert. 2008, 169.)

Ylin (C1) ja toiseksi ylin (C2) kaulanikama tuottavat pään liikkeet (Drake ym. 2005, 31). Nyökkäysliike tapahtuu pääasiassa takaraivonluun ja C1:n välissä ja kiertoliike C1:n ja C2:n välissä. Pään sivulle taivutukseen osallistuvat yhteisesti kaikki kaularangan nikamavälit.

(Nienstedt ym. 2014, 110-111.) C0-C1-nivelessä liike tapahtuu pääosin sagittaalitasossa. Fleksio ja ekstensio kattavat yhdessä noin 27 asteen liikealueen, josta 7,2 astetta on fleksiota ja 20,2 astetta ekstensiota. Kallonpohjan ja C1-nikaman välinen segmentti sallii noin 5 asteen rotaation ja sivutaivutuksen molempiin suuntiin. C1-C2-segmentin pääasiallinen liike on aksiaalinen rotaatio, joka on noin 40 astetta kumpaankin suuntaan. Tämän segmentin fleksio-ekstensio kattaa yhdessä noin 20 asteen liikelaajuuden, joka jakautuu tasaisesti fleksioon ja ekstensioon. (Reichert 2008, 179-180.)

2.4 Isometrinen voimamittaus

Voima voidaan jaotella osatekijöihin voiman lajin ja lihassupistumistavan mukaan. Lihasvoiman lajeja ovat maksimi-, nopeus- ja kestovoima. (Keskinen ym. 2018, 169.) Lihaksen supistumistavat voidaan jakaa isometriseen ja dynaamiseen lihassupistukseen. Dynaaminen lihassupistus jaetaan lisäksi konsentriseen ja eksentriseen lihassupistukseen. (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Isometrinen lihastyö eroaa dynaamisesta lihastyöstä siten, että siinä ulkoinen lihaspituus ei muutu. Dynaamisessa lihassupistuksessa lihaksen pituus joko lyhenee (konsentrinen) tai pitenee (eksentrinen). (Kauranen 2014, 171.)

Lihasvoiman suuruus riippuu ensisijaisesti aktivoitavien motoristen yksiköiden määrästä. Mitä enemmän motorisia yksiköitä aktivoituu ja supistuu yhtä aikaa, sitä suurempi on lihasvoima. Tuotettu lihasvoima riippuu myös motoristen yksiköiden syttymistaajuudesta, aktivoitavan lihaskudoksen määrästä, ja lihaksen poikkipinta-alasta. Loppujen lopuksi maksimaalinen lihasvoima riippuu myös monista muista tekijöistä, kuten lihaksen anatomiasta, lihaksen pituudesta, lihassolujakaumasta, nivelkulmasta, iästä, sukupuolesta ja voimaharjoittelusta. (Kauranen 2014, 175-178.)

Lihaspituudella on olennainen merkitys lihaksen voimantuotossa, sillä se on vahvasti riippuvainen lihaksen pienimmän supistuvan osan, sarkomeerin sen hetkisestä pituudesta. (Keskinen ym. 2007, 129.) Sarkomeerin keskipituuksilla sen voimantuotto on suurinta ja ääripituuksilla, eli venyneenä tai lyhentyneenä, vähäisempää. Koska lihassolu koostuu useista peräkkäisistä sarkomeereista, voidaan sarkomeerin voima-pituus -riippuvuuden ajatella vastaavan lihassolun vastaavaa riippuvuutta. (Mero. 2004, 54.)

Rezasoltani ym. (2013) tutkivat kaularangan ekstensiota tuottavien lihasten ja pään ohjaslihaksen voimantuottoja pään ja niskan eri asennoissa. Kaularangan ekstensiota tuottavien

lihasten maksimaalinen isometrinen voima vaihteli merkittävästi kaularangan asennosta riippuen. Tulokset indikoivat, että kyseisten lihasten maksimaalinen isometrinen voimantuotto oli suurimmillaan niskan asennon ollessa neutraali. Isometrinen voimatuotto oli suurempaa myös kaularangan ollessa fleksiossa, kuin ekstensiossa. Myös Suryanarayanan ja Kumarin (2005) löydös oli, että kaularangan lihaksiston isometrinen voimataso oli korkeimmillaan sekä ekstensio- että fleksiosuuntaan pään asennon ollessa neutraali.

Hermo-lihasjärjestelmän toimintaa mitattaessa tulee sekä testien suorittamisessa että erilaisten mittalaitteiden käytössä noudattaa suurta tarkkuutta (Keskinen ym. 2018, 176). Ennen testaamista on arvioitava käytettäviksi aiottujen testien toistettavuutta ja luotettavuutta eri hermo-lihasjärjestelmän ominaisuuksien mittaamisessa. Mittausmenetelmien ja käytössä olevien välineiden osalta täytyy arvioida, kuinka hyvin ne soveltuvat halutun ominaisuuden mittaamiseen, sillä esimerkiksi harjoittelun aiheuttamia muutoksia voimantuotossa, ei välttämättä havaita oikeanlaisina kaikilla mittausmenetelmillä. (Keskinen ym. 2007, 134–135.)

Isometrisillä voimatesteillä voidaan mitata tietyn lihasryhmän voimantuottoa vakioidulla nivelkulmalla. Näissä testeissä testattava pyrkii tuottamaan voimaa paikallaan olevaan mittauslaitteeseen niin paljon ja niin nopeasti kuin mahdollista. Testattavan tuottama voima aiheuttaa mittausantureissa vasteen, joka muuttuu sähköiseksi signaaliksi, jonka amplitudi vastaa tuotetun voiman suuruutta. Isometrisissä voimamittauksissa on suositeltavaa tehdä vähintään kolme suoritusta, mutta niitä voidaan jatkaa niin kauan, kunnes voimataso ei enää kohoa enempää kuin 5 %. Suoritusten välillä tulee olla vähintään 1-2 minuuttia lepoa. (Ahtiainen & Häkkinen 2018.)

Isometrisissä voimamittauksissa käytetään useimmiten mittauslaitteena erilaisia venymäantureita, jotka aistivat niihin kohdistuvaa venytys- tai puristusvoimaa. Tällaisilla antureilla pystytään mittaamaan luotettavasti, toistettavasti ja spesifisti halutun lihaksen tai lihasryhmän lihasvoimaa. (Kauranen & Nurkka. 2010, 280-282.) Isometrisissä testeissä lihaksen eristäminen onnistuu poikkeuksellisen hyvin. Usein mittauksissa käytetään jonkinlaista voimadynamometriä, joka mittaa hyvin tarkasti maksimaalista tahdonalaista voimantuottoa. Mittaustulosten avulla voidaan arvioida esimerkiksi henkilön kuntotutumista tai vertailla eri henkilöiden voimatasoja keskenään. (Keskinen ym. 2007, 138-139.)

Terveille henkilöille tarkoitettuja testejä pidetään yleisesti turvallisina. Yksi mittausten tehtävistä on selvittää testattavan elimistön kuormituksen sietoa turvallisissa ja valvotuissa

olosuhteissa. (Keskinen ym. 2018, 31.) Ahtiaisen ym. (2018) mukaan isometristen testien etuna on muun muassa hyvä toistettavuus, turvallisuus ja helppous. Isometristen testien heikkoutena puolestaan on se, että niiden tulokset eivät välttämättä kerro dynaamisesta voimantuotosta. Dynaamisessa lihastyössä esimerkiksi venymis-lyhenemissyklistä johtuva elastisen energian käyttö vaikuttaa voimantuottoon. (Ahtiainen & Häkkinen 2018.)

Kun testataan hermo-lihasjärjestelmää, tulee siis kiinnittää erityistä huomiota testitapahtuman turvallisuuteen ja muistaa, että voimantuotto on aina spesifiä tietylle lihakselle tai lihasryhmälle. Tulosten toistettavuuteen vaikuttaa myönteisesti totuttautuminen testiliikkeisiin. Testien toistettavuuteen vaikuttaa myös testattavien yksilöllinen biologinen päivävaihtelu. Vaihteluvälin on todettu olevan noin 3-6% tietämillä. Myös erilaiset menetelmävirheet, kuten eri testaajien vaikutus tuloksiin, suoritusvirheet testissä tai mittalaitteiden tarkkuus voivat vaikuttaa testin toistettavuuteen. (Keskinen ym. 2018, 178.)

2.5 Aiempia kaularangan isometrisen voimamittauksen reliabiliteettitutkimuksia

Kaularangan alueen isometrisiin voimamittauksiin ja niiden reliabiliteettiin liittyviä tutkimuksia on tehty lukuisia (Strimpakos ym. 2004; Ylinen ym. 2017; Mcdaniel ym. 2021; Chavarro-Nieto ym. 2022; Fuller ym. 2022; McBride ym. 2022). Strimpakos ym. (2004) tutkivat kustomoidun mittarin reliabiliteettia intra-class correlation -menetelmää hyödyntäen, kun kaularangan lihasten isometristä voimaa mitattiin istuma- ja seisoma-asennossa. Seisaaltaan tehdyt suoritteet tuottivat paremman toistettavuuden kuin istuma-asennosta tehdyt testaajien välisen toistattavuuden olleessa hyvä.

Vuonna 2017 Ylisen ym. tekemässä tutkimuksessa tutkittiin isometrisen kestävyysvoimatestin reliabiliteettia. Kyseinen tutkimus toteutettiin makuuasennossa. Tutkimuksessa reliabiliteetti todettiin intra-class correlation -menetelmällä (ICC) hyväksi, mutta Bland-Altmanin -menetelmän analyysi osoitti kohtalaista vaihtelua peräkkäisissä mittauksissa. Johtopäätöksenä todettiin, että itse mittaustapahtumiin tulee kiinnittää enemmän huomiota, jotta ne saadaan vakioitua mahdollisimman identtisiksi.

McDaniel ym. (2021) kartoittivat kehittämäänsä kaularangan alueen lihasten isometrisen voiman mittaamisen menetelmää. ICC:n perusteella mittauskertojen välinen reliabiliteetti oli hyvän ja erinomaisen väliltä ja mittaajien välinen reliabiliteetti välttävän ja erinomaisen väliltä. Tässä tutkimuksessa voimamittaukset toteutettiin istualtaan ja seisaaltaan. Istualtaan ja

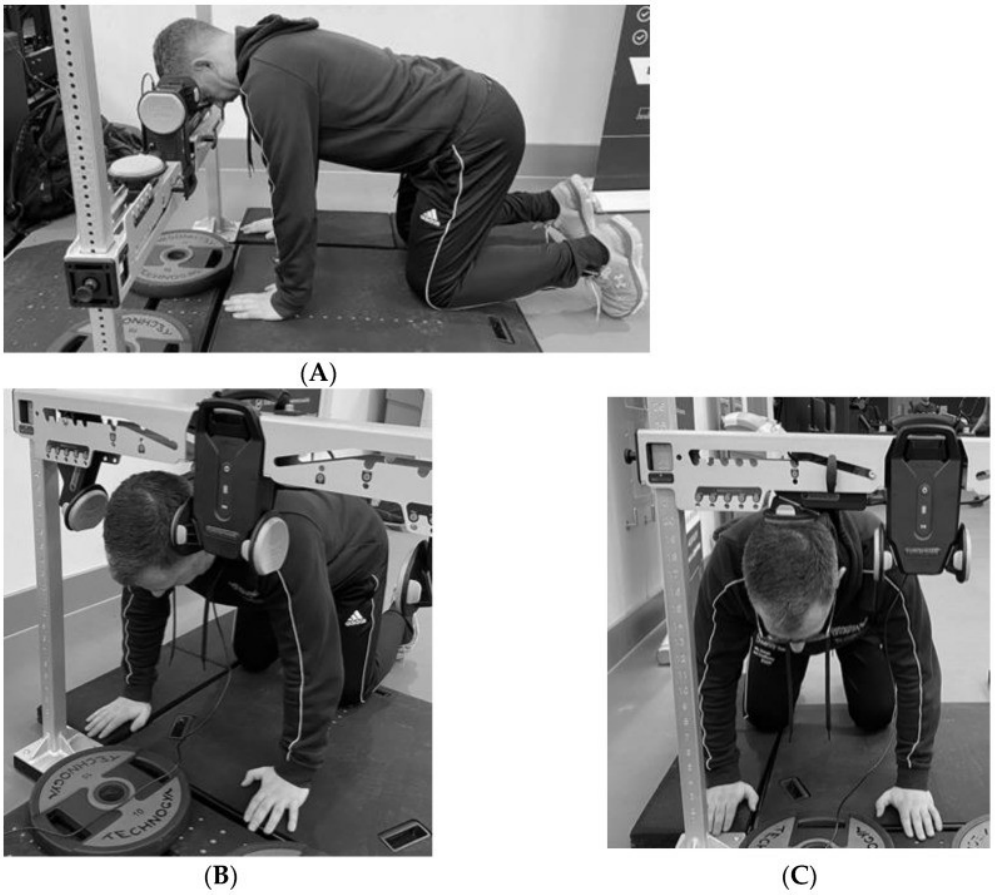
seisaaltaan tehdyt mittaukset osoittivat samankaltaista reliaabeliutta. Kuvassa 6 McDaniel ym. (2021) mittauksissa käytetty seisoma-asento.

Kuva 6. Mittausasennot istuen ja seisten McDaniel ym. (2021) tutkimuksessa.

Chavarro-Nieto ym. (2022) toteuttivat rugbyn pelaajille isometrisen niskavoimien mittauksen istualtaan, jossa voima-anturi oli liitetty kaapelin ja pääpannan avulla koehenkilön päähän. Saman mittaustapahtuman aikana tehdyt mittaukset osoittivat hyvää tai erinomaista toistettavuutta mutta eri mittaustapahtumissa tehdyt mittaukset puolestaan välttävää toistettavuutta. Fuller ym. (2022) toteuttivat samanlaisen tutkimuksen rugbyn pelaajille. Tässä tutkimuksessa intra-rater ja inter-rater reliabiliteetit osoittautuivat molemmat hyviksi tai erinomaisiksi kaularangan liikesuunnasta riippuen. Kuva 7 havainnollistaa Fuller ym. (2022) tutkimuksen mittausasennon.

Kuva 7. Mittausasennot Fuller ym. (2022) tutkimuksessa.

McBride ym. (2022) toteuttivat isometristen niskavoimien mittaamiseen tarkoitetun dynamometrin reliabiliteettitutkimuksen konttausasennossa. Kyseisessä tutkimuksessa ennen varsinaisen mittausdatan keräämistä koehenkilöt suorittivat testaussuorituksen kaltaisia lämmittelysuorituksia. Tässäkin tutkimuksessa tilastollisena menetelmänä käytettiin ICC:a, joka osoitti erinomaista inter-rater reliabiliteettia ja hyvästä erinomaiseen intra-rater reliabiliteettia. Kuva 8. on havainnekuva McBride ym. (2022) käyttämästä mittausasennosta.



Kuva 8. Mittausasennot McBride ym. (2022) tutkimuksessa.

3. HÄVITTÄJÄOHJAAJAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ KAULARANGAN TOIMINNAN JA FYSIOLOGIAN NÄKÖKULMASTA

Sotilaslentäjän työ on psykofysiologinen haaste. Teknologian kehittyminen on lisännyt hävittäjien suorituskykyä, mutta sen myötä myös lentäjän fyysistä ja psykologista kuormittumista. Hävittäjälentäjien kuormituksen aiheuttamat kaularangan rappeumat on tietyin todettu sotilaslentäjien ammattitaudiksi. (Sovelius ym. 2019b. 92–94.) Lisäksi lentäjät kärsivät myös lennoilla tapahtuvista akuuteista venähdyksistä (Oksa ym. 1996). Lentäjän kaularangan lihaksiston kuormittuminen johtuu pään liikuttamisesta sekä kiihtyvyyskuormituksesta (Sovelius ym. 2019a; Sovelius ym. 2019b).

Nykyaikaisilla hävittäjillä on kyky muodostaa suuria kiihtyvyyksiä erittäin nopeasti, mikä on keskeisin syy ihmisen elimistössä tapahtuville fysiologisille muutoksille lennolla. Lentokonetta kaarrettaessa elimistöön kohdistuu inertiavoima (+Gz), mikä suuntautuu päästä kohti jalkoja. (Kanninen ym. 1996, 13.) Hävittäjälentäjän työ on maailman raskaimmaksi kutsuttu istumatyö, jossa elimistön pehmytosat ja raajat muuttuvat raskaammiksi +Gz-kiihtyvyyden mukana.

Niska- ja hartiaseudun lihasryhmät sekä kaularanka ovat erityisesti suuren kuormituksen kohteena (Kuronen ja Myllyniemi. 1996, 16–17). Lentäjän kypärä tuo pään alueelle lisää massaa ja kypärään asennettavat lisälaitteet muuttavat kypärän massakeskipistettä. Nämä tekijät kasvattavat kaularankaan kohdistuvaa kuormaa ja sen myötä kaularangan lihasaktiivisuus nousee. (Sovelius 2014, 9-10, 21.)

Hävittäjäohjaajan kaularangalle on tunnistettu kolme kiihtyvyysvoimien aiheuttamaa riskitekijää: jatkuva altistuminen yli +4Gz:n kiihtyvyysvoimille, valmistautumattomuus korkean kiihtyvyysvoima-arvon liikkeisiin ja epäneutraali pään asento kiihtyvyysvoimien alaisuudessa. Lentäjän niskan tulisi hetkittäin pystyä kestämään yhdeksänkertainen maan vetovoima. Heikot kaularangan tukilihakset eivät kestä jatkuvaa suurta altistusta kiihtyvyysvoimille. Hävittäjän ohjaamosta ja ohjaajan varusteista johtuen lentäjät joutuvat kaiken lisäksi työskentelemään epäergonomisissa asennoissa. (Burnett ym. 2004, 611.)

Suuren G-kuorman alla päätä tulisi pitää paikallaan, mutta silloin menetetään mahdollisuus tähystää ilmatilaa tehokkaasti sekä kypärätähtäinlaitteesta saavutettava hyöty (Lange ym. 2011). Kaularangan oireilu esiintyy usein muuta rankaa akuutimmalla tavalla, koska kaularankaa joudutaan liikuttamaan ilmatilantarkkailun ja kaartotaistelun vuoksi. Kun käytössä on kypärätähtäimellä varustettu kypärä, lentäjä joutuu liikuttamaan kaularankaansa

ääriasentoihin, jolloin lihasten hallinta ja voimantuotto ovat heikoimmillaan. Etenkin rotaatiota sisältävät, niskan asennot kasvattavat niskan kuormitusta ja täten oireilun riskiä (Sovelius ym. 2019a). Niskan kannalta riskialtteimmaksi ja useimmin vammaan johtavaksi liikkeeksi on todettu takasektorin (Check-6) tähystysliike, joka sisältää nimenomaan taakse taivutuksen ja kiertoliikkeen ääriasennot (Coakwell ym. 2004).

Oksa ym. (1999) tutkivat perättäisten kaartotaistelulentojen vaikutusta ylävartalon ja kaularangan lihaksiston kuormittumiseen. Tutkimuksessa huomattiin, että samana päivänä lennettyjen lentojen aikana kaularangan lihasten isometrinen maksimaalinen voima heikkeni ja lihasjännitys kasvoi. Näin ollen voitiin todeta, että perättäiset kuormittavat ilmataistelulennot lisäävät kaularangan vammojen riskiä ja täten vaikuttaa lentotehtävän tehokkuuteen negatiivisesti. Tutkimuksessa kehotettiin myös huomioimaan palautuminen peräkkäisten raskaiden lentojen jälkeen.

Newman ym. (2022) kartoittivat tutkimuksessaan momentteja kallon ja C1:n sekä C6-C7 välillä käytettäessä kahta erimallista kypärää, joista toinen oli varusteltu kypärätähtäinjärjestelmällä. Tutkimuksessa päätä liikuteltiin eri suuntiin ja huomattiin, että painavampi ja painopistettä muuttava kypärätähtäinjärjestelmällä varusteltu kypärä nosti nikamiin kohdistuvaa momenttia kaikissa liikesuunnissa. Mielenkiintoista oli, että takasektorin tähystys vasemmalle ja takasektorin tähystys oikealla erosivat toisistaan liikelaajuudessa ja momenteissa siten, että vasemman kautta tähystettäessä molemmat olivat suuremmat kuin oikean kautta tähystettäessä. Tämän uskottiin selittyvän lentäjän käsien ja hartioiden epäsymmetrisellä asennolla F-18 ohjaamossa.

Oksa ym. (1996) tutkivat lennon aikaista lihasaktiivisuutta hävittäjälentäjillä. Lennoilla mitattiin lihassähköistä aktiivisuutta (EMG), joka suhteutettiin lihaksen maksimaaliseen tahdonalaiseen voimantuottoon (%MVC, maximum voluntary contraction). Tutkimuksessa havaittiin runsaasti 50 % ylityksiä kaularangan osalta. Korkeimmat kaulan kuormitushuiput ylsivät yli 250 %MVC aiheuttaen trauman.

Netto ja Burnet (2006) tutkivat EMG:n avulla lihasaktivaatiota lennolla erilaisilla kiihtyvyyskuormilla ja pään asennoilla. Kaularangan lihasaktivaatio kasvoi merkittävästi kiihtyvyyskuorman lisääntyessä tai pään asennon muuttuessa pois neutraalista asennosta. Check-6 todettiin kuormittavimmaksi asennoksi. Soveliuksen ym. (2020) tutkimuksessa todettiin EMG-mittauksin, että pään pitäminen stabiilissa asennossa kiihtyvyyskuormituksen

aikana vähentää kaularangan lihaksiston kuormittumista. EMG-mittaukset osoittivat myös kaularangan lihasten aktiivisuuden olevan suurempaa liikutettaessa päätä pois neutraalista asennosta kuin takaisin neutraaliin asentoon. Lisäksi samassa tutkimuksessa havaittiin lihasaktiivisuuden lisääntyvän lentäjä käyttäessä hyväkseen kaulan lisäksi myös muun ylävartalon liikettä. Tämä nähtiin kuitenkin positiivisena asiana, sillä se viestii muun lihaksiston antamasta tuesta rangalle.

3.1 Hävittäjälentäjän työperäinen tuki- ja liikuntaelinoireilu

Yleisin tuki- ja liikuntaelin (TULE) ongelmien oire on kipu. Kipu voi ilmetä akuuttina tai kroonisena. Lentäjien lisäksi valtaosa ihmisistä kärsii ohimenevistä TULE-kivuista, kuten niska- ja hartiasäryistä. TULE-ongelmat voivat ilmetä myös toiminta- ja liikkumiskyvyn heikkenemisenä. (Tuki- ja liikuntaelinliitto ry. 2021.)

Tuki- ja liikuntaelimistön sairaudet ja oireet ovat sekä Suomessa että muissakin maissa yleisimpiä työterveysongelmia. Arviolta joka neljännellä työntekijällä Euroopassa on jokin tällainen oireisto tai sairaus (Työterveyslaitos). Merkittäviä TULE-sairauksien riskitekijöitä väestötasolla ovat muun muassa ylipaino, vähäinen liikunta, työhön liittyvä tai virheellinen fyysinen kuormitus, epäterveelliset elämäntavat ja työn psyykkiset kuormittavuustekijät. (Gradiablogi).

Sotilaslentäjien TULE-oireiluun liittyvää tutkimusta on tehty paljon. Poikkeuksetta tulokset ovat osoittaneet, että kiihtyvyysvoimien aiheuttama kuormitus lisää riskiä rangan TULE-oireilulle. Hävittäjälentämisessä aiheutuvat tukirangan haittavaikutukset jaetaan usein akuutteihin lennolla aiheutuviin tukirangan ja sen alueen lihaksiston kiputiloihin ja vammoihin sekä kroonisiin, muun muassa degeneratiivisten muutosten aikaansaamiin, kiputiloihin (Green 2006, 164). Yleisiä lentäjillä kuvattuja akuuttien vammojen ja kiputilojen aiheuttajia ovat lihas- ja tukisiderepeämät, välilevyjen pullistumat ja repeämät sekä pahimmillaan nikamiin kohdistuvat murtumat (Hämäläinen ym. 1999, 330-334).

Hävittäjälentäjien TULE- ja erityisesti niska- ja selkäoireilun esiintyvyyttä on tutkittu laajalti niin Suomessa kuin maailmalla. Aho ym. (1990) toteuttivat kyselytutkimuksen, jonka perusteella 48 % kyselyyn vastanneista suomalaisista sotilaslentäjistä oli kokenut akuuttia niskakipua lennon aikana. Vastaavasti Rintalan (1995) tutkimukseen osallistuneista 65% oli kokenut ajoittaista ja 10 % päivittäistä niskakipua. Hämäläisen (1996) kyselytutkimukseen

vastanneista hävittäjälentäjistä 32 % oli kokenut kipua selkärangassa rintarangan alueella edeltävän 12 kuukauden aikana ja 58 % kipua lannerangan alueella, kun tarkastelujakso oli koko lentoura.

Rintalan (2012) toteuttamasta tutkimuksesta suomalaisille sotilaslentäjille käy ilmi, että vastaajista kolme neljäsosaa oli kokenut lentämisen aiheuttamaa TULE-oireilua. Kaikista Suomen ilmavoimien ohjaajista lentämisen aiheuttamaa TULE-oireilua havaittiin 75 %:lla ja peräti 93 %:lla suihkuharjoituskonekoulutukseen ehtineistä. (Rintala 2012, 110.)

Vanderbeekin (1988) tutkimuksesta käy ilmi, että 51 % vastanneista USAF-lentäjistä ilmoitti kokeneensa jonkinlaisia ja 9 % vakavia akuutteja niskan alueen vammoja edeltävänä kolmen kuukauden ajanjaksona. Japanin ilmavoimien lentäjille toteutettu tutkimus (Kikukawa ym. 1995) osoitti, että 89 % vastaajista oli kokenut lentämiseen liittyviä akuutteja tuki- ja liikuntaelinoireita. Näistä peräti 38 % olivat lentopalvelusta haittaavia ja 43 % jokapäiväistä elämää haittaavia oireita. Newmanin (1997) Australian ilmavoimille tekemään tutkimukseen vastanneista 85 % raportoi kokeneensa niskakipuja kiihtyvyyskuormituksen alaisena. Jones ym. (2000) tutkivat hävittäjälentäjien oireilua suuren G-kuormituksen alaisena. 50 % lentäjistä ilmoitti kokeneensa kipua selkärangan alueella.

Norjalaisilla lentäjillä toteutettu kyselytutkimus (Wagstaff ym. 2012) kertoi, että lentämiseen liittyvää niskakipua oli kokenut 72 % ja lentämiseen liittyvää selkäkipua 35 % vastaajista. Kaikista kiputiloista peräti 93 % liittyi pään rotaatioon lennon aikana.

Tutkimusten (Kikukawa ym. 1995, Newman, 1997, Rintala 2012, Wagstaff ym 2012) perusteella voidaan hävittäjälentäjien TULE-oireilun todeta olevan hyvin yleinen, globaali ja pysyvälaatuinen ongelma, minkä taustat ovat monisyisiä. Täten myös TULE-oireilua ennaltaehkäisevät toimenpiteet ja sen seuranta tulevat olla monipuolisia ja pitkäjänteisiä. (Sovelius ym. 2022, 390, 395.)

3.2 Kaularangan lihaksiston harjoittaminen hävittäjälentäjillä

Rausch ym. (2021) osoittivat, että 12 viikon spesifioitu kaularangan harjoittelu kasvatti kaularangan lihaksiston isometrisiä voimatasoja, sekä laski kyseisen alueen lihasten lihasaktiivisuutta lennoilla. Honkasen (2019) väitöskirjasta käy ilmi, että paremman lihaskunnon tai urheilutaustaa omaavat lentäjät saavat epätodennäköisemmin

lentotoimintarajoitteita alaselkä- tai niskaongelmien vuoksi. Soveliuksen tutkimus (2014) osoitti, että kaularangan lihaksistoa harjoittamalla pystyttiin vähentämään sen kuormitusta lentojen aikana.

Honkasen ym. (2017) tutkimuksessa selvitettiin kaularangan lihaksiston EMG-tasoja sentrifugissa koehenkilöillä, joilla ei ollut kokemusta suorituskykyisellä hävittäjä lentämisestä ja koehenkilöillä, joilla kokemusta oli yhden vuoden verran. Tutkimus osoitti, että itse kiihtyvyysvoimien alaisena oleminen vähentää tulevaisuudessa samankaltaisilla lennoilla ilmenevää kaularangan alueen lihasaktivaatiota, mikä vähentää lentojen kuormittavuutta lentokokemuksen karttuessa.

Rintalan (2012) tutkimuksesta käy ilmi, etteivät korkeat absoluuttiset voimatasot ole tae lihaksiston ylikuormittumisen ehkäisemiseksi. Vaikka korkea kaulan alueen lihasten voimataso on vähentänyt työterveyskäyntejä, niin kaularangan selänpuolen korkeat voimatasot ovat olleet yhteydessä kohonneisiin työterveyskäynteihin. Rintalan (2012, 108) mukaan voimantuoton tasapainotekijöillä (ojentaja- ja koukistajalihasten suhteen) saattaa olla absoluuttista voimatasoa suurempi merkitys TULE-oireiden ennaltaehkäisyssä. Toisaalta Äng ym. (2005) havaitsivat tutkimuksessaan, että niskakivuista kärsivät hävittäjälentäjät omaavat heikommat kaularangan alueen lihasvoimat verrattuna oireettomiin lentäjiin. Lisäksi Jones ym. (2000) ovat raportoineet, että Yhdysvaltain laivaston hävittäjälentäjät, jotka harjoittavat säännöllisesti niskalihasten voimaharjoittelua kärsivät harvemmin niskakivuista.

Soveliuksen ym. (2006) tutkimuksessa vertailtiin perinteisen voimaharjoittelun ja trampoliiniharjoittelun vaikutusta kaularangan lihaksiston kuormittumiseen lennoilla. Tutkimuksessa todettiin, että molemmat harjoittelumuodot vaikuttivat kaularangan lihaksiston kuormitusta vähentävästi lennoilla. Ne myös saivat aikaan hyvin samanlaisia vaikutuksia, eikä tilastollista eroa jommankumman harjoittelutavan paremmuudesta löydetty. Tutkimuksen tekijät suosittelivatkin molempien harjoitusmetodien, perinteisen voimaharajoittelun ja trampoliiniharjoittelun, käyttöä sotilaslentäjien fyysisessä harjoittelussa. Joka tapauksessa hävittäjälentäjän koulutusputkeen lähtevien tulisi valmistautua fyysisesti koulutusputken aiheuttamaan rasitukseen jo ennen koulutuksen alkamista (Sovelius ym. 2022, 394).

4. TUTKIMUSONGELMAT

Tämä tutkimus on osa laajempaa tutkimuskokonaisuutta, jonka tavoitteena on löytää Suomen Ilmavoimien ja Sotilaslääketieteen keskuksen käyttöön helppokäyttöinen, mobiili ja luotettava kenttätesteihin soveltuva niskavoimamittari. Tutkimuskokonaisuudessa kartoitetaan yhden mittarivaihtoehdon validiteettia ja reliabiliteettia. Sivutuotteena saadaan myös dataa kaularangan lihasten voimatasoista mittauksiin osallistuvilta koehenkilöiltä. Kyseisen tutkimuskokonaisuuden tarkoituksena on selvittää, voidaanko tässä tutkimuksessa tutkittavaa isometristä voimalaitetta hyödyntää hävittäjäohjaajien kaularangan alueen voimatasojen mittaamiseen. Tämä Pro Gradu -tutkielma keskittyy kyseisen laitteen reliabiliteetin tutkimiseen.

Lisäksi tämän tutkimuksen tavoitteena on todentaa, että käytettävällä mittarikokonaisuudella ja mittausprotokollalla on mahdollista saavuttaa turvalliset testaustoiminnot. Tutkimusdata antaa myös tietoa tutkimuksessa toteutettavan testausprotokollan aiheuttamasta kuormituksesta koehenkilöille. Kuormitusta kartoitetaan koehenkilöillä ilmenevien viivästyneiden lihasarkuuksien (DOMS) ja kipujen avulla, jotka molemmat mitataan visuaalisen analogisen kipujanan (asteikolla 0–10) avulla.

Reliabiliteetilla tarkoitetaan mittaustulosten toistettavuutta. Mittauksen tai tutkimuksen reliaabelius tarkoittaa siis sen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Reliaabelius voidaan todentaa monella tavalla. Esimerkiksi, jos kaksi arvioijaa päätyy samanlaiseen tulokseen tai samaa henkilöä tutkittaessa eri tutkimuskerroilla saadaan sama tulos, voidaan tulokset todeta reliaabeleiksi. (Hirsjärvi ym. 2009, 231.)

4.1 Tutkimuskysymykset

Tätä tutkimusta varten on laadittu seuraavat tutkimuskysymykset:

Mikä on mittauskertojen välinen vaihtelu samalla mittaajalla?
Mikä on eri mittaajien aikaansaamien tulosten välinen vaihtelu?

Tämän tutkimuksen tavoite on edellä mainittuja tutkimuskysymyksiä hyödyntäen selvittää mittauksissa käytettävän niskavoimamittarin reliabiliteetti. Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietoa ja/tai jatkotutkimustarpeita isometrisen niskavoimalaitteen toistettavuudesta.

Kyseisenlaista mittauslaitetta ei ole käytössä vielä minkään maan ilmavoimilla. Tutkimuksella on siis mahdollista tuottaa uudenlainen menetelmä hävittäjäohjaajan voimaominaisuuksien mittaamiseen.

5. TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Tutkimusmenetelmä ja aineistonhankinta

Tämä tutkimus on luonteeltaan kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus. Määrällisellä tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusta, joka kuvaa ja tulkitsee ilmiöitä mittausmenetelmillä, jotka keräävät numeerisia tutkimusaineistoja. Määrällinen tutkimus perustuu mittaamiseen, jonka perusteella syntyy havaintoaineisto, jota analysoidaan tilastollisilla menetelmillä. (Vilpas. 2018, 1.) Kvantitatiiviselle tutkimusmenetelmälle keskeisiä asioita ovat johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat, hypoteesin esittäminen, käsitteiden määrittely, koejärjestelyn tai aineistonkeruun suunnittelu, koehenkilöiden valinta, aineiston saattaminen tilastollisesti käsiteltävään muotoon ja päätelmien teko tilastolliseen analysointiin perustuen. (Hirsjärvi ym. 2009, 140.) Tämän tutkimuksen aineisto on kokeellisin eli eksperimentaalisin menetelmin kerätty (Eskola 1962).

Ennen mittauksia koehenkilöille kerrottiin tutkimuksen toteutuksesta ja siitä seuraavista mahdollisista oireista. Heille kerrottiin myös, miksi tutkimus toteutetaan ja mitä sen avulla voidaan saavuttaa. Koehenkilöt saivat täytettäväkseen esitietolomakkeen (liite 1), joilla kartoitettiin tietoa koehenkilöiden perustiedoista (ikä, sukupuoli, paino ja pituus), liikuntatottumuksista, kivuista ja oireiluista, mahdollisista vammoista ja hoidoista, päihteiden käytöstä sekä viimeisimmän kestävyystestin (Cooper tai PP-ergo) tuloksista ja henkisestä hyvinvoinnista. Ennen mittauksen alkamista koehenkilöt saivat luettavakseen ja hyväksyttäväkseen myös tietosuojaselosteen, tutkittavan tiedotteen (liite 2) sekä suostumuslomakkeen (liite 3).

5.2 Tutkimusjoukko

Koehenkilöiksi rekrytoitiin Maanpuolustuskorkeakoulussa ilmasotalinjalla opiskelevia kandidaattivaiheen opiskelijoita, jotka suorittivat opintojaan Ilmasotakoululla Tikkakoskella. Kyseisten opiskelijat koostuivat Ilmavoimien ohjaajaopintosuunnan ja lentoteknisen

opintosuunnan opiskelijoista. Ohjaajaopintosuunnan opiskelijoiden pääasiallinen lentokalusto on koulutusvaiheesta riippuen alkeiskoulutuskone Vinka/Grob tai harjoitushävittäjä Hawk.

Tutkimukseen osallistui 41 kadettia kolmelta eri kadettikurssilta. Esitietolomakkeella koehenkilöt ilmoittivat iän, pituuden ja painon lisäksi viimeisimmän lentokelpoisuuskestävyystestin tuloksen ja varusmiespalveluksen aikaisen ensimmäisen Cooperin testin tuloksen (Taulukko 3). Lisäksi esitietolomakkeella kartoitettiin koehenkilöiden liikunta-aktiivisuutta ja mahdollisia TULE- oireita.

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 3.) on esitetty koehenkilöiden iän, pituuden, painon ja soveltuvimman kestävyystestin tuloksen keskiarvot, keskihajonnat sekä vaihteluvälit. Jokaiselta koehenkilöltä on huomioitu taulukkoon vain yksi kestävyystesti. Polkupyöräergometritesti huomioitiin heiltä, jotka olivat sen ilmoittaneet (N=23). Lopuilta koehenkilöiltä (N=18) huomioitiin ensisijaisesti joko viimeisin, tai toissijaisesti varusmiespalveluksen ensimmäinen Cooperin testi.

Taulukko 3.

Koehenkilöiden ikä, pituus, paino ja kuntotestin tulos

	Ikä v	Pituus cm	Paino kg	PP-ergo W/kg	Cooper m
Keskiarvo	22,3	179	78,5	3,85	2967
Keskihajonta	1,64	5,49	11,29	0,36	176
Suurin	29	193	110	4,60	3450
Pienin	20	170	60	3,50	2550

Mittaukset pyrittiin suunnittelemaan sellaisille ajoille, että koko mittausryhmä pääsee paikalle. Mittausajankohtia suunniteltaessa pyrittiin huomioimaan myös koehenkilöiden sen hetkisen palveluspaikan ja viikko-ohjelmat, jotta mittausajankohdat olisivat muuta toimintaa mahdollisimman vähän häiritseviä ja kuormittavia. Loppujen lopuksi mittaukset päädyttiin toteuttamaan kahdessa erillisessä viiden päivän jaksossa Tikkakoskella. Ensimmäiselle jaksolle osallistui 21 koehenkilöä ja toiselle loput 20 koehenkilöä.

Koehenkilöt testattiin normaalin työviikon puitteissa muu palvelus huomioiden. 31 koehenkilöä testattiin kolmeen ja 8 koehenkilöä kahteen kertaan samassa testaustilassa saman mittausprotokollan mukaisesti. Näin ollen mittauskertojen välisen reliabiliteetin tarkasteluun saatiin N-luvuksi 31 ja mittaajien välisen reliabiliteetin tarkasteluun 39–40 riippuen lihaspuristuksen liikesuunnasta Kolmeen kertaan testatut henkilöt pitivät yhden lepopäivän mittauksista kahden mittauspäivän jälkeen. Kaksi eri fysioterapeutin koulutuksen saanutta ja mittausprotokollaan koulutettua mittaajaa toteutti mittauksia. Jokaiselle koehenkilölle kertyi kaksi tai kolme mittaustapahtumaa siten, että jokaisen kohdalla mittauksia oli suorittanut kumpikin kahdesta mittaajasta. Täten saavutettiin kyky tutkia mittauskertojen välisiä tuloksia samalla mittaajalla sekä eri mittaajien aikaansaamia tuloksia.

5.3 Mittaustapahtuma

Ennen jokaista mittaustapahtumaa koehenkilöt suorittivat alkuverryttelyn liitteen 7 mukaisesti. Mittaustapahtumassa isometrisiä lihaspuristuksia toteutettiin neljään eri liikesuuntaan, joita olivat: kaularangan ojennus (ekstensio), koukistus (fleksio) sekä sivutaivutukset (lateraalifleksio) oikealle ja vasemmalle. Kuhunkin liikesuuntaan suoritettiin 3 lihaspuristusta, joista paras tulos huomioitiin analysoinnissa.

Mittausta varten koehenkilö puki testilaitteistoon kuuluvan kypärän päähänsä ja kiinnitti leukaremmin tiukalle. Koehenkilöiden testausasento pyrittiin vakioimaan silmämääräisesti mahdollisimman hyvin. Testattava istutettiin kuntosalipenkille istumaan hajareisin ja psoas-tyyny asetettiin koehenkilön ja puolapuiden väliin (kuva 9). Psoas-tyynyn tuli pysyä paikoillaan koko suoritteen ajan. Psoas-tyynyn avulla kyettiin osaltaan hallinnoimaan suorituksen laatua. Tyynyn taipuessa vartalosta tuli liikaa liikettä. Mittausasennossa pyrittiin siihen, että koehenkilön selkä olisi suorassa kulmassa lattiatasoon nähden.

Kypärästä lähtevä vaijeri pyrittiin kiinnittämään puolapuihin vaakatasoon tai hieman alaviistoon (puolapuissa kiinni oleva pää alempana). Vaijeri säädettiin sellaiselle kireydelle, ettei lihassupistuksen alkaessa kaularangan liikettä havaittu (kuva 9). Jokaiseen liikesuuntaan suoritettiin kolme suoritetta. Jokainen suoritteista oli maksimaalinen ja kestoltaan 5 sekuntia. Suoritteiden välissä oli 1 minuutin palautumistauko. Liikesuunnat toteutettiin järjestyksessä ekstensio, fleksio, lateraalifleksio oikealle ja lateraalifleksio vasemmalle. Kuvassa 9 on havainnollistettu tässä tutkimuksessa käytetyt mittausasennot.

Kuva 9. Koehenkilö mittaustapahtumassa: kaularangan fleksio, lateraalifleksio ja ekstensio.

Voimantuottoa mitattiin Sauter-mittauslaite kokonaisuudella. Tässä kokonaisuudessa hävittäjäohjaajan kypärä oli yhdistetty Sauter-merkkiseen isometrisen voiman mittariin (kuva 10). Hävittäjäohjaajan kypäriä oli kahta eri kokoa: M ja L. Molemmat kypärät olivat liitettävissä mittauslaitekokonaisuuteen. Testattavat suorittivat isometrisiä lihaspuristuksia kyseinen kypärä päässään. Liikesuuntien voiman mittausjärjestys oli: ekstensio, fleksio, lateraalifleksio oikealle ja lateraalifleksio vasemmalle. Kuvassa 10 on esitetty mittauksissa käytetty laitekokonaisuus. Mittauksessa käytetyn laitekokonaisuuden validiteettia on tutkittu eri tutkimuksessa ja se on todettu hyväksi (Nyländen ym. 2023).

Kuva 10. Sauter- mittari ja kypärä

5.4 Lihasarkuuden ja kiputilojen arviointi

Tässä tutkimuksessa koehenkilöiden kaularankojen lihasten kuormittumista seurattiin ja kontrolloitiin kyselemällä koehenkilöiden tuntemuksia ennen mittaustapahtumaa sekä kaikkien lihaspuristuksien jälkeen. Ennen jokaista mittaustapahtumaa koehenkilöiltä tiedusteltiin sen hetkisiä kaularangan alueen tuntemuksia viivästyneen lihasarkuuden (*delayed-onset muscle soreness, DOMS)* ja visuaalisen kipujanan (*visual analogue scale, VAS*) avulla. Jokaisen lihaspuristuksen jälkeen koehenkilöiltä kysyttiin, oliko epänormaaleja tuntemuksia päässyt syntymään. Koehenkilöt raportoivat DOMS:n arvioiden sen voimakkuuden 0–10. Lihaskivun arviointiin käytettiin VAS-janaa, joka on myös asteikoltaan 0-10. Toiseen ja kolmanteen mittaustapahtumaan tullessa koehenkilöiltä kysyttiin kaularangan lihaksiston väsymyksestä ja he arvioivat lihaskipuaan VAS-kipujanan avulla.

Lihastyön seurauksena on mahdollista, että lihaskudokseen syntyy vaurioita tai tulehdusreaktioita, joista johtuen ihminen voi kokea lihaksissaan viivästynyttä lihasarkuutta eli DOMS:ia (Kauranen 2017, 262). Cheung ym. (2003) mukaan lihasarkuutta ilmenee usein

silloin, kun inaktiivisen ajan jälkeen aloitetaan jälleen harjoittelu. Cheung ym. (2003) kertovat myös, että lihasarkuutta ilmenee helposti silloinkin, kun henkilö suorittaa uudenlaisia harjoitteita.

Tässä tutkimuksessa suoritetut kaularangan isometriset maksimaaliset lihaspuristukset olivat koehenkilöille hyvin uudenlainen harjoite. Muutoinkin kaularangan lihaksia tulee vahvistettua erittäin vähän spesifioiduilla liikkeillä. Näin ollen suoritettavat liikkeet olivat uusia ja maksimaalisia ja täten lihasarkuuksien ilmeneminen oli hyvin todennäköistä.

Tutkimuksissa hyödynnetty VAS-jana on yleisesti kivun arviointiin käytetty mittari (Käypä hoito -suositus 2017), jossa janan toinen pää kuvaa tilannetta, jossa kipua ei esiinny lainkaan, ja janan toinen pää puolestaan pahinta mahdollista kipua. Kipua kokiessaan koehenkilö liikutti ilmaisinta janalla sille kohtaa, mikä hänen mielestään vastasi sillä hetkellä koettua kipua. Janan kääntöpuolella oli asteikko 0–10, jota koehenkilö ei nähnyt. Janan kääntöpuolella, jota koehenkilö ei nähnyt, oli asteikko 1–10, jolta VAS-arvo luettiin.

5.5 Tilastolliset menetelmät

Kerätyn tutkimusaineiston datan analysointiin käytettiin IBM SPSS Statistics 25 -ohjelmaa. Aineiston analysoinnissa hyödynnettiin keskiarvoja, keskihajontaa, keskiarvojen eroa ja intra-class correlation -menetelmää (*intra-class correlation coefficent, ICC*).

ICC-menetelmä on laajalti käytetty reliabiliteettia kuvaava indeksi, kun tutkitaan test-retest, testauskertojen välisiä (*intra-rater*) ja testaajien välisiä (*inter-rater*) reliabiliteetteja (Koo & Li, 2016). Koon ja Lin (2016) mukaan ICC kuvaa reliabiliteettia seuraavanlaisesti: <0.5 = heikko, 0.5–0.75 kohtalainen, 0.75–0.9 hyvä ja >0.9 erinomainen reliabiliteetti. Tässä tutkimuksessa käytettiin reliabiliteetin arvioimiseen kyseistä ohjenuoraa.

6. TULOKSET JA ANALYYSI

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty reliabiliteettitutkimuksen tulokset.

Taulukko 4.

Mittaajien välinen reliabiliteetti (inter-rater)

Liikesuunta	Mittaus 1. keskiarvo, kg (keskihajonta)	Mittaus 2. keskiarvo, kg (keskihajonta)	Keskiar-vojen ero	ICC	95 % lower	95 % upper
Ekstensio	22,0 (4,8)	22,9 (3,7)	-0,9	.79	.61	.89
Fleksio	18,9 (4,0)	19,4 (4,2)	-0,5	.89	.79	.94
Lateraalifleksio oikea	19,5 (3,4)	20,2 (3,2)	-0,7	.90	.81	.95
Lateraalifleksio vasen	19,8 (3,4)	20,6 (3,5)	-0,8	.86	.73	.93

Kaikkien liikesuuntien ICC-arvojen ja luottamusvälien perusteella voidaan todeta, että mittauksissa käytetty menetelmä mittauslaitekokonaisuuksineen indikoi uskottavaa reliabiliteettia sen vaihdellessa ICC:a tulkittaessa hyvästä erinomaiseen (.79–.90) ja luottamusvälien suhteen kohtalaisesta erinomaiseen (.61–.95) testaajien välisen, inter-rater reliabiliteetin osalta (taulukko 4).

Taulukko 5.

Mittauskertojen välinen reliabiliteetti (intra-rater)

Liikesuunta	Mittaus 1. keskiarvo, kg (keskihajonta)	Mittaus 2. keskiarvo, kg (keskihajonta)	Keskiarvojen ero	ICC	95 % lower	95 % upper
Ekstensio	22,27 (4,03)	24,49 (4,34)	-2,22	.58	.15	.80
Fleksio	19,15 (3,33)	20,78 (3,53)	-1,63	.84	.47	.94
Lateraalifleksio oikea	19,02 (2,89)	21,57 (3,17)	-2,55	.73	-.14	.91
Lateraalifleksio vasen	19,55 (3,26)	20,97 (3,47)	-1,42	.84	.55	.93

Eri mittauskertojen välinen reliabiliteetti ICC:n perusteella indikoi kohtalaisesta erinomaiseen (.58–.84) reliabiliteettia. Kuitenkin 95 %:n luottamusvälit osoittavat reliabiliteetin vaihtelevan heikosta erinomaiseen (-.14–.93). Fleksio ja lateraalifleksio oikealle saivat merkittävän heikot 95 % lower -arvot.

6.1 Lihaskivut

Kukaan koehenkilöistä ei raportoinut lihaskipua ensimmäisen mittaustapahtuman aikana, eikä ennen toisen mittaustapahtuman alkua. Toisen mittaustapahtuman aikana neljä koehenkilöä ilmoitti nollasta poikkeavan VAS-arvon. Kaksi heistä ilmoittivat lihaskivun arvon VAS-janalla välille 1,7–2,6. ja kaksi muuta ensimmäisen liikesuunnan jälkeen 5,8 ja 5,7. Näistä ensimmäinen ei ilmoittanut lihaskipua enää mittaustapahtuman aikana, eikä ennen kolmatta mittaustapahtumaa, eikä myöskään sen aikana. Kun taas jälkimmäinen raportoi lihaskipua

jokaisen liikesuunnan välissä vaihdellen 5,7–9,7. Tämä johti kyseisen koehenkilön mittaustapahtumien keskeytykseen.

Esitietolomakkeista kävi niska- ja hartiaseudun kipuihin liittyvien kysymyksien osalta ilmi, että keskeyttänyt koehenkilö oli kokenut niska-hartiaseudun kipuja edeltävän vuoden aikana 8–14 vuorokautena, ja kivun intensiteetti viimeiseltä seitsemältä vuorokaudelta oli 5 asteikolla 1–10. Ennen kolmatta mittaustapahtumaa lihaskipua ilmoitti kokeneensa kaksi koehenkilöä. He arvioivat lihaskivun VAS-janalla välille 2–4. He eivät raportoineen lihaskipua enää kolmannen mittaustapahtuman aikana. Kolmannen mittaustapahtuman aikana lihaskipua raportoi vielä kaksi koehenkilöä VAS-janan arvojen välille 1,5–2,1.

Kaiken kaikkiaan lihaskipua esiintyi kahdeksalla koehenkilöllä. Lihaskipu oli pääosin erittäin vähäistä, mutta kaksi koehenkilöä raportoi toisen mittaustapahtuman aikana VAS-janan arvoksi lähes 6. Jokainen lihaskipua raportoineesta koehenkilöstä koki lihaskipua vain ennen yhtä mittaustapahtumaan tai saman mittaustapahtuman aikana. Kukaan lihaskipua kokeneista ei siis raportoinut lihaskipua kahdessa eri mittaustapahtumassa.

Tulosten perusteella lihaskipu ei vaikuttanut laskevasti mittaustuloksiin. Tulokset olivat pikemminkin parempia aina myöhemmissä mittauksissa. Kaksi selkeää tulosten pudotusta kuitenkin löytyy lihaskipua ilmoittaneilta koehenkilöiltä. Ensimmäinen on koehenkilö, jonka mittaukset keskeytettiin toisen mittaustapahtuman jälkeen. Hän ilmoitti toisen mittaustapahtuman ensimmäisen lihaspuristuksen jälkeen lihaskivukseen VAS-janan avulla 5,7. Hänen tuloksensa muuttuivat laskevasti toisessa mittaustapahtumassa ensimmäisen verrattuna seuraavanlaisesti: ekstensio 25,4 kg–20,2 kg, fleksio 23,9 kg–ei vertailukelpoista tulosta, lateraalifleksio oikealle 23,1 kg–22,2 kg, lateraalifleksio vasemmalle 23,2 kg–21,6 kg. Kyseisen koehenkilön tuloksia ei voitu ilmenneestä lihaskivusta johtuen käyttää tämän tutkimuksen reliabiliteettianalyysissä. Toinen selkeä pudotus on nähtävissä koehenkilöllä, joka ilmoitti lihaskivukseen VAS-janan perusteella 4 ennen kolmatta mittaustapahtumaa. Kyseisen koehenkilön ekstension tulos laski toisen mittaustapahtuman arvosta 25,5 kg kolmannen mittaustapahtuman arvoon 17,2 kg. Pudotus on peräti 32%.

6.2 Lihasväsymys ja -arkuus

Lihasväsymystä ja -arkuutta ilmoitti ennen toista mittaustapahtumaa 29 koehenkilöä, joilla DOMS vaihteli ennen toista mittaustapahtumaa 0,5-6 keskiarvon ollessa 1,6. Neljä koehenkilöä

ilmoitti DOMS-arvokseen yli 3 -4 ja toiset neljä 5-6. Koehenkilöt, jotka ilmoittivat DOMS-arvoikseen 5,5 ennen toista mittaustapatumaa, kokivat molemmat merkittävää lihaskipua (VAS 5,7–5,8) toisen mittaustapahtuman ensimmäisen lihaspuristuksen, ekstension, jälkeen. Näistä toisen koehenkilön mittaukset keskeytettiin, mutta toinen jatkoi mittaustapahtumat loppuun asti ongelmitta.

Ennen kolmatta mittaustapahtumaa 13 koehenkilöä ilmoitti DOMS-arvoja vaihdellen välillä 1–3, keskiarvon ollessa 1,9. Hyvin moni, joka koki DOMS:a ennen toista mittaustapahtumaa, koki DOMS:a myös ennen kolmatta mittaustapahtumaa.

Koehenkilöiltä tiedusteltujen tuntemusten (lihasarkuudet ja -kivut) perusteella havaittiin, että viivästynyt lihaskipu on paljon akuuttia lihaskipua yleisempi seuraus tämän tutkimuksen mittauksiin osallistumisesta.

7. POHDINTA

7.1 Tulokset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mittauksissa käytettävän Sauter-mallisen isometrisen niskavoimamittarikokonaisuuden reliabiliteetti. Reliabiliteettia tutkittiin mittauskertojen välisen vaihtelun perusteella samalla mittaajalla ja eri mittaajien välillä. Tutkimusdata osoitti liikesuunnasta riippumatta vähintään hyvää mittaajien välistä (inter-rater) reliabiliteettia (ICC >.75). Inter-rater reliabiliteetin tarkastelussa 95 %:n luottamusvälit taas indikoivat vähintään kohtalaista tasoa (ICC >.60). Tutkimusdatan valossa inter-rater reliabiliteetti oli hyvää tasoa, mikä kertoo tutkimuksessa käytetyn mittauslaitekokonaisuuden hyvästä toistettavuudesta.

Saman mittaajan eri mittauskertojen välistä (intra-rater) reliabiliteettia tarkasteltaessa huomataan, että se poikkeaa inter-rater reliabiliteetista. ICC-arvoja katsottaessa voidaan tulkita intra-rater reliabiliteetin olevan kohtalaista ja hyvän väliltä (ICC alimmillaan .58). Kun tulkitaan intra-rater reliabiliteettimittausten 95 %:n luottamusvälejä, huomataan ekstension (.15) ja lateraalifleksion oikealle (-.14) kohdalla merkittävä pudotus. Reliabiliteettitutkimuksessa edellä mainittu ICC:n negatiivinen arvo tulkitaan olevan nolla (.00).

Edellä mainitut arvot ovat niin matalat, että intra-rater reliabiliteetin ei kyseisten liikesuuntien kohdalla voida katsoa olevan luotettava. Heikot arvot kertovat siitä, että tutkimuksen otannassa on yksilöitä, joiden kohdalla on esiintynyt merkittävää vaihtelua tutkimustuloksissa. Kyseisten yksilöiden mittaustuloksissa on siis ollut paljon eroavaisuutta eri mittaustapahtumissa. Muiden liikesuuntien kohdalla käytetyn mittauslaitekokonaisuuden voidaan todeta ilmaisevan uskottavaa toistettavuutta myös samalla mittaajalla.

Tuloksissa on siis nähtävissä isojakin heittoja peräkkäisten mittaustapahtumien välillä. Suurimmat eroavaisuudet olivat jopa 10 kg, joka vastaa peräti 30 %:n nousua tai laskua edeltävään mittaustapahtumaan verrattuna. Tähän mahdollisesti vaikuttaneisiin asioihin pureudutaan kappaleessa 6.3.

Tämän tutkimuksen reliabiliteettianalyysissa hyödynnettiin intra-class correlation -menetelmää. Koo & Li (2016) mukaan se on yleisesti käytetty reliabiliteetti-indeksi ja sitä on käytetty laajalti tutkimuksissa (Ylinen ym. 2017; McDaniel ym. 2021; McBride ym. 2022),

minkä johdosta se valikoitui tilastomenetelmäksi. Osassa aiemmissa tutkimuksissa (Ylinen ym. 2017; Fuller ym. 2022) oli hyödynnetty myös Bland-Altmanin menetelmää, mutta ICC:n ollessa selkeästi yleisempi, hyödynnettiin tässä tutkimuksessa ainoastaan ICC:a.

7.2 Mittaukset

Mittausajankohdat saatiin sovittua koehenkilöiden ja heidän työorganisaatioiden kanssa sujuvasti ajankohdille, jolloin paikalla oli riittävästi koehenkilöitä. Mittaustapahtuman järjestelyä helpotti myös se, että käytettävä mittauslaitekokonaisuus oli kooltaan varsin pieni ja kevyt. Tutkimusryhmän ei tarvinnut erikseen varata aikaa laitteiston siirtelyyn, tai organisoida koehenkilöitä tulemaan mittaustapahtumiin muualle, kuin omaan työpisteeseensä.

Mittaustapahtumien toteutukseen ja koehenkilöiden turvallisuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota. Mittauksia suorittaneet kaksi henkilöä olivat molemmat koulutettuja fysioterapeutteja ja kokeneita testaustoiminnan ammattilaisia. Mittauksia varten laadittiin mittausprotokolla, jolla määriteltiin tarkasti mittaustapahtumaan valmistautuminen, sen kulku, mittausasento sekä erilaisten tuntemuksien raportointi. Ahtiaisen ym. (2018) mukaan isometrisiä voimatestejä pidetään yleisesi hyvin turvallisina tapahtumina, mutta kuitenkin fyysisten kuntotestien kuormitus on normaalia rasitusta korkeampi ja täten myös erilaisten komplikaatioiden ja tapaturmien riski on korkeampi (Pihlainen ym. 2011).

Mittaustapahtumien turvallisuutta pyrittiin edistämään riittävällä ohjeistuksella ennen mittaustapahtumia, sen aikana ja sen jälkeen. Riittävällä ja ohjatulla alkuverryttelyllä ennen jokaista mittaustapahtumaa varmistettiin koehenkilön lihaksiston olevan valmis kuormitukseen ja pyrittiin ennaltaehkäisemään vammoja (Keskinen ym. 2007, 139). Virheellisiin suoritteisiin lihaspuristuksissa puututtiin välittömästi ja tarvittaessa uusittiin kyseinen mittaus.

Mittausten turvallisesta toteutuksesta kertoo se, että vain yhden koehenkilön mittaukset jouduttiin keskeyttämään liiallisen lihaskivun ilmenemisen vuoksi. Kyseessä oli tässäkin tapauksessa normaalia kuormitukseen liittyvää lihaskipua, mikä ei vaarantanut koehenkilön turvallisuutta. Muilla koehenkilöillä ei todettu mittausten aikana turvallisuutta vaarantavia tai mittaustapahtuviin muutoin merkittävästi vaikuttavia ilmiöitä. Lieviä lihasarkuuksia havaittiin, mutta ne eivät vaikuttaneet negatiivisesti tuloksiin, sillä myöhemmissä mittaustapahtumissa saavutettiin pääsääntöisesti suurempia mittaustuloksia, kuin aiemmissa.

Itse mittaustapahtuma pyrittiin standardoimaan mahdollisimman hyvin. Tavoitteena oli saavuttaa mahdollisimman identtiset mittaustapahtumat jokaiselle mittauskerralle ja jokaiselle koehenkilölle. Mittaustapahtumat suoritettiin samassa tilassa, samoilla välineillä, samalla tavalla ja mahdollisimman identtiseen kellonaikaan mahdollistaen myös standardoidut palautumisajat. Palautumisajat mittaustapahtuman sisällä pystyttiin standardoimaan hyvin sekuntikelloa käyttäen. Mittaustapahtumien päiväkohtainen suoritusaika ja tätä myöten eri mittauskertojen välinen palautumisaika, saattoi kuitenkin vaihdella hieman koehenkilöiden muista työaikatauluista johtuen.

Toistaiseksi ei ole olemassa selkeää käsitystä siitä, mikä mittausasento kaularangan voimatasojen mittaamiseen olisi paras. Mittaustapahtuma toteutettiin tässä tutkimuksessa istuma-asennosta. Asento oli hyvin saman tyylinen, kuin istualtaan toteutetuissa aiemmissakin tutkimuksissa (Fuller ym. 2022; McDaniel ym. 2021) (kts. kuvat 9,6,7). Mittausasento oli tarkasti määritelty mittausprotokollassa ja se pyrittiin vakioimaan silmämääräisesti mahdollisimman hyvin. Tämän tutkimuksen mittaustapahtuman vakiointi silmämääräisesti mittausprotokollan mukaan oli helppoa. Sen sijaan koehenkilöille selvästi haastavinta lihaspuristuksessa oli tuottaa voima pelkästään kaularangan lihaksilla. Koehenkilön ja puolapuiden väliin asetettu psoas-tyyny taipui hyvin monella koehenkilöllä varsinkin ensimmäisten lihaspuristusten aikana, mikä indikoi vartalon lihasten käytöstä lihastyön aikana.

Tämän tutkimuksen N-luvuksi tavoiteltiin neljääkymmentä ja tavoite täyttyi, sillä mittauksiin osallistui 41 koehenkilöä. Mittaukset kyettiin toteuttamaan ajallaan ja suunnitellussa aikataulussa. Mittaukset onnistuivat hyvin myös siitä näkökulmasta, että yhtä koehenkilöä lukuun ottamatta kaikki koehenkilöt pystyivät suorittamaan mittaukset riittävällä tasolla osallistuen vähintään kahteen mittauskertaan, jotta heidän tuloksiaan pystyttiin käyttämään tämän tutkimuksen analyysissä. Loppujen lopuksi yksittäisestä mitatusta liikesuunnasta riippuen saavutettiin reliabiliteettianalyysiin kelpaavia tuloksia 31–40 koehenkilöltä. Riittävä koehenkilömäärä mahdollisti uskottavan reliabiliteettianalyysin tekemisen, vaikka kaikki 41 tutkimuksen koehenkilöä eivät aivan kaikkiin mittauksiin osallistuneetkaan.

7.3 Tuloksiin vaikuttaneet tekijät

Tässä tutkimuksessa tehdyt mittaukset osoittavat laitekokonaisuudelle hyvää reliabiliteettia lukuun ottamatta saman mittaajan eri mittauskertojen välisiä tuloksia ekstensiossa ja lateraalifleksiossa oikealle. Mittauslaitekokonaisuuden hyvästä reliabiliteetista indikoisi myös

se, että suuremman tutkimuskokonaisuuden osatutkimuksen pohjalta kirjoitettu artikkeli (Nyländen ym. 2023) osoitti kyseisen mittauslaitekokonaisuuden validiteetin olevan hyvällä tasolla, kun laitekokonaisuudella aikaansaatuja tuloksia ja lihasaktivaatiota (EMG:llä) verrattiin DAVID G140 -niskavoimalaitteella aikaansaatuihin tuloksiin ja EMG-arvoihin.

7.3.1 Mittauslaitekokonaisuus

Toisistaan selkeästi eroavat mittaukset ovat voineet johtua itse mittauslaitekokonaisuudesta, joka koostui hävittäjäohjaajan kypärästä, isometrisen voiman mittausanturista (Sauter) ja vaijerista. Voima-anturi ja vaijeri pysyvät varmasti samana kaikille, mutta kypärällä sen sijaan voi olla vaikutusta mittaustuloksiin koehenkilökohtaisella tasolla.

Mittauksissa oli käytössä kahta erikokoista kypärävaihtoehtoa. Koehenkilöllä oli mahdollisuus valita M- tai L-kokoisesta kypärästä päähän paremmin sopiva vaihtoehto. Mittauslaitekokonaisuudessa käytetyt kypärät olivat niin sanotusti standardikokoisia, eikä niissä ollut säädettäviä kiristyksiä tai muitakaan mahdollisuuksia vaikuttaa kypärän istuvuuteen.

Kypärä istui jokaisen koehenkilön päähän hieman eri tavoin. Mittauksissa nähtiin tapauksia, joissa kypärä oli erittäinkin kireä, ja koehenkilöllä oli suuri työ pelkästään kypärän päähänsä saamisessa. Vastaavasti osa koehenkilöistä joutui tukemaan kypärää päässään toisella kädellään, ettei kypärä pääse liiaksi liikkumaan koehenkilön päässä.

Kypärän sopimattomuus näkyi erityisesti suoritettaessa kaularangan fleksiota mittaustapahtumissa, jolloin koehenkilöt joutuivat tukemaan kypärän päässä pysymistä käsillään. Valitettavasti käytössä ei ollut S-kokoista kypärää, joka olisi varmasti helpottanut mittaustapahtuman suoritusta niillä koehenkilöillä, joille M-kokoinen kypärä oli liian suuri. Molemmat testaushenkilöt sekä muukin tutkimusryhmän väki havainnoivat kyseiset haasteet kypärän kanssa juuri fleksion suuntaan.

Kypärän istuvuus vaikuttaa siis suoraan siihen, miten hyvin koehenkilö kykenee suorittamaan isometristä lihaspuristusta kypärää vasten. Kypärän ollessa väljä koehenkilö joutuu tukemaan kypärää kädellään, tai jopa molemmilla käsillään. Tästä johtuen mittausasento muuttuu välittömästi erilaiseksi, kuin mittausprotokollassa on käsketty. Väljä kypärä saattaa vaikuttaa koehenkilön suoritukseen myös siten, ettei koehenkilö uskalla tai kykene tuottamaan

maksimaalista lihaspuristusta, koska hän joutuu keskittymään hyvin paljon kypärän pysymiseen päässä, tai pahimmassa tapauksessa pelkäämään sen paikaltaan pois luiskahtamista.

Sellainen koehenkilö, jolle kypärä oli väljä, ei välttämättä suorittanut mittauskertoja samanlaisessa mittausasennossa. Ensimmäisellä kerralla hän saattoi sinnitellä ja olla tukematta kypärää käsillään. Toisella ja kolmannella mittauskerralla hän saattoi puolestaan toteuttaa mittaukset kypärää käsillään tukien. Kypärän tukemista käsillä esiintyi ainoastaan mitattaessa kaularangan fleksiota. Tämä selittynee sillä, että kun koehenkilö suoritti isometrisen kaularangan fleksion, koehenkilön pää puristui verrattain pientä pinta-alaa vasten kypärän sisäpinnalla. Käytännössä koehenkilön otsa painui kypärän otsan kohtaa vasten. Tämä on käytännössä ainoa liikesuunta, jossa on mahdollista, että kypärä luiskahtaa pois koehenkilön päästä kypärän ollessa huonosti istuva. Ekstension ja lateraalifleksion näkökulmasta näin on käytännössä mahdotonta tapahtua, koska näissä liikesuunnissa merkittävästi suurempi kypärän sisäpinta-ala on kontaktissa koehenkilön pään kanssa.

Harmiksi voidaan todeta, että tutkimusryhmä ei sisällyttänyt pään ympäryksen mittaamista mittausprotokollaan tai esitietolomakkeeseen täytettäviin tietoihin. Pään ympäryksen mittaaminen olisi mahdollisesti antanut lisäarvoa pohdittaessa kypärän heiluntaa koehenkilön päässä. Oletettavaa kuitenkin on, että pienen pään ympäryksen, tai muuten kypärään sopimattoman muotoisen pään omaavat koehenkilöt, kokivat eniten haasteita kypärän sopivuuteen liittyen. Päiden ympärysmittojen puuttumisesta johtuen ei voida varmaksi todeta, että tulosten vaihtelu johtui heiluvasta kypärästä.

Mittauslaitekokonaisuutta pystyttäisiin varmasti standardoimaan korvaamalla hävittäjäohjaajan kypärä jonkinlaisella koehenkilön päähän viritettävällä remmikokonaisuudella, kuten esimerkiksi McDaniel ym. (2021) tutkimuksessa. Fuller ym. (2022) tutkimuksessa oli pääkappaleena käytössä yksinkertainen pään ympäri kulkeva remmi. McDaniel ym. (2021) tutkimuksessa käytetty pääkappale oli paljon monipuolisemmin säädettävä verrattuna Fuller ym. (2022) tutkimuksessa käytettyyn. Erityisesti juuri tällainen monipuolisesti säädettävä pääkappale pystyttäisiin asettelemaan jokaiselle koehenkilölle päähän hyvin istuvaksi, eikä pääkappale pääsisi muljahtelemaan tai luisumaan pois koehenkilön päästä lihaspuristuksen aikana.

Hävittäjäohjaajan kypärä tekee toki mittaustapahtumasta aavistuksen autenttisemman, mutta toisaalta jokaisen koehenkilön päähän samalla tavalla viritettävä säädettävä pääkappale tekisi laitekokonaisuudesta varmasti standardoidumman. Ja mitä autenttisuuteen tulee, hävittäjäohjaaja suorittaa kaularangan lihaspuristuksia lentäessään aina päästä kohti jalkoja vaikuttavan kiihtyvyyskuormituksen alaisena. Näin ollen hävittäjäohjaajan kypärä ei varsinaisesti tuo mittauslaitekokonaisuudelle lisäarvoa, vaan pikemminkin aiheuttaa edellä kuvattuja haasteita koehenkilöiden suorituksille. Myöskin käytettäessä kypärää mittauslaitekokonaisuudessa, joutuu testausryhmä kantamaan mukanaan monia erikokoisia kypäriä. Tämä ei edesauta tavoitetta kehittää nimenomaan helposti liikuteltava mittauslaitekokonaisuus, joka voidaan vaivattomasti ottaa mukaan esimerkiksi sotaharjoitukseen. Päähän laitettava säädettävä pääkappale olisi paljon kätevämpi ja mobiilimpi.

Kypärän voisi korvata esimerkiksi järeämmissä otsalampuissa käytettävällä ratkaisu. Niissä pääkappale koostuu hihnoista, jotka kiertävät pään ympäri sekä sen ylitse ristiin, kuten esimerkiksi McDaniel ym. (2021) tutkimuksessa käytetyssä pääkappaleessa (kts. kuva 6). Jo tämänkaltaisilla säädettävillä hihnoilla parannettaisiin varmasti käyttökokemusta mittaustilanteessa.

7.3.2 Mittaustapahtuma

Mittauksia suoritti kaksi koulutettua fysioterapeuttia, jotka molemmat olivat kokeneita testaustoiminnan ammattilaisia. Mittaukset toteutettiin ennalta määritellyn mittausprotokollan mukaan. Protokollan avulla oli tarkoitus päästä sellaiseen tilanteeseen, että jokainen mittaustapahtuma olisi vakioitu mahdollisimman tarkasti kaikilta osin. Kun kaksi mittaajaa suorittaa mittauksia samalla tavalla, saadaan aikaiseksi luotettavaa dataa, kun tutkitaan reliabiliteettia saman mittaajan, sekä eri mittaajien aikaansaamien tulosten kesken.

Suurin mittaustulokseen vaikuttava tekijä mittaustapahtumassa lienee mittausasennon vakiointi. Mittausasetelma on voimamittauksen näkökulmasta aina erilainen, jos mittausasento ja sen myötä esimerkiksi nivelkulmat muuttuvat mittauskertojen välillä. Mittausasento vaikuttaa myös muiden kuin kaularangan alueen lihasten toimintaan sekä kaularangan lihasten lihaspituuteen lihaspuristuksessa.

Tässä tutkimuksessa mittausasento pyrittiin vakioimaan silmämääräisesti mahdollisimman hyvin, kuten myös monissa aiemmissa tutkimuksissa (McDaniel ym. 2021; Chavarro-Nieto ym. 2022; Fuller ym. 2022) on tehty. Koehenkilö istutettiin kuntosalipenkille ja mittauslaitekokonaisuus viritettiin koehenkilön pään ja puolapuiden väliin. Mittausasennossa pyrittiin siihen, että koehenkilön selkä olisi suorassa kulmassa lattiatasoon nähden. Mittauslaite asemoitiin silmämääräisesti siten, että vaijeri oli kiinni puolapuussa sillä tavalla, että vaijeri asettui vaakatasoon, eikä lihaspuristuksen aikana koehenkilön kaularangassa esiintynyt liikettä. Lihaspuristusta kontrolloitiin koehenkilön ja puolapuiden väliin asetettavan psoas-tyynyn avulla.

Tämän tutkimuksen näkökulmasta kaularangan lihasten pituudella on merkittävä vaikutus tuotettuun voimaan lihassupistuksen aikana. Tiedetään, että kaularangan lihasten voimantuotto on parhaimmillaan sen keskipituuksilla (Survanarayana & Kumar 2005; Rezasoltani ym. 2013), ja sen voimantuotto heikkenee lihaksen venyessä, tai supistuessa. Näin ollen pään asennolla on merkittävä vaikutus kaularangan lihasten voimantuottoon isometrisessä lihastyössä, sillä kaularangan alueella on paljon pieniä lihaksia, joiden pituus muuttuu suhteellisesti paljon asennon muuttuessa vähänkin. Esimerkiksi, kun mitataan voimantuottoa kaularangan fleksiossa, mitä alempana leuka on, sitä lyhyemmät ovat kaularangan kaulanpuoleiset lihakset. Vastaavasti, mitä ylempänä leuka on, sitä pidemmät kyseiset lihakset ovat.

Tässä tutkimuksessa pään asento vakioitiin silmämääräisesti. Näin ollen, on hyvin mahdollista, että koehenkilön pään asento on ollut hieman erilainen jokaisessa mittaustapahtumassa. Pään erilainen asento on voinut johtua esimerkiksi hieman erilaisesta istuma-asennosta tai ryhdistä. Ryhdin näkökulmasta kaularanka on esimerkiksi voinut työntyä eteenpäin kaularangan nikamien eteenpäin liukumisesta ja kaularangan lihaksiston muutoksista johtuen (McDonnel 2011, 53). Koehenkilö on myös saattanut istua mittaustapahtumassa aavistuksen kiertyneenä, joka voi puolestaan aiheuttaa kaularangassa pientä rotaatiota heikentäen täten isometristä lihasvoimaa.

Mittaustapahtumaa varten käytössä oli kuntosalipenkki, joka oli istumakorkeudeltaan vakio. Penkin korkeutta ei siis voitu muuttaa, mistä seurasi se, että penkki oli erikorkuinen jokaiselle koehenkilölle suhteutettuna koehenkilön pituuteen ja ruumiinrakenteeseen. Kuitenkin saman korkuinen penkki loi sen suhteen jokaiselle koehenkilölle samanlaiset mittausolosuhteet kaikkiin mittauksiin.

Mittauslaitekokonaisuuden vaijeri kiinnitettiin puolapuiden poikkipuuhun. Poikkipuita ei luonnollisesti voitu siirtää, joten mittauslaite kiinnitettiin silmämääräisesti parhaalla korkeudella olevaan poikkipuuhun. Kyseinen poikkipuu oli sama kaikilla koehenkilöillä. Tästä seurasi se, että koehenkilön istumapituudesta riippuen vaijeri oli kiinnitettynä puolapuihin absoluuttisesti hieman eri korkeudelle jokaiselle koehenkilölle. Mitä pidempi koehenkilön istumapituus oli, sitä alempana vaijeri oli suhteellisesti kiinni puolapuissa. Toisaalta, koska poikkipuu oli aina sama, olivat mittaustapahtumat tämänkin suhteen identtiset yhden koehenkilön suhteen.

Jotta nivelkulmat saataisiin mitattua mahdollisimman tarkasti, tulisi käytössä olla jonkinlainen nivelkulmamittari, jonka avulla ne saataisiin mahdollisimman lähelle haluttuja arvoja. Tämän tutkimuksen näkökulmasta kyseiset toimenpiteet eivät kuitenkaan vaikuttaisi toistettavuuteen, sillä koehenkilökohtainen mittausasento pysyisi kuitenkin muuttumattomana. Kuitenkin tarkasti vakioiduilla asennoilla koehenkilöiden tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisempia.

Mittaukset toteutettiin istuma-asennossa. Muita vaihtoehtoja mittausasennolle olisivat olleet makuuasento tai seisten. Kaikkia asentoja on käytetty aiemmissakin tutkimuksissa. Tutkimukset eivät ole selvästi osoittaneet, mikä asennoista olisi paras reliabiliteetin mittaamisen kannalta. Esimerkiksi Strimpakos ym. vuonna 2004 tehdyssä tutkimuksessa seisaaltaan tehdyt mittaukset osoittivat parempaa reliabiliteettia kuin istualtaan tehdyt mittaukset. Toisaalta McDaniel ym. vuonna 2021 toteuttamassa tutkimuksessa seisaaltaan ja istualtaan tehdyt mittaukset indikoivat samankaltaista reliabiliteettia.

Istuma-asento koettiin helposti toteutettavaksi ja hävittäjälentäjän työasentoa parhaiten simuloivaksi. Tässä tutkimuksessa vartalon ainoa tuki oli koehenkilön ja puolapuiden väliin asetettu psoas-tyyny. Kyseinen tyyny ei kuitenkaan antanut sellaista tukea, mitä vasten koehenkilö olisi voinut puristaa muulla vartalolla, sillä psoas-tyyny ei saanut taipua lihaspuristuksen aikana. Muulla tavoin vartaloa ei ollut tuettu ja siksi koehenkilöllä ei ollut mahdollisuutta puristaa vartaloa tukea vasten ja täten saada enemmän voimaa lihaspuristukseen muista lihasryhmistä. Jos vartalo olisi ollut tuettu, olisi se näkynyt varmasti suurempina mittaustuloksina keskivartalosta saavutettavan edun myötä.

Kun verrataan istuma-asentoa seisoma-asentoon tämän tutkimuksen näkökulmasta, ovat asennot hyvin samankaltaiset, sillä vartaloa ei tuettu mistään. Kuitenkin, seisoma-asento on

huterampi, ja ä istualtaan koehenkilöt pystyvät todennäköisesti paremmin keskittymään lihaspuristukseen. Istuma-asento on myös hävittäjälentäjän ”työasento”, mikä tukee istuma-asennon käyttöä tässä tutkimuksessa.

Makuuasennossa etuna on se, että muualla lihaksissa ei tarvitse olla päällä minkäänlaista jännitystä mittausasennon ylläpitämiseksi. Sen sijaan kaularankaa joudutaan pitämään pitkiä aikoja jännityksessä tai vähintäänkin tukemaan joillain keinoilla ylimääräisen lihasväsymyksen välttämiseksi, jos kaularanka ei voi rennosti levätä makuualustalla. Maakultaan suoritettaessa muiden lihasten voimantuoton eristäminen saattaisi olla paljon vaikeampaa, koska lihaspuristuksen aikana koehenkilö voisi painaa vartaloaan makuualustaansa vasten ja täten kaularangan ja lonkan nivelkulmien mittaaminen toisivat paljon lisätarkkuutta mittausasentoon parantaen reliabiliteettia. Tässä tutkimuksessa penkki ja vaijerin kiinnityskohta puolapuissa eivät kuitenkaan vaikuttaneet reliabiliteettiin, sillä ne olivat koehenkilökohtaisesti aina samanlaiset. Suurimpina kehityskohteina mittausprotokollaan olisivat paremman pääkappaleen kehittäminen ja pään asennon vakiointi, sillä ne vaikuttavat suoraan toistettavuuteen.

7.3.3 Muut vaikuttavat tekijät

Edeltävissä kappaleissa käsiteltiin mittauslaitteistossa ja mittaustapahtumassa ilmenneitä asioita, joilla on mahdollisesti voinut olla vaikutusta mittaustuloksiin ja sen myötä reliabiliteetin vahvuuteen. Tässä kappaleessa käsitellään muita mittaustuloksiin mahdollisesti vaikuttaneita tekijöitä, kuten harjoituksesta johtuvaa lihasarkuutta eli DOMS:ia, lihaskipua ja oppimisvaikutusta.

Tässä tutkimuksessa toteutetut kaularangan lihaspuristukset olivat hyvin spesifejä harjoitteita ja täten tutkimuksen koehenkilöille hyvinkin vieraita liikkeitä. Kuten Kauranen (2017, 262-264.) toteaa, on hyvin oletettavaa, että koehenkilöt saattavat kokea voimakkaitakin, jopa lihasvoiman laskua aiheuttavia, DOMS:ia uudenlaisen lihastyön myötä. Tähän tutkimukseen osallistuneet koehenkilöt olivat fyysisesti hyväkuntoisia ja aktiivisia nuoria henkilöitä, joilla oli kokemusta monipuolisesta harjoittelusta. Koehenkilöisen monipuolisesta harjoittelutaustasta johtuen DOMS:n erottaminen lihaskivuista oli heille helppoa.

Ei vaikuta kuitenkaan siltä, että lihasarkuudella olisi ollut mittaustuloksia laskeva vaikutus verrattaessa myöhempiä mittaustapahtumia aiempiin. Jopa lihasarkuuden arvoksi 5,5 raportoineen koehenkilön tulokset kasvoivat laskemisen sijaan. Vaikka osa koehenkilöistä

osallistui kolmeen ja osa kahteen mittaustapahtumaan viikon aikana, ei tutkimusdatassa ole havaittavissa väsymyksestä johtuvaa laskua. Väsymys ja lihasarkuus olisivat voineet olla vaikuttavampia tekijöitä, jos kolmeen mittaustapahtumaan osallistuneet oltaisiin testattu samana tai peräkkäisinä päivinä ilman välipäiviä.

Vaikuttaa ennemminkin siltä, että mittaustulokset ovat kasvaneet myöhemmissä mittauksissa, vaikka moni koehenkilö lihasarkuudesta raportoikin. Tarkasteltaessa sekä mittaajien välisiä, että samalla mittaajalla aikaansaatuja tuloksia, huomataan, että myöhempi mittaus on saavuttanut keskimäärin aina suuremmat arvot kuin aiempi mittaus (Taulukot 4 ja 5). Tällä perusteella voidaan todeta, ettei lihasarkuudella ollut merkittävää roolia tutkimustuloksiin. Lihasarkuudet olivat voimakkuuksiltaan pääosin hyvin vähäisiä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Vain yhdellä kiputilat osoittautuivat sellaisiksi, ettei hänen mittauksiaan pystytty viemään loppuun asti. Koviakin lihasarkuuksia kokeneet koehenkilöt paransivat tuloksiaan myöhemmissä mittauksissa heikentyvien tulosten sijaan.

Koehenkilöillä oli mahdollisuus raportoida myös akuutista lihaskivusta VAS-janan avulla. Lihaskivusta mittausten aikana raportoi viisi yksittäistä koehenkilöä. Kaksi koehenkilöistä raportoi merkittävän suuruisia VAS-arvoja mittaustapahtuman aikana. Toinen näistä henkilöistä raportoi toisen mittaustapahtuman ekstension jälkeen VAS-arvokseen 5,8 mutta ei kokenut kipuja enää testaustoiminnan jatkuessa ja täten hänen mittauksiaan voitiin jatkaa. Toisen koehenkilön mittaukset jouduttiin keskeyttämään kasvavien kipujen johdosta toisen mittaustapahtuman aikana. Hän raportoi ekstension jälkeen VAS-arvokseen 5,7, fleksion jälkeen 9,7, oikean lateraalifleksion jälkeen 7,4 ja vasemman lateraalifleksion jälkeen 7,3. Kivuista johtuen koehenkilön mittaukset keskeytettiin tässä vaiheessa eikä häneltä täten saatu mittausdataa tutkimusta varten. Molemmat edellä kuvatut korkeat VAS-arvot raportoineet koehenkilöt raportoivat DOMS-arvokseen ennen toista mittaustapahtumaa 5,5. Koehenkilöiltä tiedusteltujen tuntemusten perusteella, on hyvin selkeää, että DOMS on paljon akuuttia lihaskipua yleisempi seuraus tämän tutkimuksen mittauksiin osallistumisesta.

Lihasarkuus ja kiputilat eivät siis nähtävästi olleet mittaustuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Sen sijaan päivävaihtelulla sekä ihmisen kehityksellä ja oppimisella mittauksien aikana on voinut olla suurikin vaikutus. Kuten Keskinen ym. (2018) toteavat, voi ihmisen biologisesta toiminnasta johtuva päivävaihtelu olla kolmesta kuuteen prosenttiyksikköä. Biologisia tekijöitä on monenlaisia, jotka ovat voineet vaikuttaa mittaustuloksiin. Esimerkiksi koehenkilön yleisessä vireystilassa on voinut olla eroavaisuutta, joka on johtanut ylös tai alaspäin

heilahtaneeseen mittaustulokseen. 3-6 prosentin päivävaihtelu voi selittää pienet muutokset mittaustuloksissa eri mittaustapahtumien välillä, mutta se ei selitä suurimpia ailahteluita mittaustuloksissa.

Keskinen ym. (2018) kirjoittavat myös, että totuttautuminen testiliikkeisiin vaikuttaa myönteisesti toistettavuuteen. McBride ym. (2021) kertovat myös, että heidän tutkimuksessaan toteutetut isometriset voimatestit olivat tutkimukseen osallistuneille koehenkilöille vieraita liikkeitä ja saattoivat täten vaikuttaa toistettavuuteen. Totuttautumisen merkitys toistettavuuteen selittyy sillä, että totuttautumisen jälkeen mittaustapahtuma on koehenkilölle tuttu ja koehenkilön lihaksisto ja hermosto ovat luultavasti oppineet totuttautumisjakson aikana. Tässäkään tutkimuksessa erillistä totuttautumisjaksoa ei järjestetty, vaan koehenkilöt suorittivat mittausdataan sisällytettäviä lihaspuristuksia ensimmäisestä mittaustapahtumasta alkaen. Henkilökohtaisella tasolla koehenkilön totuttautuminen testiliikkeisiin tapahtui siis mittausviikon aikana. Jokainen koehenkilö näki kuvan mittaustapahtumasta ja jokaisella oli mahdollisuus seurata edeltävän koehenkilön lihaspuristuksia. Tämä oli käytännössä ainoa ennalta oppia ja totuttautumista antava tekijä koehenkilöille ennen ensimmäistä mittaustapahtumaa.

Oppimisvaikutus voi hyvin olla taulukoissa 4 ja 5 esiintyvää tulosten keskimääräistä nousua selittävä tekijä. Koehenkilöt ovat mahdollisesti tottuneet ja oppineet mittaustapahtumasta mittausviikon aikana. Oppimisella on myönteinen vaikutus mittaustuloksiin, joten tässä tapauksessa oppimisvaikutus on hyvin nähtävillä. Oppiminen on voinut olla kognitiivista, lihaksistollista ja hermostollista. Ensimmäinen mittaustapahtuma oli koehenkilöille uutta, mutta toiset ja kolmannet mittaustapahtumat eivät.

Viikon aikana lihassolun poikkipinta-ala on tuskin kasvanut ja lihas tätä myötä vahvistunut. Arkiviikko on erittäin lyhyt aika aikaansaada lihaksen poikkipinta-alan kasvusta johtuvia vaikutuksia. Jos mittauksia olisi suoritettu selvästi harvemmin, olisi tällöin koehenkilön mittausten välissä tekemillä asioilla selkeästi suurempi vaikutus. Tässä tutkimuksessa parannukset mittaustuloksissa ovat luultavammin selitettävissä kognitiivisen ja hermostollisen oppimisen yhteisvaikutuksena. Toistojen myötä ihminen oppii paremmaksi tekemässään asiassa, ja näin on luultavasti tässäkin tutkimuksessa käynyt. Jos tämän tutkimuksen mittaukset toteutettaisiin uudelleen samoille koehenkilöille, on hyvin oletettavaa, että mittaustulokset voisivat olla ensimmäistä testausjaksoa korkeampia.

Tässä tutkimuksessa oppimisvaikutus pyrittiin huomioimaan siten, että kussakin mittaustapahtumassa yhteen suuntaan suoritetusta kolmesta lihaspuristuksesta korkein tulos sisällytettiin tutkimusdataan. Tällä tavoin yhden mittaustapahtuman sisällä tapahtuva oppimisvaikutus kyettiin huomiomaan. Vaihtoehtona mittaustapahtumasta raportoitavalle tulokselle olisi ollut kolmen lihaspuristuksen keskiarvo, mutta juuri oppimisvaikutus ja epäonnistuneiden suoritteiden vaikutus tutkimusdataan vaikuttivat päätökseen sisällyttää tutkimusdataan vain korkein tulos kolmesta lihaspuristuksesta.

Oppimisvaikutuksen näkökulmasta totuttautumisjakson, sisällyttäminen tutkimukseen voisi olla varteenotettava vaihtoehto. Tässä tutkimuksessa jokainen koehenkilö suoritti mittauksensa arkiviikon aikana, osa kahteen ja osa kolmeen kertaan. Osassa aiemmissa tutkimuksissa (Strimpakos ym. 2002; Fuller ym. 2022) on käytetty myös merkittävästi pidempiä, jopa kahdeksan vuorokauden, ajanjaksoja mittaustapahtumien välissä. Totuttautumisjakso ja/tai pidennetyt testausvälit saattaisivat poissulkea ainakin osan oppimisvaikutuksen merkityksestä, mutta koehenkilöitä tulisi kieltää kaularangan harjoittaminen tutkimuksen aikana.

Testaajien toiminnalla oli varmasti jonkinlaista vaikutusta tutkimuksen toistettavuuteen mutta vaikutuksen suuruus oli todennäköisesti hyvin vähäinen. Molemmat testaajat olivat kokeneita testaustoiminnan ammattilaisia, jotka toteuttivat testaustapahtumat hyvää testausoppia ja mittausprotokollaa noudattaen. Näistä syistä johtuen on hyvin epätodennäköistä, että testaushenkilöstön toiminta olisi vaikuttanut merkitsevästi mittaustuloksissa esiintyneeseen vaihteluun.

Erilaisissa testaustapahtumissa testattavan motivaatiolla voi olla suurikin merkitys suorituskykyyn. Mittauksia sivusta seurattuna ei ollut mielestäni huomattavissa selkeää motivoitumattomuutta tai mitään siihen viittaavaa. Kaikki koehenkilöt osallistuivat mittauksiin hyvällä asenteella. Jokaisessa testaustapahtumassa koehenkilöitä motivoitiin verbaalisella kannustuksella. Koehenkilöt vaikuttivat siis hyvin motivoituneita yrittämään parhaansa, eikä siksi ole oletettavaa, että ainakaan motivoitumattomuus olisi vaikuttanut merkittävästi mittaustuloksiin.

Tässä tutkimuksessa onnistuttiin vastaamaan tutkimukselle asetettuihin tutkimuskysymyksiin, ja tuottamaan tietoa mittauslaitekokonaisuuden reliabiliteetista. Tutkimuksen sisäistä luotettavuutta edesauttoi se, että mittauksiin osallistuneet testaajat olivat kokeneita ja ammattitaitoisia testaajia. Tutkijan työ oli tässä tutkimuksessa varsin selkeää ja

johdonmukaista, sillä reliabiliteettitutkimus perustui tässä tapauksessa mittausdataan ja SPSS-ohjelmistolla tuotettuun analyysiin. Täten tutkimuksen tutkijalla itsellään ja hänen kokemuksillaan ei ole ollut vaikutusta tulosten syntymiseen. Tutkija ei itse suorittanut mittauksia, vaan pelkästään käsitteli ja analysoi datan.

Itse tutkimus eteni hyvin suunnitelman mukaisesti. Sain aiheen jo varsin aikaisessa vaiheessa, mikä mahdollisti työn aikaisen aloittamisen. Tämä oli mielestäni erittäin tärkeää, koska joudun kirjoittamaan tutkielmaa virkatyön ohessa, enkä olisi pystynyt olemaan töistä pois sellaista määrää, mitä tutkielman tekemiseen on maisteriohjelman mukaan mahdollista käyttää. Tasaiset palaverit ohjaajieni kanssa olivat erittäin hyviä tarkastuspisteitä työn etenemisen tarkastamiseksi ja tutkielman jatkamisen jouhevoittamiseksi. Tämä tutkimus on turvaluokitukseltaan julkinen. Julkinen status helpotti työn tekemistä erittäin paljon, ja mahdollisti myös työn etänä tekemisen.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen keskeinen tavoite oli selvittää hävittäjälentäjien kaularangan isometrisen voiman mittaamiseen käytettävän Sauter-mallisen mittauslaitekokonaisuuden reliabiliteetti saman mittaajan eri mittauskertojen ja kahden eri mittaajan välillä. Ilmavoimilla ei ole vielä käytössä kaularangan alueen voimatasojen mittaamiseen tarkoitettua laitteistoa ja Sauter-mittalaitekokonaisuus on yksi mittalaite-ehdokkaista. Kaularangan voimatasoja mittaavalla laitteella kyettäisiin kartoittamaan hävittäjäohjaajien kaularankojen lihaksistojen voimatasoja ja sen myötä tarkastelemaan lihasvoiman riittävyyttä fyysisesti kuormittaville lentotehtäville. Riittävällä lihasvoimalla on osoitettu olevan suuri merkitys niskan ja kaulan alueen kipujen ja vammojen ehkäisyssä. Toimiva mittauslaitekokonaisuus mahdollistaisi lihasvoiman puutteiden paikantamisen uran aikaisessa vaiheessa, jolloin lentäjä voidaan ohjata ajoissa kaularangan lihasten voimaa kehittävän harjoittelun pariin.

Tutkimuksessa käytetty mittauslaite kokonaisuus osoitti liikesuunnasta riippuen hyvästä erinomaiseen toistettavuutta eri mittaajien välillä (ICC=0.79–0.90). Samalla mittaajalla mittausten välillä laite osoitti liikesuunnasta riippuen kohtalaisesta hyvään toistettavuutta (ICC=0.58–0.84). Vaikka mittaustapahtuma pyrittiin standardoimaan mahdollisimman hyvin, oli mittaustuloksissa siltikin havaittavissa merkittävää vaihtelua. Tämä kävi ilmi tutkimusdatalle toteutetun reliabiliteettianalyysin myötä, joka on luettavissa kappaleessa 6.

Mitä luultavimmin suurimmat vaihtelun aiheuttajat liittyivät koehenkilön asentoon mittaustapahtumassa, koehenkilön oppimiseen ja mittauslaitekokonaisuuteen. Todennäköisimmin voimantuottoon saattoivat vaikuttaa mittauslaitekokonaisuudessa käytetyt kypärät, jotka eivät istuneet kaikille koehenkilöille kovinkaan optimaalisesti. Koehenkilön mittausasento saattoi vaikuttaa kaularangan lihasten lihaspituuksiin ja muiden lihasten osallistumiseen isometrisessä lihaspuristuksessa, ja täten vaikuttaa voimantuottoon mittauksessa. On myös todistettu, että oppimisvaikutuksella on suuri merkitys. Tämä lienee selkein selittäjä loppua kohti kohonneissa mittaustuloksissa.

Mittaustulosten analyysin ja pohdinnan jälkeen vaikuttaa siltä, että tässä tutkimuksessa käytetty mittauslaitekokonaisuus voisi hyvinkin olla käyttökelpoinen mittari kaularangan lihaksiston voimatasojen mittaamiseen, kunhan mittaustapahtumaan ja mittauslaitekokonaisuuteen tehdään toistettavuutta parantavia muutoksia. On tärkeää karsia pois myös mittauslaitekokonaisuuden ulkopuoliset toistettavuuteen heikentävästi vaikuttavat tekijät. Tässä tutkimuksessa mittauslaitekokonaisuuden toistettavuuteen ehdottomasti eniten

vaikuttanut tekijä oli huonosti sopivan kypärän aiheuttama vaihtelu mittaustuloksissa. Toisena erityisesti esiin nousseena kehityskohteena tämän tutkimuksen myötä ilmeni mittausasennon vakioinnin tärkeys. Tutkimuksessa käytetyn mittauslaitekokonaisuuden ehdottomat vahvuudet ovat sen edullisuus, helppo liikuteltavuus ja käytettävyys. Mittauslaitekokonaisuus vaatii kuitenkin vielä lisätutkimusta erityisesti mahdollisen kypärän korvaajan ja mittausasennon vakioinnin suhteen.

LÄHTEET

Aho, J., Hämäläinen, O., Vanharanta, H. (1990). Niskakivut suomalaisilla sotilaslentäjillä. Teoksessa Visakorpi, R. (toim.) Sotilaslääketieteen aikakausilehti. Ilmailulääketieteen erikoisnumero. 1/1990 65, 74-79.

Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. (2007). Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen, M. Kallinen. Kuntotestauksen käsikirja. 2. painos.

Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. (2018). Hermolihasjärjestelmä. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Fyysisen kunnon mittaaminen - käsi- ja oppikirja kuntotestaajille. Liikuntatieteellinen Seura.

Bjålie, J., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, O. & Toverud K. (2009). Ihmisen Fysiologia ja anatomia. 1.-6. painos. WSOY.

Burnett, A., Naumann, F., Burton, E. (2004). Flight-Training effect on the cervical muscle isometric strength of trainee pilots. *Aviation, Space and Environmental Medicine* Vol. 75 No. 7: 611-615.

Chavarro-Nieto, C., Beaven, M., Gill, N., Hébert-Losier, K. (2022). Reliability of Repeated Isometric Neck Strength in Rugby Union Players Using a Load Cell Device. *Sensors* 2022 Apr 8; 22(8): 2872; https://doi.org/10.3390/s22082872.

Cheung, K., Hume, P.A., Maxwell, L. (2003). Delayed Onset Muscle Soreness: Treatment strategies and Performance Factors. *Sports Medicine* 33, 145-164.

Coakwell, M.R., Bloswick, D.S., Moser, R. (2004). High-risk head and neck movements at high G and interventions to reduce associated neck injury. *Aviat Space Environ Med* 2004; 75(1), 68-80.

Drake, RL., Vogl, W., Mitchell, AWM. (2005). Gray's Anatomy for Students. Canada.

Enoka, Roger M. (2008). Neuromechanics of Human Movement. 4. painos.

Eskola, A. (1962). Sosiologian tutkimusmenetelmät 1. Porvoo.

Fuller, C., Falvey, É., Schneider, K. (2022). Reliability of a neck strength test in schoolboy rugby players. *Musculoskeletal Science and Practice* 2022; Aug;60. https://doi.org0.1016/j.msksp.2022.102566

Gilroy, A.M., MacPherson, B.R. & Ross, L.M. (2009). Atlas of Anatomy Second Edition. Thieme.

Green, N.D.C. Protection against long-duration acceleration. (2006). *Earnsting's Aviation Medicine*. Fourth Edition. 2006, 164-166.

Grossman, A., Nakdimon, I., Chapnik, L. & Levy, Y. (2012). Back symptoms in aviators flying different aircraft. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 83 (7), 702-705.

Hamill, J., Knutzen, K.M. (2003). Biomechanical Basis of Human Movement. 2nd edition. USA.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. (2009). Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Tammi.

Honkanen, T. (2019). Fighter pilots' physical performance and spinal-injury induced flight duty limitations. University of Jyväskylä 2019, 81 p.

Honkanen, T., Oksa, J., Mäntysaari, M.J., Kyröläinen, H., Avela, J. (2017). Neck and shoulder muscle activation among experienced and inexperienced pilots in +Gz exposure. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 2017; 88(2), 90–95.

Hämäläinen, O. (1996). Thoracolumbar pain among fighter pilots. *Military Medicine* 1999; 164, 595-6.

Hämäläinen, O., Toivakka-Hämäläinen, S.K., Kuronen, P. (1999). +Gz associated stenosis of the cervical spinal canal in fighter pilots. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1999; 70, 330-334.

Jones, J.A., Hart, S.F., Baskin, D.S., Effenhauser, R., Johnson, S.L., Novas, M.A., Jennings, R & Davis, J. (2000). Human and behavioral factors contributing to spinebased neurological cockpit injuries in pilots of high-performance aircraft: recommendations for management and prevention. *Military Medicine* 2000 Jan; 165(1), 6-12.

Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala, H., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E., Paalimäki, H. (1996). Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Gummerus.

Kauranen, K. (2014). Lihas: Rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura.

Kauranen, K. (2017). Fysioterapeutin käsikirja. 1. painos. Sanoma Pro Oy.

Kauranen, K., Nurkka, N., (2010). Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellinen Seura ry. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu 166.

Keskinen, K., Häkkinen, K., Kallinen, M. (2007). Kuntotestauksen käsikirja. 2. uud. p. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu 161.

Keskinen, K., Häkkinen, K., Kallinen, M. (2018). Fyysisen kunnon mittaaminen – käsi- ja oppikirja kuntotestaajille. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu 174.

Kikukawa, A., Tachibana, S & Yagura, S. (1995). G-related musculoskeletal spine symptoms in Japan Air Self Defence Force F-15 pilots. *Aviation Space and Environmental Medicine* 1995 March; 66(3), 269-72.

Koo, T.K., Li, M.Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine* 15(2), 155-163.

Kuronen, P., Myllyniemi, J. (1996). Lentäjän työn kuormittavuus. Teoksessa: Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Gummerus

Lange, B. Torp-Svendsen, J. Toft, P. (2011). Neck pain among fighter pilots after the introduction of the JHMCS helmet and NVG in their environment. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 2011; 82(5), 559–563.

Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. (2017). Anatomia ja fysiologia. Rakenteesta toimintaan. 7. painos. Sanoma Pro Oy.

McDaniel, A. T., Schroeder, L. H., Freedman, J. A., Wang, Y., Heijnen, M. J. H. (2021). Evaluating the Intra-Rater and Inter-rater Reliability of Fixed Tension Scale Instrumentation for Determining Isometric Neck Strength. *International Journal of Exercise Science*. 2021; 14(3), 563-577.

Mcbride, L., James, R.S., Alsop, S., Oxford, S.W. (2022). Intra and Inter-rater Reliability of a Novel Isometric test of Neck Strength. doi: 10.3390/sports11010002

McDaniel, A.T., Schroeder, L.H., Freedman, J.A., Wang, Y., Heijnen, M.J.H. (2021). Evaluating the Intra-Rater and Inter-rater Reliability of Fixed Tension Scale Instrumentation for Determining Isometric Neck Strength. *International Journal of Exercise Science*. 2021; 14(3), 563-577.

McDonnell, M.K. (2011). Movement System Syndromes of the Cervical Spine. *Movement System Impairment Syndromes of the Extremities, Cervical and Thoracic Spine*. 2011, 51-102.

Mero, A. (2004). Urheiluvalmennus. VK-Kustannus.

Mylläri J. (2008). Ihmiskehon anatomiaa. Sanoma Pro Oy.

Netto, K., Burnett, A. (2006). Neck muscle activation and head postures in common high-performance aerial combat maneuvers. *Aviation Space Environment Medicine*. 2006 Oct; 77(10), 1049-55.

Newman, D. G. (1997). +Gz -induced neck injuries in Royal Australian Air Force fighter pilots. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 1997 Jun; 68(6), 520-524.

Newman, P., Riches, A., Mara, J., Spratford, W. (2022). The effect of helmet mass and aircraft acceleration on cervical spine loads during typical fast jet aircraft pilot head motions. *Journal of Science and Medicine Sport* 2022. Oct; 25(10), 855-860.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila A., Björkvist, S-E. (2014). Ihmisen fysiologia ja anatomia. 18.-19. painos. Sanoma Pro Oy.

Nyländen P, Virmavirta M, Sovelius R, Kyröläinen H, Honkanen T. (2023) A Flight helmet-attached force gauge for measuring isometric neck muscle strength. Accepted in Aerospace Medicine and Human Performance.

Oksa, J., Hämäläinen, O., Rissanen S., Salminen, M., Kuronen, P. (1999). Muscle fatigue caused by repeated aerial combat maneuvering exercises. *Aviation Space and Environmental Medicine.* 1999 Jun; 70(6), 556-60.

Oksa, J., Rissanen, S., Hämäläinen, O., Myllyniemi, J., Kuronen, P. (1996). Muscle strain during aerial combat manouvering exercises. *Aviation and Space Environment Medicine*. 1996 Dec; 67(12), 1138– 43.

Pihlainen, K., Santtila, M., Ohrankämmen, O., Ilomäki, J., Rintakoski, M., Tiainen, S. (2011). Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja. 2. painos. Pääesikunta.

Rausch, M., Weber, F., Kühn, S., Ledderhos, C., Zinner, C., Sperlich B. (2021). The effects of 12 weeks of functional strength training on muscle strength, volume and activity upon exposure to elevated G_z forces in high-performance aircraft personnel. *Military Medical Research*. 2021 Feb 23; 8(1):15. doi: 10.1186/s40779-021-00305-8

Rezasoltani, A., Nasiri, R., Faizei, A.M., Zaafari, G., Sc, B. Mirshahvelayati, B., Bakhshidarabad,B. (2013). The variation of the strenght of neck exstensor muscles and semispinalis capitis muscle size with head and neck position. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 2013, 200-203.

Reichert, B. (2008). Käytännön anatomia 2. VK-Kustannus.

Rintala, H. (1995). Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakäyttäytyminen. Maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan julkaisusarja B/1/1995. Erillisraportit.

Rintala, H. (2012). Sotilaslentäjän fyysinen suorituskyky sekä työperäiset tuki- ja liikuntaelinoireet. Väitöskirja. Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos. Julkaisusarja 1, N:o 10/2012.

Rintala, H., Häkkinen, A., Siitonen, S. & Kyröläinen, H. (2015). Relationships Between Physical Fitness, Demands of Flight Duty, and Musculoskeletal Symptoms Among Military Pilots. *Military Medicine* 180 (12), 1233-1238.

Sovelius, R. (2014). Cervical Loading Analysis of Fighter Pilots. Väitöskirja. Tampereen yliopisto. ISBN 978-951-44-9377-5 (PDF).

Sovelius, R., Honkanen, T., Janhunen, M., Mäntylä, M., Huhtala, H., Leino, T. (2022). +Gz exposure and flight duty limitations. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 2022; 93(4), 390-395.

Sovelius, R. Mäntylä, M. Huhtala, H. Oksa, J. Valtonen, R. Tiitola, L. Leino, T. (2019a). Joint Helmet-Mounted Cueing System and Neck Muscle Activity During Air Combat Maneuvering. *Aerosp Med Hum Perform* 2019 Oct 1; 90(10), 834-840.

Sovelius R, Mäntylä M, Huhtala H, Oksa J, Valtonen R, Tiitola L, Leino T. (2020). Head movements and neck muscle activity during air combat maneuvering. *Aerospace Medicine and Human Performance.* 2020; 91(1), 26-31.

Sovelius, R., Mäntysaari, M., Honkanen, T., Leino, T. (2019b). Sotilaslentäjän toimintakyky. Teoksessa Puolustustutkimuksen vuosikirja 2019.

Sovelius, R., Oksa, J., Rintala, H., Huhtala, H., Ylinen, J., Siitonen, S. (2006). Trampoline exercise vs. strength training to reduce neck strain in fighter pilots. *Aviation Space and Environmental Medicine* 2006 Jan; 77(1), 20-5.

Strimpakos N, Sakellari V, Gioftsos G, Oldham J. Intratester and intertester reliability of neck isometric dynamometry. (2004). *Archives of Physical Medicine Rehabilitation* 2004; 85, 1309–16.

Suryanarayana, L., Kumar, S. (2005). Quantification of isometric cervical strength at different range of flexion and extension. *Clinical Biomechanics* 2005 Feb; 20(2), 138-44.

Truszczynska, A., Lewkowicz, R., Truszczynski, O. & Wojtkowiak, M. (2014). Back pain and its consequences among Polish Air Force pilots flying high performance aircraft.

International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 27 (2), 243-251.

Vanderbeek, R. D. (1988). Period prevalence of acute neck injury in U.S. Air Force pilots exposed to high G forces. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 59 (12), 1176-1180.

Vilpas, P. (2018). Kvantitatiivinen tutkimus. Metropolia. PDF-tiedosto.

Wagstaff AS, Jahr KI, Rodskier S. (2012). +Gz-induced spinal symptoms in fighter pilots: operational and individual associated factors. *Aviation, Space and Environment Medicine*. 2012 Nov;83(11), 1092-6.

Äng, B., Linder, J. & Harms-Ringdahl, K. 2005. Neck strength and myoelectric fatigue in fighter and helicopter pilots with a history of neck pain. *Aviation, Space, and Environmental Medicine.* 76 (4), 375-380.

Julkaisemattomat lähteet:

Gradiablogi. (2020). Tules eli tuki- ja liikuntaelinsairaudet. Viitattu 4.8.2022. https://blogit.gradia.fi/fractules/2020/01/30/tules-eli-tuki-ja-liikuntaelinsairaudet/

https://commons.wikimedia.org

Käypä hoito -suositus. Julkaistu 22.8.2017. Viitattu 8.2.2023. www.kaypahoito.fi

Rinne, M. Niskan, hartiaseudun ja olkanivelen toiminnallinen anatomia. UKK-instituutti. Viitattu 17.8.2022. https://ukkinstituutti.fi/wp-content/uploads/2020/12/B3-liite2-TULE-ABC-ylavartalon-toiminnallinen-anatomia.pdf

Tuki- ja liikuntaelinliitto ry. (2021). https://suomentule.fi/tule-terveys/tule-terveyteen-vaikuttavat-tekijat/tule-oireet/

Työterveyslaitos. Viitattu 4.8.2022. https://www.ttl.fi/teemat/tyoterveys/tuki-ja-liikuntaelimiston-terveys-ja-tyokyky

LIITTEET

Liite 1 Esitietokysely

Liite 2 Tutkittavan tiedote

Liite 3 Suostumuslomake

Liite 4 Mittausten alkuverryttely

Yliluutnantti Ville Mattila tutkielman LIITE 1

Esitietokysely

SOTILASLENTÄJIEN NISKAVOIMAMITTAUSTEN VALIDITEETIN JA RELIABILITEETIN TUTKIMINEN -tutkimushanke 2021 - 2022

ESITIETOKYSELY

Hyvä vastaanottaja,

Tällä alkukyselyllä kartoitetaan *SOTILASLENTÄJIEN NISKAVOIMAMITTAUSTEN VALIDITEETIN JA RELIABILITEETIN TUTKIMINEN* -tutkimukseen osallistuneiden ilmavoimien kadettien taustatietoja. Kyselyn tarkoituksena on kerätä tietoa tutkimushankkeelle liikunta- ja terveyskäyttäytymisestä, aiemmista TULE- vaivoista sekä nautintoaineiden käytöstä.

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, esimerkiksi **joukko-osastosi henkilökunnalle, eikä nimeäsi tai henkilötietojasi käytetä tutkimustuloksia julkaistaessa**. Tutkimuksessa kerätty tieto tallennetaan numerolliseksi aineistoksi, joka analysoidaan tilastomatemaattisesti. Henkilötietosi eivät käy aineistosta 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, LiT
SOTLK
tuomas.honkanen@mil.fi

Marjo Janhunen
Tutkija, TtM
SOTLK
marjo.janhunen@mil.fi

ESITIEDOT

Nimi _____ Päivämäärä _____._____. 2021

Syntymäaika _____ Ikä vuosina _____

Pituus _____ Paino _____

Kalustokohtaiset lentotunnit uralla: _____

(kirjoita tunnit numerona ja laita perään kalusto sulkeilla, esim. "***50h (VN) / 10h (HW)"***

Viimeisimmän lentokelpoisuus-pp-ergometri- ja/tai -Cooper-testin tulos: _____

Viimeisimmän PV:n lihaskuntotestin tulos: _____ (jos et muista jätä tyhjäksi)

LIIKUNTA

Viimeisimmän koulutodistuksen numero liikunnassa

alle 6

6

7

8

9

10

Varusmiespalvelusajan <u>ensimmäisen</u> juoksutestini tulos oli

a alle 2200 metriä

b yli 2200 - alle 2600

c yli 2600 - alle 3000metriä

d yli 3000 metriä

Juoksutestini tulos oli:_____ metriä (jätä tyhjäksi jos et muista)

Kuinka monena PÄIVÄNÄ olet <u>viimeisen 5 arkipäivän</u> aikana harrastanut liikuntaa vähintään 30 minuuttia siten, että hengästyt ja hikoilet? (Merkitse vain yksi vaihtoehto)

0

1

2

3

4

5

Kuinka monena PÄIVÄNÄ olet <u>viimeisen viikonlopun</u> aikana harrastanut liikuntaa vähintään 30 minuuttia, että hengästyt ja hikoilet?? (Merkitse vain yksi vaihtoehto)

0

1

2

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

noin 1 x viikossa tai vähemmän

2 x viikossa

3 x viikossa

4 x viikossa

yli 4 x viikossa

tyypillisimmät harrastamani lajit (1-3)

_____

_____

_____

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

en harrasta kestävyysliikuntaa

noin 1 x viikossa

2 x viikossa

3 x viikossa

4 x viikossa

yli 4 x viikossa

tyypillisin kestävyysurheilulaji _____

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

Koko vuoden keskiarvo:

en harrasta lihaskuntoa kohottavaa liikuntaa

noin 1 x viikossa

2 x viikossa

3 x viikossa

4 x viikossa

yli 4 x viikossa

tyypillisin lihaskuntoa kohottava laji _____

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

en harrasta palloilulajeja tai mailapelejä

noin 1 x viikossa

2 x viikossa

3 x viikossa

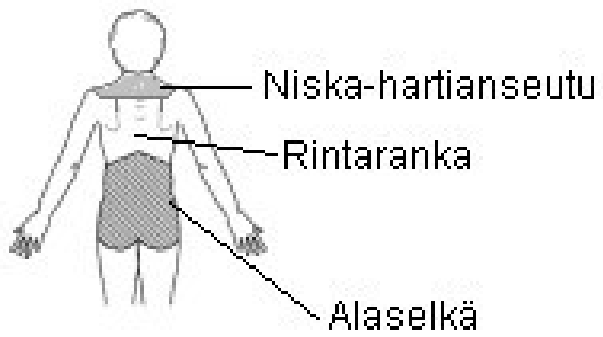
4 x viikossa

yli 4 x viikossa

tyypillisin lihaskuntoa kohottava laji _____

KIVUT JA OIREET

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



Niskahartiaseudun kipu

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

ei lainkaan, siirry kysymykseen 2

1 - 7 päivänä

8 - 14 päivänä

Yli 14 päivänä muttei päivittäin

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)

1.1 Säteilykipu yläraajaan

Säteilykivulla tarkoitetaan **niska-hartianseudun kipua, johon liittyy** yläraajaan

(olkavarsi, kyynärvarsi, kämmen tai sormiin) säteilevää kipua. Mikäli sinulla on paikallinen käsioire, älä vastaa tähän kysymykseen.

Arvioi kuinka monena päivänä yhteensä sinulla on ollut yläselän kipua, johon on liittynyt yläraajaan säteilevää kipua viimeksi kuluneen **vuoden** aikana?

a Ei yhtenäkään

b 1 - 7 päivänä

c 8 - 14 päivänä

d Yli 14 päivänä muttei päivittäin

e Päivittäin

Rintarangan alueen kipu

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

ei lainkaan, siirry kysymykseen 3

1 - 7 päivänä

8 - 14 päivänä

Yli 14 päivänä muttei päivittäin

Päivittäin

Rintarangan kivu 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:

ei lainkaan, siirry kysymykseen 4

1 - 7 päivänä c 8 - 14 päivänä

Yli 14 päivänä muttei päivittäin

Päivittäin

Alaselkäkivun 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 yhtenäkään

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 yhtenäkään

b 1-7 päivänä

c 8-14 päivänä

d yli 14 päivänä muttei päivittäin

e päivittäin

TUKI- JA LIIKUNTAELINVAMMAT, RASITUSVAMMAT JA LIHASHUOLTO

Ellei kysymyksessä toisin mainita, vastaa kysymyksiin siten, että ajattele elämääsi **viiden** viimeksi kuluneen **vuoden** ajalta.

1. Oletko saanut hoitoa rasitusvamman vuoksi?

a en kertaakaan

b kerran

c kaksi kertaa

d useampia kertoja

2. Vamma on ollut (ympyröi yksi tai useampia):

a Ei vammoja

b Akillesjännetulehdus

c Jalkapohjan jännekalvotulehdus

d Muu jännetulehdus, mikä?

e Kiertäjäkalvosimen (olkapää) oireet

f Tenniskyynärpää

g Alaselkäoireilu

h Yläselän tai niska/hartia-alueen oireet

i Muu, mikä?_____

3. Saamani hoito on ollut (yksi tai useampia)

a ei hoitoa

b tulehduskipulääkitys

c lepo tai sairasloma/palvelusva-pautus

d fysioterapia

e ohjeistettu omaehtoinen liikehoito

4. Oletko ollut poissa työ-/palvelustehtävistä (ml. varusmiespalvelus) rasitusvamman vuoksi

en kertaakaan

kerran

kaksi kertaa

useampia kertoja

5. Työstä/palvelustehtävistä poissaolon kesto rasitusvamman/vammojen vuoksi yhteensä viimeksi kuluneen 5 vuoden aikana

a ei poissaoloja rasitusvammojen vuoksi

b alle 7 vrk

c 7 - 30 vrk

d yli 30 vrk

6. Suoritan lihashuoltotoimenpiteitä

a säännöllisesti, jokaisen liikunta/harjoituskerran yhteydessä

b satunnaisesti

c en lainkaan

NAUTINTOAINEE

Tässä osiossa kartoitetaan alkoholin ja tupakkatuotteiden käyttöä standardoiduin ja työterveyshuollossa sekä sotilasilmailijoiden vuositarkastuksissa käytössä olevin kyselyin.

Pyri vastaamaan mahdollisimman totuudenmukaisesti näihin kysymyksiin.

TUPAKOINTI JA NUUSKAN KÄYTTÖ:

Ympyröi vaihtoehto, joka **lähinnä vastaa tilannettasi:**

1. Tupakointi

0 en tupakoi

1 satunnaisesti

2 alle 5 savuketta / päivä

3 5-10 savuketta / päivä

4 10-20 savuketta / päivä

5 yli 20 savuketta / päivä

Tupakoinnin aloittaminen, vuosi:_____

Tupakoinnin lopettaminen, vuosi:_____

2. Nuuskan käyttö

0 en käytä lainkaan

1 satunnaisesti

2 kuukausittain

3 viikoittain

4 päivittäin, kulutus yhteensä 2 rasiaa tai vähemmän viikossa

5 päivittäin, kulutus yhteensä yli 2 rasiaa viikossa

Nuuskan käytön aloittaminen, vuosi:_____

Nuuskan käytön lopettaminen, vuosi:_____

ALKOHOLIN KÄYTTÖ

Yksi alkoholiannos on:	**Esimerkkejä:**
- pullo (33cl) keskiolutta	*- tuoppi keskiolutta = 1,5 annosta*
- lasi (12cl) viiniä	*- pullo (0,75l) viiniä = 6 annosta*
- ravintola-annos (4 cl) väkeviä	*- pullo (0,5l) väkeviä = 13 annosta*

1. Kuinka usein juot olutta, viiniä tai muita alkoholijuomia? Koeta ottaa mukaan myös ne kerrat, jolloin nautit vain pieniä määriä, esim. pullon keskiolutta tai tilkan viiniä.

0 en koskaan -> siirry kysymykseen 9

1 noin kerran kuukaudessa tai harvemmin

2 2–4 kertaa kuukaudessa

3 2–3 kertaa viikossa

4 4 kertaa viikossa tai useammin

2. Kuinka monta annosta alkoholia yleensä olet ottanut niinä päivinä, jolloin käytit alkoholia?

0 1–2 annosta

1 3–4 annosta

2 5–6 annosta

3 7–9 annosta

4 10 tai enemmän

3. Kuinka usein olet juonut kerralla kuusi tai useampia annoksia?

0 en koskaan

1 harvemmin kuin kerran kuukaudessa

2 kerran kuukaudessa

3 kerran viikossa

4 päivittäin tai lähes päivittäin

4. Kuinka usein viimeksi kuluneen vuoden aikana sinulle kävi niin, että et pystynyt lopettamaan alkoholinkäyttöä, kun aloit ottaa?

0 ei koskaan

1 harvemmin kuin kerran kuukaudessa

2 kerran kuukaudessa

3 kerran viikossa

4 päivittäin tai lähes päivittäin

5. Kuinka usein viime vuoden aikana sinulle kävi niin, että et ole juomisen vuoksi saanut tehtyä jotain, mikä tavallisesti kuuluu tehtäviisi?

0 ei koskaan

1 harvemmin kuin kerran kuukaudessa

2 kerran kuukaudessa

3 kerran viikossa

4 päivittäin tai lähes päivittäin

6. Kuinka usein viimeksi kuluneen vuoden aikana olet tarvinnut krapularyyppyjä?

0 en koskaan

1 harvemmin kuin kerran kuukaudessa

2 kerran kuukaudessa

3 kerran viikossa

4 päivittäin tai lähes päivittäin

7. Kuinka usein viimeksi kuluneen vuoden aikana tunsit syyllisyyttä tai katumusta juomisen jälkeen?

0 en koskaan

1 harvemmin kuin kerran kuukaudessa

2 kerran kuukaudessa

3 kerran viikossa

4 päivittäin tai lähes päivittäin

8. Kuinka usein viimeksi kuluneen vuoden aikana sinulle kävi niin, että et juomisen vuoksi pystynyt muistamaan edellisen illan tapahtumia?

0 ei koskaan

1 harvemmin kuin kerran kuukaudessa

2 kerran kuukaudessa

3 kerran viikossa

4 päivittäin tai lähes päivittäin

9. Oletko itse tai onko joku muu satuttanut tai loukannut itseään sinun alkoholinkäyttösi seurauksena?

0 ei

2 on, mutta ei viimeksi kuluneen vuoden aikana

4 kyllä, viimeksi kuluneen vuoden aikana

10. Onko sukulainen, ystävä, lääkäri tai joku muu henkilö ollut huolissaan juomisestasi tai ehdottanut, että vähentäisit juomistasi tai lopettaisit sen?

0 ei

2 on, mutta ei viimeksi kuluneen vuoden aikana

4 kyllä, viimeksi kuluneen vuoden aikana

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 vaivatessa 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 ikäisiisi 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 toimelias 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

Yliluutnantti Ville Mattilan tutkielman LIITE 2

Tutkittavan tiedote

TIEDOTE TUTKIMUKSESTA

18.08.2021

Tutkimuksen nimi:

SOTILASLENTÄJIEN NISKAVOIMAMITTAUSTEN VALIDITEETIN JA RELIABILITEETIN TUTKIMINEN

Pyyntö osallistua tutkimukseen

Teitä pyydetään mukaan tutkimukseen, jossa arvioidaan isometrisiä niskavoimia mittaavan kypärään yhdistetyn Sauter-merkkisen laitteen luotettavuutta (validiteetti) ja toistettavuutta (reliabiliteetti). Isometrisen voiman mittaaminen tapahtuu ilman liikettä ja se on koehenkilöille turvallista.

Tämä tiedote kuvaa tutkimusta ja Teidän osuuttanne siinä. Perehdyttyänne tähän tiedotteeseen, Teille järjestetään mahdollisuus esittää kysymyksiä tutkimuksesta, jonka jälkeen Teiltä pyydetään suostumus tutkimukseen osallistumisesta.

Tutkimuksen toimeenpanee Sotilaslääketieteen keskus (SOTLK) yhteistoiminnassa Maanpuolustuskorkeakoulun (MPKK) ja Jyväskylän yliopiston (JY) kanssa. Tutkimuksen vastaavana tutkijan toimii LitT Tuomas Honkanen (SOTLK). Tutkimusyhteyshenkilöinä toimii tutkimuksen johtajan lisäksi TtM Marjo Janhunen (SOTLK). Tutkimuksen tieteellinen johtaja on professori Heikki Kyröläinen (JY ja MPKK).

Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimushankkeessa on kaksi erillistä osoita, joissa tarkoituksena on:

Selvittää mikä on Sauter-laitteen mittauskertojen välinen vaihtelu?

Selvittää mittaustulosten vaihtelu suhteessa aiemmin validoidun laitteen tuloksiin sekä lyhyen voimaharjoittelujakson ja lentäjän paineliivin vaikutus mittaustuloksiin

Tutkimuksen kulku

Tutkimus toteutetaan teidän osaltanne syksyn 2021 aikana. Tutkimus koostuu kahdesta osasta, joista toisessa tutkitaan Sauter-laitteen reliabiliteettia (koehenkilöt ja mittaukset Tikkakoskella

Ilmasotakoululla) ja toisessa validiteettia (koehenkilöt Jyväskylän yliopistolla Jyväskylässä). Validiteetin tutkimiseen yhdistetään harjoitteluinterventio, jossa koehenkilöt tekevät niskalihasten voimaharjoittelua kuminauhalla, sekä mittaukset lentäjän varustukseen kuuluvan paineliivin kanssa. Validiteettia tutkittaessa Sauter-laitteen tuloksia verrataan David G140 -laitteen tuloksiin ja molempien laitteiden mittausten aikaista EMG-aktiivisuutta verrataan toisiinsa. Reliabiliteettia tutkitaan tarkastelemalla eri mittauskertojen ja eri mittaajien välisten tulosten vaihtelua.

Tutkimuksen aikana tutkittavien kaularangan lihasvoimat mitataan ensimmäisen osion koehenkilöiltä kolmeen kertaan viikon aikana Sauter -mittarilla. Toisen osion koehenkilöt mitataan kahteen kertaan Sauter (ilman liiviä ja liivin kanssa) ja David G140 isometrisellä voimalaitteella sekä harjoitusinterventioon osallistumilla

Tutkimuksen mittausmenetelmät ovat:

Taustatiedot:

ikä, pituus, paino

Voimaominaisuuksien mittaukset:

Kaularangan staattiset isometriset maksimivoimamittaukset (kypärään yhdistetty Sautermittari) fleksio, ekstensio ja lateraalifleksiosuuntaan

Kyselyt:

Liikuntatottumus ja oirekyselyt (joilla kartoitetaan TULE-oireita ja kipuja)

Kestävyys ja voimaominaisuuksien mittaukset (hyväksi luetaan 2021 suoritettu testi, jos testiä ei ole suoritettu ei sitä suoriteta erikseen tätä tutkimushanketta varten) *:

maksimaalinen pp-ergometritesti (vuosittaisen lentokelpoisuustestin tulos)

Cooperin juoksutesti (vuosittaisen PAK-testin tulos)

suoritetut vartalon staattiset voimatesti (kadettivaiheen liikuntaleireillä suoritetun viimeisimmän testin tulos)

* HUOM! Vain ensimmäisen osion koehenkilöiltä selvitetään aiempien kuntotestien tulokset.

Tutkimuksen hyödyt

Tutkimuksesta saatujen tulosten perusteella voidaan selvittää kypärään yhdistetyn Sauter-merkkisen laitteen luotettavuutta ja toistettavuutta sekä näin ollen arvioida sen käytettävyys

ilmavoimien ohjaajien tehtäväkohtaisena kuntotestinä. Lisäksi interventiojaksolla selvitetään kuinka paljon dynaaminen ja suhteellisen kevyt (vastuskuminauhaharjoittelu) voimaharjoittelu lisää isometristä maksimivoimaa. Tutkimukseen osallistuvat henkilöt saavat tietoa omien kaulan alueen lihasten voimista ja interventiojaksoon osallistuvat vinkkejä harjoitteluun.

Tutkimuksesta mahdollisesti aiheutuvat haitat ja epämukavuudet

Tutkimuksessa käytettävät isometriset voimamittausmenetelmät ovat tutkittaville turvallisia. Maksimaalista hermo-lihasjärjestelmän toimintakykyä mittaavat menetelmät saattavat aiheuttaa normaalia paikallista lihasväsymystä, -arkuutta tai -kipua, joka häviää muutaman päivän kuluessa.

Mittauksia valvoo tehtäviin koulutettu henkilöstö.

Tutkimuksen keskeyttäminen ja suostumuksen peruuttaminen

Osallistuminen tähän tutkimukseen on täysin vapaaehtoista ja siitä voi kieltäytyä täysin ilman seuraamuksia. Jos peruutatte suostumuksenne, teillä on oikeus pyytää, että siihen mennessä kerättyjä tietoja ei enää käytetä tutkimuksessa. Suostumuksen peruuttaminen ja tutkimuksen keskeyttäminen tehdään vapaamuotoisella sähköpostilla kenelle tahansa tutkimuksen vastaavasta henkilöstöstä (tutkijoiden yhteystiedot alla).

Tietojen luottamuksellisuus, säilytys ja tietosuoja

Keräämme tietoa Teistä kyselyin sekä mittausmenetelmin, jotka kuvattiin yllä. Teistä kerättyä tietoa ja tutkimustuloksia käsitellään luottamuksellisesti henkilötietolain edellyttämällä tavalla. Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään tieteellisiin julkaisuihin sekä puolustusvoimien sisäiseen koulutuskäyttöön.

Yksittäisille tutkimushenkilöille annetaan tunnuskoodi ja tieto säilytetään koodattuna tutkimustiedostossa. Tulokset analysoidaan ryhmätasolla koodattuina, jolloin yksittäinen henkilö ei ole tunnistettavissa ilman koodiavainta. Koodiavainta, jonka avulla yksittäisen tutkittavan tiedot ja tulokset voidaan tunnistaa, säilyttävät tutkimuksen johtaja sekä tutkimuksen yhteyshenkilö, eikä tietoja anneta tutkimuksen ulkopuolisille henkilöille. Lopulliset tutkimustulokset raportoidaan ryhmätasolla eikä yksittäisten tutkittavien tunnistaminen ole mahdollista.

Tutkimuksen kunkin mittausvaiheen jälkeen muodostunut manuaalinen tutkimusaineisto kootaan yhdeksi arkistoksi, jonka käsittelystä ja säilytyksestä vastaa Puolustusvoimien Sotilaslääketieteen keskus. Digitaalinen aineisto kootaan samoin periaattein muistitikulle, josta se siirretään yhteen sähköiseen arkistoon. Siirron jälkeen tutkimusaineisto poistetaan väliaikaisista tallennusvälineistä (muistitikut, digitaaliset mittauslaitteet).

Tutkimuksesta muodostunutta manuaalista ja digitaalista aineistoa säilytetään EU tietosuoja-asetuksen edellyttämällä tavalla lukitussa tilassa (manuaalinen aineisto) ja salasanalla suojatussa hallinnollisessa sisäverkossa (digitaalinen aineisto). Tutkimuksen yhteydessä kerättyjä näytteitä säilytetään Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella kaksi vuotta, jonka jälkeen ne hävitetään.

Tutkimuksen kustannukset ja rahoitus

Tutkimukseen osallistumisesta ei makseta palkkiota. Tutkimusmittaukset ovat ilmaisia.

Tutkimuksen toimeenpano rahoitetaan puolustusvoimien määrärahoilla. Tutkijat ja mittauksiin osallistuvat fysioterapeutit ovat puolustusvoimien palkattua henkilökuntaa.

Tutkimustuloksista tiedottaminen

Tutkittaville annetaan mittauksista kirjallinen palaute. Tutkimuksesta laaditaan puolustusvoimille loppuraportti vuoden 2022 aikana. Tutkimustuloksia esitellään kansainvälisissä tieteellisissä kongresseissa ja niistä julkaistaan lisäksi osaraportteja kansainvälisissä tiedejulkaisuissa sekä tohtorin- että maisteritutkintoon oikeuttavia opinnäytetöitä.

Tutkimuksen päättyminen

Tutkimus päättyy osaltanne viimeisen mittauksen jälkeen Ilmasotakoululla Tikkakoskella tai Jyväskylän yliopistolla.

Lisätiedot

Pyydämme Teitä tarvittaessa esittämään tutkimukseen liittyviä kysymyksiä tutkimuksesta vastaavalle henkilöstölle.

Tutkijoiden yhteystiedot:

Tutkija :

TtM Marjo Janhunen
0299 576 146
marjo.janhunen@mil.fi

Tutkija:

LiT Tuomas Honkanen
0299 575 344
tuomas.honkanen@mil.fi

Yliluutnantti Ville Mattilan tutkielman LIITE 3

Suostumuslomake

SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN

Tutkimuksen nimi

SOTILASLENTÄJIEN NISKAVOIMAMITTAUSTEN VALIDITEETIN JA RELIABILITEETIN TUTKIMINEN

Tutkimuspaikka ja tutkimuksen toteuttaja (ympyröi A tai B):

Ilmasotakoulu, Viestitie 50, 41160, Tikkakoski, Suomi

Liikuntatieteellinen tiedekunta, Seminaarinkatu 15, 40100, Jyväskylä, Suomi

Minua on pyydetty osallistumaan yllämainittuun tieteelliseen tutkimukseen, jonka tarkoituksena on arvioida sotilaslentäjille suunnitellun niskavoimamittarin toistettavuutta ja luotettavuutta. Olen lukenut ja ymmärtänyt saamani kirjallisen tutkimustiedotteen. Tiedotteesta olen saanut riittävän selvityksen tutkimuksesta ja sen yhteydessä suoritettavasta tietojen keräämisestä, käsittelystä ja luovuttamisesta. Tiedotteen sisältö on kerrottu minulle myös suullisesti, minulla on ollut mahdollisuus esittää kysymyksiä ja olen saanut riittävän vastauksen kaikkiin tutkimusta koskeviin kysymyksiini.

Tiedot antoivat tutkija, LitT Tuomas Honkanen ja/tai tutkija, TtM Marjo Janhunen. Minulla on ollut riittävästi aikaa harkita osallistumistani tutkimukseen. Olen saanut riittävät tiedot oikeuksistani, tutkimuksen tarkoituksesta ja sen toteutuksesta sekä tutkimuksen hyödyistä ja riskeistä. Minua ei ole painostettu eikä houkuteltu osallistumaan tutkimukseen.

Ymmärrän, että osallistumiseni on vapaaehtoista. Olen selvillä siitä, että voin peruuttaa tämän suostumukseni tai keskeyttää tutkimuksen koska tahansa syytä ilmoittamatta eikä peruutukseni vaikuta kohteluuni millään tavalla. Tiedän, että tietojani käsitellään luottamuksellisesti eikä niitä luovuteta sivullisille. Olen tietoinen siitä, että mikäli keskeytän tutkimuksen, minusta keskeyttämiseen mennessä kerättyjä tietoja ja näytteitä käytetään osana tutkimusaineistoa.

Allekirjoituksellani vahvistan osallistumiseni tähän tutkimukseen ja suostun vapaaehtoisesti tutkimushenkilöksi.

_____ _____ _____

Tutkittavan nimi Tutkittavan syntymäaika Puhelinnumero

_____ _____

Postiosoite ja -toimipaikka Postinumero

_____ _____

Päivämäärä Allekirjoitus

Suostumus vastaanotettu

_____ _____

_____

Tutkijan nimi (Suostumuksen vastaanottaja) Päivämäärä Allekirjoitus

Alkuperäinen allekirjoitettu tutkittavan suostumus sekä kopio tutkimustiedotteesta jäävät tutkijan arkistoon. Tutkimustiedote ja kopio allekirjoitetusta suostumuksesta annetaan tutkittavalle.

Yliluutnantti Ville Mattilan tutkielman LIITE 4

Mittausten alkuverryttely

Kyykky + vartalon kierto käsien avauksella 10 kertaa ja käsien avaus diagonaaliin 10 kertaa.

Punnerrukset 10 kertaa.

Isometriset pään puskut 5 sekunnin ajan 5 kertaa eteen, sivuille, taakse.

Selkälihakset päinmakuulla.

Vatsalihakset - istumaan nousu.

Pään nostot selinmakuulla

Käsien pyöritys molempiin suuntiin 10krt molemmin puolin.

Kaularangan liikkeet kaikkiin liikesuuntiin ääriasennoista toiseen.