

## TERÄSTÄ KONE JA MIES? Sotilaslentäjän toimintakykyisyyden myytti G-voimien murrettavana

HARRI RINTALA

KIRJOITTAJA ON FL JA ILMAILUFYSIOLOGI ILMAILULÄÄKETIETEEN KESKUKSESSA

Lentäjä, sotilas – vaiko sittenkin molempia? Sotilaslentäjätutkimuksen kulttuurisia määrittäjiä sotilaspedagogiikan viitekehityksessä

### Abstract:

Only a few scientific studies have been reported on cultural issues concerning military pilots, though thousands of pages have been written in prose, promoting the highlights of the air combat. In these stories, the fighter pilot usually carries himself with great masculine pride and with almost superhuman, unbreakable heroism. Also in the Finnish Air Force, the “official” public common currency is similar to this: the image of the Air Force in the media emphasizes speed, power and technical supremacy, and less the demanding human learning processes and military pedagogy issues.

However, especially medically oriented, international literature has long reported about the other side of the coin, as well. The physical workload, induced by daily G-force exposure in air combat training seems to almost indisputably create health problems for military pilots. On the basis of latest Finnish dissertation, practically all pilots, after the beginning of tactical jet training, have experienced disabling, flight-related musculoskeletal pain periods. This phenomenon has negative effects on the operational use of pilots and their individual skills development. Even those pilots who are the fittest as determined by the Finnish Defence Forces fitness test protocol suffer from work related pain. Simultaneously, they tend to suffer significantly less disability compared to their less fit colleagues. The physical performance of Finnish Air Force pilots is generally above the average according to the criteria of test protocol. Still, in many other, more occupationally oriented performance tests, there is a huge gap between existing performance and actual workload based physical performance needs.

Pilots tend to report on their health problems only in the worst, remarkably disabling cases. Probably the high occupational motivation and the fear of losing airworthiness are related to the medical appointments. Neither the workload of an individual pilot nor the action competence and occupational physical performance are controlled by any state-of-the-art equipment or regime of modern sports medicine, and these issues should be looked at carefully. As regards the technical life cycle of a single aircraft, this has been carried out for a long time in the aircraft technology branch of the Finnish Air Force. Thus, differentiated physical training and follow-up programs for the pilots should be included in the flight training syllabi beginning in the early phases of training.

\*\*\*

Kymmenisen vuotta sitten sotilaspedagogiikan nykyinen emeritusprofessori Jarmo Toiskallio hioi allekirjoittanutta Jyväskylän yliopistossa ruumiinkulttuurin lisensiaatintyöni tarkastuslaisuudessa kera lähinnä miestutkijana tunnetun liikuntatieteiden tohtori Arto Tiihosen. Kesällä kesää pieni vajaan sadan hengen oppisali oli yllättäen viimeistä paikkaa myöten täynnä. Tutkimuksen aihepiirissä, sotilaslentäjissä, lienee ollut myyttistä vetovoimaa, ainakin Puolus-

tusvoimiin kuulumattomien piirissä; sen sijaan niin sanottu talon oma väki loisti tapahtumassa poissaolollaan. Ehkä aika, ja ennen kaikkea sotilaslentäjäkulttuuri itsessään ei ollut silloin vielä riittävän kypsä kuulemaan itsestään tieteellistä meta-tason näkemystä, eräänlaista maskuliinisen sotilaskulttuurin riisumista ja pukemista, tässä tapauksessa siis yhteiskuntatieteellis-pedagogis-liikuntatieteellisessä viitekehyksessä. Joka tapauksessa työssä sukellettiin ehkä syvemmälle kuin koskaan aiemmin Suomessa erikoiskoulutetun sotilaan maskuliinisen identiteetin rakentumiseen, koulutuskulttuuriin piirteisiin ja – lopulta – myös fyysisyyteen (Rintala 2002).

Vaikka työ tarkastettiin Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisessä tiedekunnassa, oli oma ta pedagogisesta taustastani johtuen alusta alkaen tavoitteena saavuttaa aiempaa holistisempi näkökulma jossain määrin ehkä tarkoituksellakin varjeltuun ammattiryhmään. Sotilaslentäjistä ei ole samanlaista tieteellistä sotilassosiologispainotteista tutkimusta kuin vaikkapa Pippingin (1947) jo eräänlaiseksi klassikoksi muodostunutta raporttia. Proosallisempi sotilasilmalukirjallisuus (vrt. Joppe Karhusen ja ”Illu” Juutilaisen tuotanto) sen sijaan vastaa hyvinkin ”Tuntemattoman sotilaan” (Linna 1954) sotatoimikuvausta omassa lajissaan, yltämättä kuitenkaan siihen arkipäivän kriittisyyteen, jolla esimerkiksi Heimo Lampi ja Yrjö Turkka (1967) ovat kuvanneet lentäjän toimintakykyisyyttä ja sen kovin inhimillisiä rajoja sotatoimien paineissa. Suomalaisen valtavirta-sotilaslentäjäkirjallisuuden kantava viesti on lentäjän lähes yli-inhimillinen maskuliininen sankaruus, poikamainen huolettomuus ja sodan olojen myyttinen seikkailunomaisuus, ollen siis eräänlaisia tabuja, joita vain harva on rohjennut tarkastella syvällisemmin tai rakentavan kriittisemmin. Sotilaslentäjällä on myyttinen, jonkinlainen ”kolmannen ulottuvaisuuden ritarin” (vertaa Luukkanen 1956) maine. Toki samaa maskuliinista ruumiillisuutta on havaittavissa maasotatoimiinkin liittyvässä proosassa (vaikkapa sotakamreeri Reino Lehväslaihon tuotanto), mutta silti sotilaslentäjään liitetään jotain sellaista poikkeuksellista (psyko)fysiologista ylivertauisuutta, että asia on sotilaskulttuurin tutkijaa askarruttanut syvästi koko virkauran ajan.

Varsinainen ”virallinen” sotilaslentäjätutkimus on Suomessa ollut hyvin (ilmailu)lääketieteellispainotteista, joten tieteellistä keskustelua on vuosikymmeniä käyty lähinnä lentäjän psykofysiologisista kyvyistä ja niistä jalostettavista taidoista sekä yksilöissä havaituista puutteista. Tutkimuksen tehtävänä on ollut soveltaa olemassa olevaa tietoa ja varmistaa taistelijan kykyjen riittävyys sotilaskoulutuksesta selviytymiseen. Perinteistä julkista pedagogista tutkimusta sotilaslentokoulutuksessa ”pärjäämisestä”, yksilön kokemista toimintakykyä rajoittavista ilmiöistä ja yksittäisen lentäjän tai ryhmän selviytymisstrategioista ei ole Suomessa liiemmin tehty. Tutkimuksellinen lähestyminen opetuksen kulttuuriin ja menetelmällisiin piirteisiin, oppimisympäristöihin ja niihin pedagogisiin haasteisiin, joita tavoitteisiin pyrkiminen aiheuttaa, on ollut ilmavoimakulttuurissa toistaiseksi vierasta. Myös sotiluuden ja sotilaallisuuden käsite on ilmavoimissa toisenlainen: useimmat sotilaslentäjät kokevat identiteettinsä maavoimien taistelijaan verrattuna merkittävästi enemmän lentäjäksi kuin sotilaaksi (Sinivuo & Rintala 1999).

Sotilassosiologisten ja -pedagogisten elementtien sotatieteelliseen tutkimukseen, kehittämiseen ja hallintaan käytetyt voimavarat ovat ilmavoimissa olleet perinteisesti verraten alimitoitettuja, etenkin, jos vertailukohtaa haetaan esimerkiksi sotilasilmalääketieteen ja -lentokonetekniikan tahi ilmataistelutaktiikan piiristä. Ilmavoimien toimintakulttuuria määrittääkin hyvin tekninen paradigma (Sivusuo 2006). Rakentavaakaan kritiikkiä ei ole ilmavoimallisessa kulttuurissa ollut tapana julkisesti harjoittaa johtoryhmien ulkopuolella, ja yksittäisten tutkimus-orientoituneiden asiantuntijoiden näkemykset ovat saattaneet leimautua perusteettomasti joko asiantuntemattomiksi tai jopa asiattomiksi. Sotatieteen mukanaan tuoma akateeminen kulttuuri voisi kuitenkin juuri tällaisiin tilanteisiin tuoda aivan uudenlaista väriä ja syvyyttä.

Sotilaspedagogiikan intresseissä on edesauttaa pedagogisesti orientoituneen tutkimuksen kohdentumista sotilaallisen toiminnan keskeisimpiin inhimillisiin toimijoihin, (katso Toiskallio & Mäkinen 2009), joita lentäjät sotilaallisessa tehtävässään varsin näyttävästi edustavat. Vaikka lisensiaatintutkimuksena julkaistu raportti ”Terästä kone ja mies – lentopoikia miesten ruumiissa” (Rintala 2002) käytännössä vaiettiin tieteellisesti kuoliaaksi ilmavoimallisessa toimintakulttuurissa, se jätti avoimeksi koko joukon kysymyksiä siitä, miten suomalainen, nykyaikainen sotilaslentäjä todella kestää työnsä kuormitusta? Tutkimushan inhimillisti myös lentäjän sosiaalisesti lihaa, verta, tunteita, onnistumisia ja epäonnistumisia sisältäväksi ihmiseksi, jollainen jokainen sotilas eittämättä pohjimmiltaan on. Itse asiassa varsinaista ilmavoimien (sotilaslentäjän) taistelukestävyyttä ja suorituskykyä, toimintakyvystä puhumattakaan, ei koskaan ole avattu suurelle yleisölle samalla tavalla kuin vaikkapa maavoimien reservin taistelijan suorituskyvyn tavoitteisiin on kirjattu (Puolustusvoimien liikuntastrategia 2007). Maanpuolustuskorkeakoulun sotatieteiden tohtorikoulutusohjelmassa pyrin omalla, yli 20:den vuoden aikana ilmavoimissa hankitulla osaamisellani vastaamaan kysymykseen lentäjän toimintakyvyn fyysisen komponentin nykytilasta ja kehittämistarpeista sekä -mahdollisuuksista valitsemallani poikkeittieteellisellä sotilaspedagogisella, liikuntalääketieteellisellä ja ilmailufysiologisella viitekehyskällä. Tässä artikkelissa tarkastellaan jatkossa ensisijassa tulevan sotilaspedagogiikan fyysisen komponentin alan väitöskirjatutkimukseni tuloksia tutkimusongelmien ja menetelmien kautta sotilaspedagogisiin koulutussuosituksiin johtavana jatkumona. Toimikoon artikkeli johdantona ja itse väitöskirjaani väljempänä alustuksena sotilaslentäjän toimintakykyisyyden monimuotoisuuteen.

## **Sotilaslentotoiminnan fyysinen kuormittavuus johtaa työterveysongelmiin**

Sotilaslentäjä altistuu fyysikaalisten kiihtyvyyks- ja hidastuvuusvoimien takia normaalipainovoimaamme nähden jopa yhdeksänkertaiseen kuormitukseen. Normaalipainovoimassamme istuvaan tai seisovaan ihmiseen kohdistuu fyysikaalinen voima, jota kuvataan suureella +1 Gz. Yhdeksänkertaisena tämä voima kuormittaa siis lentäjää +9 Gz-tasolla. Nykyisten sotilaslentokoneiden tekniset rakenteet sallisivat yli +20 Gz:n arvoja, mutta ihmisen fysiologia, nykyaikaisimpienkin apuvälineiden tukemana, rajoittaa lentotoiminnassa sallitun G-voimatason vain noin puoleen tästä.

Tutkimustietoa sotilaslentotoiminnan fyysisestä kuormittavuudesta lentäjien tukirankaan liittyen on kansainvälisesti jo yli puolen vuosisadan ajalta (mm Shaw 1948; Myers 1964; Froom 1986; Andersen 1988; Harms-Ringdahl ym. 1991; Hämäläinen 1993; Oksa ym. 1996; Newman 1997) eli käytännössä koko siltä ajalta, jolloin Suomenkin ilmavoimissa on ollut palveluskäytössä liikehtimiskykyistä lentokalustoa. Tutkimukset kertovat sekä akuuteista että kroonistuneista tukirankaoireista (erityisesti niskan osalta), joiden taustalla näyttää olevan lentotoiminnassa syntyvä fyysinen kuormitus. Oletusarvona voitaneen pitää näkemystä, että Suomen ilmavoimien nykyinen lentotoiminta ei siksi ole ainakaan lentäjiämme muita ilmavoimia vähemmän kuormittavaa ja täten lentäjän tuki- ja liikuntaelimistölle vähemmän terveyshaittaa tuottavaa.

Lentäjien fyysisen suorituskyvyn ongelmiin alettiin paneutua Suomen ilmavoimissa 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa käyttöön otetun British Aerospace Hawk-suihkuharjoituskoneen myötä. Vielä pitkälle 2010-luvun lopulle aktiivisessa käytössä oleva Hawk on suorituskyvyl-

tään niin sanottu ”8 G:n” lentokone eli se pystyy tuottamaan +8 Gz:n, kahdeksan kertaa normaalipainovoimaa suuremman kuormitustason kaarron aikana. Koneiden hankinnan myötä ilmavoimien johdon neuvonantajaksi perustettiin vuonna 1979 ”Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmä” tehtävänään tutkia sotilaslentäjien työn kuormitusta ja tekemään perustellusta tarpeesta esityksiä ja suosituksia lentäjien fyysisen harjoittelun ja fysiologisten suojavälineiden kehittämiseksi. Ensimmäisessä projektivaiheessa 1980-luvulla työryhmä tutki Ilmavoimien omalla ja Maanpuolustuksen Tieteellisen Neuvottelukunnan (MATINE) rahoituksella yhdessä Jyväskylän Yliopiston ja Ruotsin ilmavoimien kanssa lentäjien liikuntatottumuksia, kuntoharjoittelua ja fysiologisia kuormittumistekijöitä ihmissentrifugissa Karolinska Institutetissa Tukholmassa. Tutkimusten mukaan sotilaslentäjät olivat fyysisesti aktiivisia ja varsin hyväkuntoisia keskimääräiseen suomalaiseen kansalaiseen verrattuna. Vaikka kyse on periaatteessa istumatyöstä, nousivat lentäjien syketasot ilmatasteluliikehdintää simuloivan G-kuormituksen alaisena muutamassa kymmenessä sekunnissa vauhtikestävyystasolle, jopa anaerobisen kynnyksen yli ja laktaattiarvot anaerobiselle tasolle isometrisesta lihastyöstä johtuen. G-sietokyvyssä ja G-kestävyydessä oli huomattavia henkilökohtaisia eroja. Tutkimuksissa annettiin myös suosituksia lentäjien yleissotilaallista testaamista ammattispesifimmän testausjärjestelmän laatimiseksi ilmavoimiin (Balldin ym. 1984; 1985, Tesch ym. 1983).

Noin kymmenen vuoden käyttökokemukset Hawk:sta olivat nostaneet esiin sotilaslentäjän ammattiin liittyvän tuki- ja liikuntaelinvammutumisen ensimmäiset oireet. 1990-luvun alussa työryhmän aihepiirissä toteutettiin useita ammattiin kohdistuvia tutkimuksia: lentäjien niskaoireita sekä niiden syntymistä, liikuntakäyttäytymistä ja testaustoimintaa arvioitiin perusteellisesti (Hämäläinen 1993; Kauhanen 1993; Rintala 1994; Kauhanen & Rintala 1997). Tulokset johtivat niskaoireiden ammattitautiluokitukseen (Työterveyslaitos 1995), lentäjien liikuntaopaskirjan ja ilmailufysiologian CD-rom-oppimateriaalin tuottamiseen (Rintala & Kuronen 1998) sekä ammatillisen testausjärjestelmän uudelleen suunnitteluun (Oksa, Rintala ja Kuronen 1997). Lentäjien rankaoireilun havaittiin silti merkitsevän pysyvää työterveyshaittaa, jonka vaikutuksen koulutuskustannuksiin arveltiin olevan korkea. Yhden lentäjän koulutus maksoi 1990-luvun puolivälissä noin 2,5 miljoonaa euroa ohjaajaa kohden, ja lentäjän koko virkauran hinnaksi arvioitiin lähes 17 miljoonaa euroa (Rintala & Kanninen 1997).

Työryhmän toisen vaiheen tutkimushankkeet kuvasivat tarkemmin G-voimien aiheuttamaa kuormittumista tukirankaan. 1990-luvun puolivälissä oli jo tiedossa uuden fyysisesti kuormittavamman torjuntahävittäjän, Boeing F-18 Hornetin (niin sanottu 9 G:n kone) tulo lentäjien käyttöön. Selkärankaan ja erityisesti niskaan kohdistuvasta lennonaikaisesta kuormituksesta saatiin työn kuormitusta tarkentavaa tietoa. Niska-hartiaseudun isometrinen kuormittuminen saattoi kohota ilmatasteluharjoituksessa jopa 2,5 kertaiseksi henkilön maksimivoimantuottoon verrattuna, jolloin seurauksena oli vammautuminen (Oksa ym. 1996; Hämäläinen 1999). Toisen vaiheen valmistumisen jälkeen työryhmän rahoitus lopetettiin, ryhmä hajosi eikä sen perustamiseksi ole Ilmavoimien esikunnassa nähty toistaiseksi uutta tarvetta. Aiemmin mainittua ammatillista testaus- ja arviointijärjestelmääkään ei otettu koskaan varsinaiseen käyttöön lentäjän fyysisen suorituskyvyn määrittämistä varten.

Huolimatta lentokadettien fyysisestä koulutuksesta ennen kuormittavan lentokoulutusjakson alkamista, sotilaslentäjien työperäinen tuki- ja liikuntaelinoireilu (Hämäläinen ym 1994; Rintala & Korte 2001; Syrjänen 2004; Karma 2008) aiheuttaa edelleen yksilötasolla lentokoulutuksen keskeytyksiä tai haittaa merkittävästi koulutuksessa etenemistä. Ilmavoimien lääkintähuollossa käynnistettiin vuonna 2001 Valtionvarainministeriön Työsuojelurahaston, il-

mavoimien lääkintähuollon ja Oulun aluetyöterveyslaitoksen yhteishanke lentäjän fyysiseen toimintakykyyn liittyvien ongelmien nykytilan selvittämiseksi ja korjausehdotusten laatimiseksi. Vastuuhenkilöiksi asetettiin Lentosotakoulun (Kauhava) opetuslääkäri ja Ilmavoimien Esikunnan ilmailufysiologi (aiemmin liikuntatutkija). Aiempien tutkimusten jatkumoksi kaa-vaillon tutkimussarjan tarkoituksena oli selvittää erilaisten erikoisharjoitteiden sekä -lentovaru-  
rusteiden merkitystä ammatillisen kuormituksen pienentäjänä. Lisäksi selvitettiin lentäjien tuki- ja liikuntaelinoireiden esiintyvyyttä perusteellisesti, TULE-ongelmiin liittyviä suoritus-  
kykytekijöitä ja henkilökohtaisen G-kuormituskertymän merkitystä. Tutkimusten kokonaista-  
voitteena oli ennaltaehkäistä tehokkaasti lentäjien ammatista johtuvaa tukirankaoireilua havait-  
semalla ajoissa mahdolliset oireiluun johtavat vaaratekijät ja opettamalla lentäjille operatiivista  
fyysistä suorituskykyä ylläpitäviä ja kehittäviä harjoitteita.

### **Millaisia ovat sotilaslentäjien fyysistä toimintakykyä haittaavat tuki- ja liikuntaelinoireet?**

Kansainvälisessä ilmailulääketieteellisessä kirjallisuudessa on muun muassa Vanderbeekin ym. (1990) ja Ahon ym. (1990) mukaan jonkin verran näyttöä lentäjän niskavaivojen pitkittymisestä ja ”arkipäiväistymisestä”. Sotilaslentäjillä on 30-vuotiaina ikäisiään enemmän rangan nikamien reunaosiin kasvavan ylimääräisen luukudoksen kehittymistä, nikamien välilevyongelmia ja selkäytimen ahtautumaa, mutta 50-vuotiailla ero kontroleihin vähenee. Lentämisen fyysisestä kuormituksesta aiheutuvat, edellä kuvatut tukirangan rappeumamuutokset vastaavat ikääntymisestä johtuvia, mutta ovat huomattavan ennenaikaisia (Petren-Malmin ym. 1999; 2001) lentäjien palvelusaikaiseen ikärakenteeseen nähden. Lentokokemus ja lentotuntien määrä näyttää liittyvän merkittävästi rangan kiputiloihin (Biesemans ym., 1990). Tutkimuksissa on osoitettu hyvin liikehtimiskykyisten lentokonetyyppien käytön yhteys kaularangan kiputiloihin ja edelleen lentotehtävän merkitys kipua tuottavan kuormituksen aiheuttajana (Aghina ym. 1985; Froom ym. 1986; Gillen ym. 1990; Oksa 1996; Newman ym. 1997; Hämäläinen 1999). Työn kuormituksesta aiheutuvien rasitusvammojen esiintymisaste näyttäisi sotilaslentäjäpopulaatiossa olevan yleisesti paljon yli 50%, sillä jopa yli 2/3:lla lentäjistä on oireita (Aghina ym. 1985; Froom ym. 1986; Vanderbeek ym. 1990; Aho ym. 1990; Hämäläinen 1993; 1999; Newman 1997; Jones ym. 2000; Pippig ym. 2000). Tutkimukset myös osoittavat, että hävittäjälentäjillä esiintyy muihin lentäjiin ja normaaliväestöön nähden enemmän kaularangan alueen kiputiloja (Petren-Malmin ym. 2001).

Yleisesti ottaen ilmailulääketieteellisissä tutkimuksissa on osoitettu sotilaslentämisen yhteys työperäiseen lentäjän kaularangan kiputilaan, mutta lentäjän rinta- ja lannerangan alueelta yhteys ei ole selkeä. Painopiste niskan oireiden perusteelliseen selvittämiseen voi selittyä kaularangan oireilun muuta rankaa akuutimmalla luonteella, joka taas johtuu lentotoiminnassa keskeisestä aktiivisesta ilmatilan visuaalisesta tarkkailusta kaularangan liikeratojen ääripäisissä ilmataisteluliikედინնän aikana. Johtuen sotilaslentäjäpopulaatioiden pienuudesta ja osittain terveysongelmia mahdollisesti aiheuttavan lentotoiminnan erilaisesta kuormittavuudesta eri maissa ovat tutkimusten koehenkilömäärät olleet kansainvälisestikin melko pieniä. Voitaneen myös pohtia, onko operatiivisilla salassapitotekijöillä ollut merkitystä tutkimustulosten julkaisemattomuuteen. Lentäjän antropometriisiin/biomekaanisiin taustamuuttujiin, kuntotekijöihin, vastatoimien (kuten fyysinen harjoittelu) käyttöön, erityisvarusteisiin ja vaivojen uusiutumisyprkimykseen liittyvää informaatiota on niukasti (paitsi Schall ym. 1990; Alricsson ym.

2004; Sovelius ym. 2006). Coakwell (2004) suosittaakin tulevissa tutkimuksissa selvitettävän erityisesti lentäjän työn altistustekijöitä, sairastuvuussuhteita sekä erikoisharjoitteluinterventoiden tuki- ja liikuntaelinoireita mahdollisesti vähentävää vaikutusta. Vaikka kansainvälisesti on tehty tutkimuksia sotilaslentäjien oireiluun liittyen, jäävät tutkimussuositukselta silti fyysisen harjoittelun ja fyysisen suorituskyvyn tason yhteyksistä lentäjän operatiivisen toimintakyvyn ylläpitämiseen ja tukirangan terveyteen lähinnä asiantuntijalausuntojen tasoiksi.

Lentäjien fyysisen suorituskyvyn ja terveyteen liittyvien tekijöiden kytkeminen toisiinsa on (sotilas)ilmailulääketieteen alalla kansainvälisesti siis toistaiseksi varsin vähän tutkittu yhdistelmä. Suomen ilmavoimien hävittäjälentäjän koulutusohjelma on tunnustetusti yksi maailman tehokkaimmista ja psykofysiologisesti vaativimmista. Suomalainen kehitysyökokeskus alalla on sen vuoksi erittäin arvostettua, mistä esimerkkinä on muun muassa kansainvälisen lentoturvallisuusjärjestön tunnustus suomalaisten sotilaslentäjän G-suojausvarusteiden validoinnista (SAFE 1995). Vaikka maassamme on lentoturvallisuuden parantamiseksi tehtävää työtä harjoitettu ilmailulääketieteenkin alalla vuosikymmenien ajan, on sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn merkitys työterveysnäkökulmasta edelleen vailla näytöä.

### **Mitä ja miten suomalaisten lentäjien fyysisen toimintakyvyn ongelmia tutkittiin?**

Tutkimuksessani oli ensisijaisesti tarkoitus selvittää sotilaslentäjien lentämisestä johtuvan tukirankaoireilun esiintyvyys ja koettu haitta suomalaisessa lentäjäpopulaatiossa, määrittää sotilaslentäjien ammatilliseen kuormitustasoon suhteutetun kuntotestausjärjestelmän testiosoiden viitearvot ja ikäjakautunut profiili, verrata lentäjien niin sanottujen yleissotilaallisten kuntoominaisuuksien tasoa muiden sotilaiden tasoihin ja arvioida käytettävissä olevien taustamuutustien yhteyttä oireisiin ja koettuun haittaan.

Tämän lisäksi selvitettiin, mitkä tekijät altistavat lentäjää tuki- ja liikuntaelin(=TULE)oireiluun ja mitkä suojaavat oireilta, etsittiin, kasautuvatko ongelmat johonkin erityiseen lentouran vaiheeseen, arvioitiin lentotoiminnan kuormittavuuden riskejä ja aiheutunutta haittaa, ennustettiin erilaisten ilmailulääketieteellisten psykofysiologisten lähtötasoarvioiden yhteyttä oireiluun sekä luotiin malli ammatillisen kuormituksen kertymästä lentotoiminnan aikana eräänlaisena kiihtyvyyksi- eli G-indeksinä ja tarkasteltiin tämän kertymän yhteyttä oireiluun.

Tutkimuksessa myös arvioitiin lentäjän TULE-oireilun merkitystä puolustusvoimien toiminnalle määrittämällä sotilaslentäjän koulutuksen ja virkauran nykyinen hinta ja pohdittiin tuki- ja liikuntaelinsairastelun kustannusmerkityksiä Puolustusvoimille.

Tutkimuksen koehenkilöt koostuivat Suomen ilmavoimien palveluksessa olevista eri koulutusvaiheessa etenevistä sotilaslentäjistä. Koehenkilöt sijoittuivat tutkimukseen seuraavalla aukeamalla olevan vuokaavion mukaisesti.

Ilmavoimien komentaja myönsi 27.8.2004 luvan tutkimukselle ”Sotilaslentäjien fyysisen suorituskyvyn, lentotoiminnan fyysisen kuormittavuuden ja tuki- ja liikuntaelinvaivojen välinen yhteys”. Tutkimuskokonaisuus sisällytettiin tuolloin Puolustusvoimien lääkintähuollon viralliseen tutkimus- ja kehittämisuunnitelmaan sekä Ilmavoimien ilmailulääketieteelliseen tutkimus- ja kehittämishankkeisiin, ja siinä hyödynnettiin nykyisin Suomen ilmavoimien käytössä jo olevia, normaaleissa vuosittaisissa ilmailulääketieteellisissä määräaikaistarkastuksissa sotilaslentäjille tehtäviä, fyysisistä toimintakykyisyyttä arvioivia mittaustuloksia vuodelta 2005. Tutkimusasetelma jaettiin kahteen eri osioon: poikkileikkausosassa kerätyt tiedot kytkettiin

**Poikkileikkausaineisto  
vuosina 1999-2000 (N=289) ja  
2004–2005 (N=267)**

**– ilmailulääketieteellinen määräaikaistarkastus**

- \* ammatilliset lihasvoimatestit (1999-2000)
- \* aerobinen teho
- \* oirekysely ja kipupiirros
- \* ikä, paino, pituus
- \* lentotuntimäärät eri koneilla
- \* työtehtävä
- \* palvelusaika
- \* fyysinen aktiivisuus
- \* tupakkatuotteiden käyttö
- \* suunnitelmallinen fyysinen harjoittelu
- \* Puolustusvoimien sotilaskuntotestistö: kestävyys ja lihaskunto

**Seuranta-aineisto  
(N=9-12/vuosi; yht 90)  
vuosina 1996–2008**

**– valintajärjestelmän aikaiset mittaukset**

- \* aerobinen teho
- \* varusmieslihaskuntotestistö
- \* ammatilliset lihasvoimatestit
- \* ikä, paino, pituus
- \* rangan pituus ja raajojen ulottuvuus
- \* liikunnanharrastajatyypit
- \* kehon hallinnan motorisen tason arvio
- \* MRI-löydökset kaula- ja lannerangassa ennen kuormittavia lentoja
- \* tupakkatuotteiden käyttö



**– varusmieskurssin aikaiset mittaukset**

- \* ikä, paino ja pituus
- \* varusmieslihaskuntotestistö
- \* aerobinen teho
- \* kontaktien määrä terveydenhuoltoon lentämisestä aiheutuvan TULE-oireen vuoksi
- \* infektioherkkyys
- \* vapautuksien määrä palveluksesta TULE-oireen vuoksi



**– kadettikurssin aikaiset mittaukset**

- \* ikä, paino ja pituus
- \* aerobinen teho
- \* kontaktien määrä terveydenhuoltoon lentämisestä aiheutuvan TULE-oireen vuoksi
- \* infektioherkkyys
- \* G-kuormituskertymä



**– varsinaisen lentouran aikaiset mittaukset**

- \* ikä, paino ja pituus
- \* aerobinen teho
- \* kontaktien määrä terveydenhuoltoon lentämisestä aiheutuvan TULE-oireen vuoksi
- \* infektioherkkyys
- \* G-kuormituskertymä

*Kuvio 1. Tutkimuksen kulku ja tutkimuksessa käytettävät muuttujat vuokaaviona*

lentäjien tuki- ja liikuntaelinoireilun esiintyvyyteen koko sotilaslentäjäpopulaatiossa vuosina 2004–2005. Pitkittäisosassa puolestaan seurattavat muuttujat kytkettiin kaikkien Hawkilla aloittaneiden lentäjien tukirangan oireiluun, lentotoiminnan G-kuormituskertymään sekä kontakteihin terveydenhuoltoon kahdentoista vuoden seurantana vuosina 1996–2008. Tutkimus aloitettiin ja suoritettiin käytännössä raportointivaiheeseen asti Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveystieteiden tiedekunnassa, mutta siirrettiin vuoden 2009 aikana Maanpuolustuskorkeakoulussa raportoitavaksi Ilmavoimien Esikunnan operatiivisen toimialan salattuun vaateiden vuoksi. Tätä artikkelia kirjoitettaessa itse väitöskirjan ensimmäinen luonnos on valmistunut, ja työn on mahdollista edetä väitökseen vuoden 2011 aikana.

Lentäjien ammatillisten erityiskuntotestien (Oksa, Rintala & Kuronen 1997) suoritukset mitattiin Sotilaslääketieteen Laitoksen ilmavoimaosastolla Keskussotilassairaala Tilkassa normaalin määräaikaistarkastuksen yhteydessä vuosina 1999–2000. Näistä koehenkilöistä rakennettiin sotilaslentäjän suorituskykytestien viitearvosto (N=289).

Poikkileikkauksena suoritettava tuki- ja liikuntaelinoireitten kyselytutkimus toteutettiin lomakekyselynä kaikille Sotilaslääketieteen Laitoksen ilmavoimaosastolla Keskussotilassairaala Tilkassa syyskuun 2004 ja lokakuun 2005 välisenä aikana määräaikaistarkastuksessa käyneille sotilaslentäjille (N=267). Elo-syyskuun 2004 aikana samassa tarkastuksessa käyneet (N=45) täyttivät esitutkimuslomakkeen, jonka avulla testattiin ja muokattiin lopulliseen lomakkeeseen sisällytettäviä kysymyksiä, väittämiä ja kipupiirosta.

Seurantatutkimus perustui vuosien 1996–2008 aikana kerättyihin lentävän varusmieskursin (lentoreserviupseerikurssi ja ohjaajan alkeiskurssi) valintavaiheen, varusmieskurssin, kadettikurssin ja työuran alun aikana lentoyksiköiden terveysasemilla tehtyihin psykofysiologisiin mittauksiin. Analyysissä käytettiin SPSS- ja STATA-tilasto-ohjelmaa.

Tutkimukseen saatiin vuonna 2007 eettisen toimikunnan lausunto Keski-Suomen sairaanhoitopiiriltä, johon Ilmavoimien lääkintähuolto kuuluu alueellisesti ja jonne aiemmat sotilaslentäjiä koskevat tutkimuseettiset lausuntopyynnöt on osoitettu.

Tutkimusaineistojen kerääminen toteutettiin väitöskirjan tekijän virkatyönä vuosina 1996–2005 Tikkakoskella Ilmavoimien Esikunnan lääkintähuollossa ja henkilöstöosastolla sekä puolustushaarakoulussa (IlmavVK/IlmaSK) ja Helsingissä Ilmailulääketieteen keskuksessa. Aineistojen tallennus ja analyysikustannukset budjetoitiin edellä mainittujen instanssien sotilaslääketieteellisiin budjettivaroihin tulostoimintasuunnitelmien puitteissa vuosille 2005–2006. Tulosten analysointi ja väitöskirjan raportointi on tapahtunut virkatyönäni Ilmailulääketieteen keskuksessa vuodesta 2008 lähtien.

## Tutkimuksen keskeiset tulokset

75% kaikista sotilaslentäjistä oli uransa aikana kokenut haittaa aiheuttavaa ammattiperäistä, lentotoiminnasta johtuvaa tuki- ja liikuntaelinoireilua. Yli 250 tuntia suihkuharjoituskone Hawkilla kouluttautuneista jopa 93% kärsi lentotoimintaperäisestä fyysisestä kuormitusoireesta, joka aiheutti subjektiivista fyysisen toimintakykyisyyden alenemista. Työn kuormituksen aiheuttamat oireet alkoivat käytännössä noin 200:n Hawk-lentotunnin kohdalla lisääntyen eksponentiaalisesti siten, että runsaaseen 700:aan tuntiin mennessä käytännössä kaikki lentäjät olivat kokeneet ammattiperäisen oireen aiheuttamaa toimintakykyyn yhteydessä olevaa haittaa. Fyysisen kuormituksen aiheuttama oieriski näytti lähes vääjäämättömältä.



Seurantajoukkoon kuuluvista 74% raportoi lentotoimintaperäisistä oireista. Keskimääräiseksi seuranta-ajaksi pitkittäisaineistossa muotoutui 7,5 (4–12) vuotta. Ohjaajien lentokokemus vaihteli 150:n ja 800:n tunnin välillä. Lentäjien tuottamat lentotunnit muutettiin henkilötyövuosiksi, joita kertyi yhteensä 605 analyysijä varten.

Lentotoimintaperäiset oireikännit työterveyshuollossa olivat korkeimmillaan noin 3,5 ja 5,5 vuoden kohdalla lentokoulutuksessa, jolloin vajaa 20% lentäjistä kävi valittamassa lentotoimintaperäistä oireitaan. Käynti-insidenssi nousi hieman uudelleen noin 9,5 vuoden kohdalla. Ensimmäinen kohta ajoittuu noin 200:n Hawk-tunnin kohdalle eli täysin samaan pisteeseen kuin poikittaisaineistossakin.

Kaikki terveyssyyt yhteenlaskettuna käytiin vastaanotolla keskimäärin 3,19 kertaa henkilötyövuotta kohti. Lentotoimintaperäisen TULE-oireikännin vuotuinen esiintyvyys oli 0,48 kertaa/henkilötyövuosi. 7% lentäjistä kutakin henkilötyövuotta kohti otti koko seuranta-aikana kontaktin työterveyshuoltoon ammattiperäisen TULE-oireen vuoksi. Keskimääräinen työkyvyttömyysaika oli 2,4 vuorokautta, ja lentäjät olivat vuosittain ammattiperäisen oireen vuoksi sairauslomalla yhteensä noin yhden henkilötyövuoden verran. Lentotoiminnasta johtuvaa TULE-oiretta käytiin työterveyshuollossa valittamassa käytännössä yhtä usein kuin vatsatautia eli noin kolme kertaa vähemmän kuin esimerkiksi tavanomaista flunssaa.

Sotilaslentäjät olivat keskimäärin hieman muita sotilaita parempikuntoisia Puolustusvoimien yleisillä kuntomittareilla mitattuina kaikissa palveluksessa olevissa ikäluokissa. Ammatillisten fyysisten suorituskykyominaisuuksien erityismittauksissa lentäjät kuitenkin jäivät monilta osin (esimerkiksi niska- ja vartalovoimat) kymmeniä prosentteja työn kuormittavuuden edellyttämästä, oletetusta suorituskykytaso-oletuksesta, joka perustui aitoon työn fyysisen kuormituksen tasoon ilmataisteluliikhehdinnän aikana. Yleissotilaallisilla kunto-ominaisuuksilla ei ollut mitään tilastollista yhteyttä oireitten esiintyvyyden suhteen, mutta hyväkuntoiset näyttivät kekevan tilastollisesti erittäin merkittävästi vähemmän haittaa sotilastyön aiheuttamasta terveysoireesta. Riskianalyysissä parhaan suojaavan vaikutuksen ammatilliselta oireelta antoi korkea kaulalihasten voimataso ja alavartalon motorinen taitavuus, kun suurin altistava tekijä oli erinomainen lentotaito. Kestävyysominaisuuksiltaan selvästi ilmavoimien määräaikaistarkastuksessa keskimääräistä paremmin suoriutuneet kävivät myös tilastollisesti merkittävästi vähemmän työterveyshuollon vastaanotolla ammattiperäisten oireittensa vuoksi.

Vuonna 2006 Ilmavoimien valmiusohjaajan koulutuksen arvioitiin maksavan suomalaiselle yhteiskunnalle vajaa 8 miljoonaa euroa. Koko virkauran hinnaksi nousi pitkälle toistakymmentä miljoonaa euroa. Yhden ohjaajan tavanomaiseen virkauraan sijoitettu summa vastasi siis vajaata 1%:a koko Puolustusvoimien vuotuisista toimintamenoista (edelleen vuoden 2006 taso), eikä tässä ole mukana vielä eläkekustannuksia. Yhteiskunta sijoittaa suomalaisen sotilaslentäjän koulutukseen keskimäärin vajaan 5000€/päivä. Aiemmin mainitun henkilötyövuoden mittaisen (runsaat 200 työpäivää 11:ssä kuukaudessa) ammattiperäisen TULE-sairastelun ”arvo” veronmaksajille on noin yhden miljoonan euron suuruinen. Asiaa voidaan tarkastella ”ilmavoimalähtöisemminkin”: tyypillisessä Ilmavoimien vuosi(lento)suoritteessa ammattiperäinen TULE-oireilu aiheuttaa noin 66 vuorokauden menetyksen 10 000:tta lentotuntia kohden, laskennallisten menetysten vastaavasti asettuessa runsaaseen 300 000:een euroon/10 000 lentotuntia. On kuitenkin todettava, että sairastelun kustannusvaikutusten pohdinta on äärimmäisen vaikeaa, kun kyseessä on julkisen sektorin työ, jonka tuottavuutta, tässä tapauksessa siis kansallista turvallisuutta, on hankala adekvaatein mitata.

## Johtopäätöksiä ja suosituksia

Sotilaslentäjä on kunto- ja terveystietotieteen perusteella mitä inhimillisimmin kuormitettava yksilö. Suomalaisien lentäjien kokemaa ammatista aiheutuva oireilu ja tästä juontuva haittatase vastaa kyselyn osalta täysin kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa esitettyä, joten etukäteisolettamus sai varsin vahvaa tukea tutkimustuloksista. Viimeistään nyt olisi siis syytä romuttaa julkikuva yli-inhimillisestä ilmojen sankarista. Työn fyysisen kuormituksen tasot ylittävät monilta osin huikeasti lentäjien nykyisen fyysisen suorituskyvyn tason. Ylikuormitus ilmenee TULE-oireiluna ja edelleen osittain tai merkittävästi alentuneena toimintakykyisyytenä hävittäjäohjaajien, taktisten lennonopettajien tai koelentäjien fyysisesti vaativissa työtehtävissä. Sikäli korkea ammattiperäisen oireilun esiintyvyys ei ole millään tavalla yllätys. Tässä suhteessa ilmavoimat tarvitsisi lentokoulutusohjelmaan kytkettyä ammattimaisen koko virkauran mittaisen fyysisen valmennusjärjestelmän, joka nykyisellään puuttuu käytännössä kokonaan. Pelkkä varusmies- ja kadettikurssin aikainen yleinen fyysinen kasvatus ei riitä tuottamaan lentäjälle suojaa sotilaslentotoiminnan fyysisen kuormituksen aiheuttaman fyysisen toimintakyvyn alentumista vastaan. Pelkkä lentäjän motorinen taitavuus lentokoneen ja asejärjestelmien käytössä ei riitä, vaan tuki- ja liikuntaelimestö olisi valmennettava niin suoritus- ja toimintakykyiseksi kuin se suinkin olisi mahdollista käytettävissä olevassa ajassa. Sotilaslentäjän ammattia harkitsevia nuoria olisikin syytä muistuttaa ja opastaa sekä fyysisestä valmentautumisesta että ammatin riskeistä jo Ilmavoimien rekrytointimateriaaleissa.

Ammattiperäinen oire-esiintyvyys perustuen toteutuneisiin työterveyshuoltokontakteihin oli kuitenkin varsin alhaisella tasolla, erityisesti verrattuna kirjallisuudessa julkaistuun kyselytutkimustietoon. Ammattiperäisiä oireita todennäköisesti ei käydä kuin pahimmissa, toimintakykyyn selvästi vaikuttavissa tapauksissa tuomassa työterveyshuollon tietoon. Sotilaslentäjien hyvin korkea työmotivaatio ja pelko työtehtävien muuttumisesta lienee merkittävästi yhteydessä koettuun terveyden ja toimintakyvyn tasoon oireista huolimatta. Lentoturvallisuusmielessä ja sotilaspedagogisesti, mutta myös operatiivisesti ajateltuna, tällainen toimintakulttuuri tarvitsisi selkeää muokkausta. Ilmavoimien tulisi nykyistä julkisemmin ja rehellisemmin hyväksyä, että sotilaslentäminen on nuorellekin lentäjälle merkittävä terveysuhka, mutta yhtäaikaaisesti lanseerata ammatitaitoinen ja lentotoimintaan automaattisesti sisältyvä fyysisen valmentautumisen kulttuuri ammatillisen fyysisen suorituskyvyn parantamiseksi ja epätoivottujen terveysriskien hallitsemiseksi. Tekniikan alalla lentokoneyksilöitten kuormittumista seurataan jo nyt hyvin nykyaikaisin välinein ja havaittuihin ongelmiin puututaan välittömästi. Samantapaisen kulttuurin soisi otettavan käyttöön liikuntatieteellisin ja liikuntalääketieteellisin menetelmin myös Suomen kaltaisissa, henkilöstökokoonpanoltaan suhteellisen pienissä ilmavoimissa organisaation tärkeimmän henkilöstöryhmän, sotilaslentäjien, terveyden ja toimintakyvyn seurannassa ja työterveysriskien hallinnassa.

### Lähteet:

- AGHINA J. (1985) Systematic examination of the spine for selection of F-16 pilots. Review-teoksessa AGARD conference proceedings No.396, NATO.
- AHO J., HÄMÄLÄINEN O., VANHARANTA O. (1990) Niskakivut suomalaisilla sotilaslentäjillä. Sotilaslääketieteellinen aikakauslehti, ilmailulääketieteen erikoisnumero 1990; 65:74–79.

- ALRICSSON M., HARMS-RINGDAHL K, LARSSON B., LINDER J., WERNER S. (2004) Neck muscle strength and endurance in fighter pilots: Effects of a supervised training program. *Aviation, Space and Environmental medicine* 2004 Jan;75:23–28.
- ANDERSEN H. (1988) Neck injury sustained during exposure to high-G forces in the F16B. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1988 59:356–358.
- BALLDIN U. (1984) Physical training and +Gz-tolerance. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1984; 55: 991-2.
- BALLDIN U., MYHRE K., TESCH P, WILHELMSSEN U, ANDERSON H. (1985) Isometric abdominal muscle training and G-tolerance. *Aviation, Space and Environmental medicine* 1985 56:120-124.
- BIESEMANS I., INGELS M., VANDENBOSCH P. (1990) A survey of cervical pain in pilots of a Belgian F-16 Air defence Wing. Neck injury in advanced military aircraft environments. Review-teoksessa AGARD conference proceedings No.471, NATO.
- COACKWELL M., BLOSWICK D., MOSER J (2004) High-risk head and neck movements at high G and interventions to reduce associated neck injury. *Aviation, Space and Environmental medicine* 2004;75:68–80.
- FROOM P, BARZILAY J., CAINE Y., MARGALLOT S., FORECAST D., GROSS M. (1986) Low back pain in pilots. *Aviation, Space and Environmental medicine* 1986 Jul;57(7):694-5.
- GILLEN M., RAYMOND D. (1990) Progressive cervical osteoarthritis in high performance aircraft pilots. Neck injury in advanced military environment. Review-teoksessa AGARD conference proceedings No.471, NATO.
- HARMS-RINGDAHL K., EKHOLOM J., SCHULDT K., LINDER J. (1991) Neck problems in the Air Force: Cervical spine sagittal load and muscular strength. *Biomech.* 1991;5;9–21.
- HÄMÄLÄINEN O. (1993) Fighter pilot's neck pain. Väitöskirja, Oulun yliopisto. lääketieteellinen tiedekunta. Acta universitatis Ouluensis D 263.
- HÄMÄLÄINEN O., VISURI T., KURONEN P., VANHARANTA H. (1994) Cervical disc bulges in fighter pilots. *Aviation, space and environmental medicine* 1994 Feb;65(2):144-6.
- HÄMÄLÄINEN O. (1999) Lentäjien niskaongelmat. Kongressiesitelmä (keynote lecture). Liikuntalääketieteen päivät, Helsinki 1999.
- JONES J., HART S., BASKIN D., EFFENHAUSER R., JOHNSON S., NOVAS M., JENNINGS R., DAVIS J (2000) Human and behavioral factors contributing to spine-based neurological cockpit injuries in pilots of high-performance aircraft: recommendations for management and prevention. *Military medicine* 2000 Jan;165(1):6–12.
- KAUHANEN H. (1993) Sotilaslentäjän lihasvoimaominaisuudet. Loppuraportissa ”Lentävän henkilöstön liikunta III”. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmä, Tikkakoski.
- KAUHANEN H., RINTALA H. (1997) Strength characteristics of fighter pilots in Finnish Air Force. Kongressiabstractti, 5th European congress on Sports Medicine, Porto, Portugal.
- KARMA K. (2008) Niska-hartiaseudun rotaatioharjoittelu sotilaslentäjillä. Sotilapedagogiikan Pro Gradu-tutkimus, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki. Julkaisematon.
- LAMPI H, TURKKA Y. (1967) Viimeiset syösykierteet. Porvoo, WSOY.
- LINNA V. (1954) Tunteen sotilas. Porvoo, WSOY.
- LUUKKANEN E. (1956) Hävittäjälentäjänä kahdessa sodassa. Porvoo, WSOY.
- MYERS P. (1964) Disc disease in flying personnel. *Aerospace Medicine* 1964;45:65–68.
- NEWMAN D. (1997) +Gz-induced neck injuries in Royal Australian Air Force Fighter pilots. *Aviation, Space and Environmental medicine* 1997 Jun;68(6):520-4.
- OKSA J., RINTALA H., KURONEN P (1997) Lentävän henkilöstön lihasvoimastien viitearvot. *Sotilalääketieteellinen aikakauslehti* 1997;72:165–169.
- OKSA J., RISSANEN S., HÄMÄLÄINEN O., KURONEN P (1996) Muscle strain during aerial combat maneuvering exercise. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1996 Dec; 67(12):1138-43.

- PETREN-MALMIN M., LINDER J. (1999) MRI cervical spine findings in asymptomatic fighter pilots. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1999 Dec;70(12):1183-8.
- PETREN-MALMIN M., LINDER J. (2001) Cervical spine degeneration in fighter pilots and controls: a 5-year follow-up study. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 2001 May;72(5):443-6.
- PIPPIG T., KRIEBEL J. (2000) Prevalence of cervical and lumbar disk disorders in pilots of the German armed forces. *European Journal of Medical Research* 2000 Jan 26;5(1):5-8.
- PIPPING K. (1947) *Kompaniet som samhälle. Iakttagelser I ett finskt frontförband 1941–1944.* Åbo: Akta Academie Åboensis, Humaniora XVI. 1.
- PUOLUSTUSVOIMIEN LIIKUNTASTRATEGIA (2007). Puolustusvoimien liikuntastrategia 2007–2017, Pääesikunnan henkilöstöosaston julkaisu, Helsinki.
- RINTALA H. (1994) Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakäyttäytyminen. Erillisraportti. Maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan julkaisusarja (MATINE) 1B/1995.
- RINTALA H., KANNINEN P. (1997) Kirjallinen arvio Valtiokonttoriin hävittäjälentäjän virkauran kustannuksista. Ilmavoimien Esikunta, Henkilöstöosasto. Ei diaaria.
- RINTALA H., KURONEN P. (1998) CD-rom based physical exercise and anti-G training guide for Finnish Air Force aircrew. Kongressiabstracti, Annual scientific meeting of Aerospace Medical Association, Seattle, Yhdysvallat.
- RINTALA H., KORTE M. (2001) Ilmavoimien ohjaajien kokemat työperäiset tuki- ja liikuntaelinvaiat. Kongressiabstracti, Liikuntalääketieteen päivät 2000, Helsinki.
- RINTALA H. (2002) *Terästä kone ja mies - lentopoikia miesten ruumiissa.* Lisensiaatintutkimus, Jyväskylän yliopisto, liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus, Käyttäytymistieteiden osasto. Julkaisusarja A/6/2002, Ykkös-Offset, Vaasa.
- SAFE (1995) Kansainvälinen lentoturvallisuusalan SAFE Association Team Achievement Award G-suojausvarustuksen ilmailulääketieteellisestä evaluomisesta ja käyttöön otosta suomalaisille Hornet-lentäjille vuonna 1995.
- SCHALL D. (1990) Non-ejection neck injuries in high performance aircraft. Neck injury in advanced military aircraft environments. Review-teoksessa AGARD conference proceedings No.471, NATO.
- SHAW R. (1948) Ruptured intervertebral disc from positive acceleration. *Aviation Medicine* 1948; 19:276–278.
- SINIVUO J., RINTALA H. (1999) Toisen työnantajan palvelukseen siirtymistä selittävät tekijät ilmavoimien lentäjillä. Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskuksen erillisraportti, Tuusula.
- SIVUSUO H. (2006) *Laatuajattelun toteutus Suomen ilmavoimissa.* Väitöskirja, tuotantotalous, Vaasan yliopisto.
- 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):20–25.
- SYRJÄNEN K. (2004) Ilmasotakoulun ohjaajien kokemat tuki- ja liikuntaelinvaiat. Maanpuolustuskorkeakoulun perustutkinto-osaston Pro gradu-tutkimus, Helsinki. Julkaisematon.
- TESCH P., HJORT H., BALLDIN U. (1983) Effects of strength training on G-tolerance. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1983;54:691-5.
- TOISKALLIO J., MÄKINEN J. (2009) *Sotilaspedagogiikka: Sotiluuden ja toimintakyvyn teoriaa ja käytäntöä.* Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, julkaisusarja 1 n:o 3, Helsinki
- TYÖTERVEYSLAITOS (1995) *Asiantuntijalausunto sotilaslentäjän niskan tiettyjen edellytysten mukaisten kulumamuutosten ammattitaituluonteesta 9.3.1995 ilmavoimien lääkintähuoltoon.* Helsinki. Viite: Pyyntö 33/Dab 5.1.1995 IlmavE h-os, Tikkakoski.
- VANDERBEEK R. (1990) Prevalence of G-induced cervical injury in US Air Force pilots. Neck injury in advanced military aircraft environments. Review-teoksessa AGARD Conference Proceedings No.471, NATO.