

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN FYYSINEN KUORMITTUMINEN JA LENTÄMISTÄ TU-  
KEVAN TOIMINNALLISEN HARJOITTELUN PERUSTEET**

Kandidaatintutkielma

Kadettialikersantti  
Tuomas Karsikas

Kadettikurssi 99  
Ilmasotalinja

Maaliskuu 2015

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 99	Linja Ilmasotalinja
Tekijä Kadettialikersantti Tuomas Karsikas	
Tutkielman nimi <b>HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN FYYSINEN KUORMITTUMINEN JA LENTÄMISTÄ TUKEVAN TOIMINNALLISEN HARJOITTELUN PERUSTEET</b>	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka/FYKA	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto
Aika Maaliskuu 2015	Tekstisivuja 30                      Liitesivuja 2
<p><b>TIIVISTELMÄ</b></p> <p>Hävittäjälentäjät ovat yksi Suomen ilmavoimien suorituskyvyn kriittisimmistä osista. Lento- tehtäviä suorittaessaan lentäjään kohdistuu suuria kiihtyvyyksiä. G-voimat kuormittavat eri- tyisesti tuki- ja liikuntaelimistöä aiheuttaen vakaviakin vammoja, kuten välilevyjen pullistu- mia ja repeämiä. Laadukkaalla fyysisellä harjoittelulla on useissa tutkimuksissa huomattu olevan vammoja ennalta ehkäisevä sekä suorituskykyä kehittävä vaikutus. Toiminnallinen harjoittelu on viime vuosina noussut suosituksi harjoittelumuodoksi, jopa huippu- urheilijoiden keskuudessa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa hävittäjälentäjän fyysistä kuormittumista, kuormittumisen hallintaa fyysisen harjoittelun avulla sekä toiminnal- lisen harjoittelun perusteita. Edellä mainitun perusteella on arvioitu, mitä mahdollisuuksia toiminnallinen harjoittelu toisi hävittäjälentäjien fyysiseen harjoitteluun.</p> <p>Tutkielma on perinteinen kirjallisuuskatsaus. Aineisto koostuu pääasiassa koti- ja ulkomaisis- ta ilmailufysiologiaa, hävittäjälentäjän kuormittumista sekä toiminnallista harjoittelua käsitte- levistä tutkimuksista, oppikirjoista, artikkeleista ja internet-lähteistä. Havainnot on tarkastel- tu tutkimuksen moniulotteisessa viitekehyksessä, joka muodostuu ilmailufysiologisista, lii- kuntalääketieteellisistä sekä sotilaspedagogisista näkökulmista.</p> <p>Keskeistä hävittäjälentäjälle on hyvä G-sietokyky. Tutkimuksissa on huomattu, että voima- harjoittelulla G-sietokykyä voidaan nostaa merkittävästi. Hyvä voimataso ja reagointinopeus yhdistettynä oikeaoppiseen tekniikkaan ovat avainasemassa tehokkaan vastaponnistuksen muodostamiselle. Toiminnallinen eli funktionaalinen harjoittelu mahdollistaa edullisen, mo- nipuolisen ja paikkaan sitomattoman tavan harjoitella tehokkaasti. Tutkimukset osoittavat toiminnallisen harjoittelun kehittävän voimaa, kestävyyttä, kehohallintaa ja ketteryyttä. Har- joittelussa hyödynnetään kehonpainoa sekä erilaisia harjoitusvälineitä. Oikein valituilla toi- minnallisilla liikkeillä harjoitusvaikutus saadaan kohdennettua haluttuihin lihasryhmiin, ku- ten hävittäjälentäjille tärkeisiin niskan tai keskivartalon alueen lihaksiin. Toiminnallinen har- joittelu mahdollistaa myös ennaltaehkäiseviä ja huoltavia harjoitusmahdollisuuksia hävittäjä- lentäjille.</p> <p>Toiminnallinen harjoittelu ja sen eri muodot, kuten CrossFit voivat antaa syvyyttä ja moni- puolisuutta hävittäjälentäjälle tuottamalla erilaisia harjoitusärsykeitä. Lisäksi vaihtelu voi li- sätä harjoitusmotivaatiota. Toiminnallisen harjoittelun ei kuitenkaan ole tarkoitus syrjäyttää kokonaan perinteistä voimaharjoittelua. Todennäköisesti parhaat tulokset saadaan yhdistä- mällä molempia harjoitusmuotoja. Toiminnallisen harjoittelun soveltuvuutta hävittäjälentäjil- le olisi kuitenkin tärkeää tutkia tarkemmin optimaalisten tulosten takaamiseksi.</p>	
<p><b>AVAINSANAT</b> hävittäjälentäjä, fyysinen kuormittuminen, G-sietokyky, toiminnallinen harjoittelu, suoritus- kyky</p>	

# HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN FYYSINEN KUORMITTUMINEN JA LENTÄMISTÄ TUKEVAN TOIMINNALLISEN HARJOITTELUN PERUSTEET

## SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>JOHDANTO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TUTKIMUSONGELMA JA -MENETELMÄT .....</b>	<b>2</b>
2.1	TUTKIMUSONGELMA JA TAVOITTEET .....	2
2.2	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	2
<b>3</b>	<b>TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS.....</b>	<b>3</b>
3.1	TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS.....	3
3.2	NÄKÖKULMANA LAJIANALYYSI HÄVITTÄJÄLENTÄMISEN KUORMITTAVUUTEEN PERUSTUEN.....	5
3.3	AINEISTO .....	6
3.4	AIHEEN RAJAUS .....	6
<b>4</b>	<b>HÄVITTÄJÄLENTÄMISEN FYYSINEN KUORMITTAVUUS JA SEN HALLINTA .....</b>	<b>7</b>
4.1	PERUSTEET .....	7
4.2	LÄMPÖ- JA TÄRINÄRASITE.....	8
4.3	TUKI- JA LIIKUNTAELIMISTÖN KUORMITTUMINEN JA OIREILU .....	8
4.4	KUORMITTUMISEN HALLINTA.....	10
4.4.1	HARJOITTELU .....	13
4.4.1.1	KESTÄVYYS .....	13
4.4.1.2	VOIMA.....	14
4.4.2	VASTAPONNISTUS .....	15
<b>5</b>	<b>LENTÄMISTÄ TUKEVA TOIMINNALLINEN HARJOITTELU.....</b>	<b>17</b>
5.1	TOIMINNALLISEN HARJOITTELUN PERUSTEET.....	17
5.2	TOIMINNALLINEN HARJOITTELU .....	22
5.3	TUTKIMUKSET .....	23
5.4	SOVELTUVUUS HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN HARJOITTELUUN .....	25
<b>6</b>	<b>POHDINTA.....</b>	<b>27</b>
6.1	YHTEENVETO.....	27
6.2	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUSTARPEET.....	30

## LÄHTEET

## LIITTEET

# HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN FYYSINEN KUORMITTUMINEN JA LENTÄMISTÄ TUKEVAN TOIMINNALLISEN HARJOITTELUN PERUSTEET

## 1 JOHDANTO

Kun joskus näemme taivaalla kiitävän hävittäjän kaartavan korviahuumaavan jylyn saattelemana, voimme helposti ihailla ja arvostaa sitä työtä, jota hävittäjälentäjät tekevät. Koneen sisällä lentäjä kuitenkin joutuu asettamaan itsensä ja fyysisen suorituskykynsä hetkellisesti aivan ääriarjoille lentotehtävää suorittaessaan – jopa oman terveytensä uhalla. Tämä on seikka, joka jää monilta huomaamatta.

Taistelulento hävittäjällä on fyysisesti erittäin rasittava suoritus. Nykyajan koneet lentävät yliääninopeuksilla ja hyvän liikehtimiskykynsä ansiosta pystyvät tuottamaan suuria G-voimia nopeasti ja pitkään. Hävittäjälentäjä kohtaa nämä voimat ja niistä aiheutuvat rasitteet kehoon. Lentäjän fysiologia ja sitä kautta fyysinen suorituskyky on koetuksella jokaisella lennolla. Erityisesti kovat G-voimat vaikuttavat tuki- ja liikuntaelimestön kuntoon heikentävästi. Hävittäjälentäjillä kaularangan alueen rappeuma on tietyin edellytyksin hyväksytty ammattitaudiksi vuonna 1995 (Työterveyslaitos, asiantuntijalausunto 1995).

Laadukkaalla fyysisellä harjoittelulla ja kokonaisvaltaisella kunnon ylläpitämisellä on huomattu eri tutkimuksissa olevan vaikutusta vammojen ennaltaehkäisyssä ja suorituskyvyn ylläpitämisessä. Lentäjät ovat yksi kriittisimmistä osista Ilmavoimien suorituskykyä, ja tämän vuoksi on erityisen tärkeää huolehtia heidän työkykyisyydestä. Kovan rasituksen vuoksi herääkin kysymys, kuinka harjoittelulla voidaan vaikuttaa suorituskykyyn ja mitä fysiologisia vaatimuksia lentäjille ylipäättään asetetaan? Tutkielman tarkoituksena on kartoittaa sitä, millaista hävittäjälentäjän fyysinen kuormittuminen on, miten fyysinen kuormitus ilmenee ja mitä siihen liittyvästä, lentämistä tukevasta toiminnallisesta harjoittelusta oikein tiedetään.

## 2 TUTKIMUSONGELMA JA -MENETELMÄT

### 2.1 Tutkimusongelma ja tavoitteet

Hävittäjälentäjän fyysinen kuormittuminen on erittäin mielenkiintoinen ja aktiivinen tutkimusten aihealue niin koti- kuin ulkomaillakin. Toiminnallinen, eli funktionaalinen harjoittelu on viimevuosien kuluessa noussut jonkinasteiseksi treenaamisen trendiksi. Tässä tutkielmassa aiheen tarkastelu rajoittuu päätutkimuskysymykseen, joita täydennetään alakysymyksillä:

Mitä mahdollisuuksia toiminnallinen harjoittelu antaisi hävittäjälentäjän fyysiseen harjoitteluun?

Mitä tiedetään lentäjän fyysisestä kuormittumisesta?

Mitä tiedetään toiminnallisesta harjoittelusta?

Soveltuuko toiminnallinen harjoittelu osaksi hävittäjälentäjän fyysistä harjoittelua?

Tavoitteenani on siis koostaa tietoa hävittäjälentäjän fyysisestä rasittumisesta ja lentosuoritusta tukevan toiminnallisen harjoittelun perusteista. Tutkimus etenee loogisesti siten, että ensimmäiseksi tarkastellaan hävittäjälentäjän fyysistä kuormittumista. Kun tiedetään, millaista kuormittuminen on, voidaan vastata, mitä vaatimuksia hävittäjälentäjään kohdistuu? Tämän perusteella voidaan tarkastella toiminnallista harjoittelua ja sen soveltuvuutta osaksi hävittäjälentäjän fyysistä harjoittelua.

Tähtään tutkielmallani siihen, että se antaa hyvät lähtökohdat sotilaslentäjän toiminnallisen lajianalyysin muodostamiselle ja muulle jatkotutkimukselle. Periaatteessa tutkielma voisi toimia varsinaisen toiminnallisen lajianalyysin johdantona.

### 2.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä on perinteinen kirjallisuuskatsaus. Finkin (2005) määritelmän mukaan tutkimuskirjallisuuteen perustuva kirjallisuuskatsaus on systemaattinen, täsmällinen ja toistettavissa oleva menetelmä. Sen avulla tunnistetaan, arvioidaan ja tiivistetään tutkijoiden, tiedemiesten ja käytännön asiantuntijoiden valmiina oleva ja julkaistu tutkimusaineisto. Katsaus perustuu alkuperäisestä korkealaatuisesta tutkimustyöstä tehtyihin johtopäätöksiin. Tyypiltään tutkimus on kvalitatiivinen eli laadullinen.

### 3 TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS

#### 3.1 Tutkimuksen viitekehys

Tutkimuksen viitekehys on moniulotteinen, koska aihe sivuaa niin liikuntalääketiedettä kuin sotilaspedagogiikkaakin. Tutkimuksessa on piirteitä liikuntalääketieteellisestä tutkimuksesta, joka tarkastelee hävittäjäalentämisen fysiologisia ilmiöitä sotilaspedagogiikan tavoitteiden mukaisesti.

Lääketieteessä sekä liikunta- ja terveystieteissä toimintakyky määritellään ihmisen (pääasiassa) biologisiin ominaisuuksiin, joilla suoriutua päivittäisistä toimista (Rintala 2012, 4). Lisäksi liikuntatieteessä toimintakyky on käsitteenä lähellä fyysistä suorituskkyä ja sen harjoittamista (Kyröläinen 1998, 1). Tarkasteltaessa hävittäjäalentämisen fysiologisia vasteita ja fyysistä kuormittumista on siis tehtävä liikuntalääketieteellistä tutkimusta. Ilmailufysiologia on tieteenala, joka on erikoistunut tässä tutkimuksessa käsiteltävien ilmiöiden – niiden syiden ja seurausten – tutkimiseen.

Liikuntalääketieteen ohella tutkimuksen viitekehysten perustan ”toisena puolikkaana” on sotatieteellinen, täsmällisemmin sanottuna sotilaspedagoginen tutkimuskenttä. Sotilaspedagogiikan keskeisintä sisältöä on sotilaan toimintakyky, joka Toiskallion (1998, 25) mukaan on erilaisten suoritusten edellytys. Toimintakykyinen sotilas pystyy yksin tai yhdessä toimimaan määrätietoisesti ja tilanteenmukaisesti sodan, tai sitä alemman kriisin toimintaympäristössä. Suorituskky puolestaan on yksilöiden toimintakyvyn konkretisoitumista joukossa.

Toiminta- ja suorituskvyn vaatimukset ovat sitä suuremmat, mitä monimutkaisempi, sekä fyysisesti ja henkisesti rasittavampi toimintaympäristö kulloinkin on kyseessä. Tämän voi huomata esimerkiksi silloin, kun yhteydet ylempään johtoportaan tai naapurijoukkoihin katkeavat, tappiot verottavat miesvahvuutta ja aineelliset taisteluresurssit vähenevät (Toiskallio 1998, 26). Hävittäjäalentäjän toimintakyky ei juuri eroa muiden sotilaiden toimintakyvyn määritelmästä, vaikka Toiskallion mukaan eri aselajeissa ja asejärjestelmiä käyttäessä painotuvatkin eri toimintakyvyn osa-alueet. Jotta toimintakykyä voitaisiin kehittää juuri tietyissä tehtävissä, on koulutusta suunniteltaessa perusteellisesti selvitettävä, millaisia eri tekijät ovat (Toiskallio 1998, 26).

Sotilaan toimintakyky koostuu neljästä osa-alueesta: psyykkisestä, fyysisestä, sosiaalisesta ja eettisestä kokonaisuudesta. Jokaisella osa-alueella on paljon liittymäkohtia muihin osa-alueisiin ja ne ovat siten vuorovaikutuksessa keskenään. (Toiskallio 1998, 28.) Tämä tutkimus kuitenkin rajoittuu käsittelemään toiminta- ja suorituskyyä erityisesti hävittäjälentäjän fyysisestä näkökulmasta.

Ihmisen fyysinen kunto ja suorituskyy ovat osa toimintakyyä. Fyysinen kunto ilmaisee ensisijaisesti niitä elimistön ominaisuuksia, jotka ovat tärkeitä hyvinvoinnille. Fyysinen kunto perustuu elimistön aerobiseen ja anaerobiseen energiantuottoon sekä lihasvoimaan ja lihastointojen ohjaukseen. Kuntoon vaikuttavat luonnollisesti monet eri tekijät, kuten mm. perintötekijät, terveydentila, ikä, sukupuoli ja fyysinen aktiivisuus. (Rintala ym. 1996, 23.) Inhimillisellä suorituskyyllä hävittäjälentäjän kontekstissa tarkoitetaan lentäjän sekä fyysistä, että psyykkistä kyyä suoriutua koulutuksensa ja lupakirjansa edellyttämistä tehtävistä kaikissa lentämiseen liittyvissä olosuhteissa (Rintala, Paalimäki & Santala 1996, 23).

Puolustusvoimien omien määritelmien mukaan fyysinen toimintakyy on mm. kyyä tehdä kuntoa ja taitoa vaativaa lihastyötä. Fyysinen kunto koostuu fyysisen toimintakyyyn eri osa-alueista, kuten voimasta, nopeudesta ja kestävydestä. Fyysinen kunto muodostaa yhdessä motoristen taitojen kanssa fyysisen toimintakyyyn, joka on kiinteässä yhteydessä psyykkiseen toimintakyyyn ja motivaatioon. (Pihlainen ym. 2011, 5.)

Fyysinen työkyky koostuu seuraavista osa-alueista: hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta, tuki- ja liikuntaelinten toiminta (esim. lihasten voima, kestävyys ja nopeus) sekä hermoston toiminta, josta riippuvat mm. liikesujuvuus, ketteryys ja tasapaino. Fyysistä työkykyä ja fyysistä kuntoa voidaan pitää fysiologisin perustein samoina käsitteinä. (Pihlainen ym. 2011, 5.)

Tutkimuksen viitekehys on siis hyvin moniulotteinen. Kuviossa 1 olen sijoittanut keskeisiä käsitteitä tutkimuksessa käsiteltävään kontekstiin ja määrittänyt niiden välisiä riippuvuussuhteita. Keskiössä on luonnollisesti hävittäjälentäjä, joka fyysisesti toteuttaa lentosuorituksen ja altistuu näin luonnollisesta poikkeavalle kuormitukselle. Fysiologiset vasteet saavat kehossa aikaan nopeita muutoksia, joihin lentäjä pyrkii vastaamaan niin omin toimenpitein, kuin lisävarusteidenkin avulla. Fyysinen harjoittelu parantaa hävittäjälentäjän toimintakyyä ja vaikuttaa siten fysiologisten oireiden lievenemiseen. Näin ollen hävittäjälentäjän kyy toteuttaa lentosuorituksia tehostuu. Toiminnallisen harjoittelun rooli korostuu osana lentämistä tukevaa

fyysistä harjoittelua. Harjoittelun vaikutukset ulottuvat jokaiseen käsitteeseen, joko suoraan tai välillisesti.



Kuvio 1. Tutkimuksen viitekehys

### 3.2 Näkökulmana lajianalyysi hävittäjälentämisen kuormittavuuteen perustuen

Tutkimuksen kantavana taustatekijänä on ajatus sotilaslentäjän toiminnallisesta lajianalyysistä. Lajianalyysi itsessään on yksi tärkeimmistä lähtökohdista tarkasteltaessa lajin keskeisiä ominaisuusvaatimuksia. Lajianalyysi sisältää lajin ominaispiirteet, urheilija-analyysin sekä harjoitteluanalyysin. Lajianalyysikokonaisuus koostuu kokemuksiin perustuvista valmennuksellisista havainnoista ja tutkimustiedosta (Mero, Nummela, Keskinen & Häkkinen 2007, 410).

Hävittäjälentäjän lajianalyysistä puhuttaessa pyritään edellä määritellyn mukaisesti selvittämään lentosuorituksen osa-alueet ja niihin vaikuttavat tekijät sekä pilkkomaan ja analysoimaan ne yksityiskohtaisesti. Analyysin perusteella määritellään sopivat harjoitusmuodot ja metodit, sekä analysoidaan harjoitusvaikutuksia.



### 3.3 Aineisto

Valitun aihealueen ja tutkimusmenetelmän pohjalta kerätty aineisto koostuu pääasiassa koti- ja ulkomaisista ilmailufysiologiaa, hävittäjälentäjän kuormittumista sekä toiminnallista harjoittelua käsittelevistä tutkimuksista, oppikirjoista, artikkeleista ja internet-lähteistä. Lisäksi aineistossa on mukana opinnäytetöitä. Aineistosta on koottu tähän tutkimukseen parhaiten soveltuvaa tietoa.

Suurin osa tutkimuksista löytyy internetistä PDF- versioina. Haasteena on ollut se, että tutkimukset ovat usein tietokannoissa, jotka vaativat rekisteröitymisen. Aineiston hakeminen ja alkuperäisten tutkimusten saaminen ei kuitenkaan ole ollut ongelma, sillä Maanpuolustuskorkeakoulun verkossa on pääsy muutamiin työn kannalta keskeisiin aineistotietokantoihin (EBSCO, PubMed jne.). Lisäksi Jyväskylän Yliopistolta tarjoutui mahdollisuus päästä heidän verkkonsa kautta alkuperäisten tutkimusten lähteille.

### 3.4 Aiheen rajaus

Aihetta on rajattu siten, että tutkimus tarkastelee sotilaslentäjistä ainoastaan hävittäjälentäjää. Hävittäjälentäjän fysiologiaa tarkastellaan ainoastaan fyysiseen rasittumiseen liittyen. Siksi esimerkiksi hävittäjälentäjän elin- ja aistifysiologiaa ei tässä tutkimuksessa käsitellä.

Toiminnallisen harjoittelun osalta tutkimuksessa käsitellään vain perusteita teorian ja tutkimusten muodossa. Varsinainen harjoittelun ohjelmointi ja sen vaikutusten arviointi vaatii laajempaa tutkimusta.

## 4 HÄVITTÄJÄLENTÄMISEN FYYSSINEN KUORMITTAVUUS JA SEN HALLINTA

### 4.1 Perusteet

Lentosuoritus tehokkailla hävittäjillä asettaa ihmisen fyysisen suorituskyvyn sekä luonnolliset fysiologiset elintoiminnot hetkittäin erittäin kovalle. Hävittäjän ohjaamo on toimintaympäristönä rajallinen, mutta muuttuvat ympäristötekijät kuitenkin rasittavat siellä olevaa lentäjää. Suuret G-voimat, ilmanpaine, ilman kaasutasapaino, lämpötila, värinä, melu, valaistusolosuhteet ja asento vaihtelevat ja järkyttävät elintoimintojen tasapainoa (Rintala 2012, 11). Lentämiseen liittyvät ympäristötekijät vaativat hengitys- ja verenkiertoelimistön, näkö-, kuulo-, ja tasapainoainin sekä hermoston nopeaa sopeutumista muuttuviin olosuhteisiin (Vapaavuori, Sorsa, Nurmi & Kuronen 1992, 41). Fyysinen kuormitus kuitenkin koostuu kuitenkin lähes yksinomaan kiihtyvyysoimista ja vain hieman esimerkiksi lämpötilasta johtuen.

Ohjaamon koko ja työnkuva vaikuttavat vahvasti siihen, minkälainen henkilö on fysiologisesti soveltuva alalle. Lentäjäksi hakevan on oltava perusterve suomalainen nuori, joka täyttää muiden vaadittavien soveltuvuuksien ohella seuraavat fysiologiset arvot: pituus 165–190 cm, paino 55–92 kg, näkökyky ilman silmälaseja 0.5 ja laseilla korjattuna 1.0 (silmälasit on sallittu vuodesta 2013 alkaen). Silmän taittovirhe saa olla +2.5- -1.5 diopteria. Lisäksi värinäön tulee olla moitteeton. Selän istumapituus (SP) oltava 81–100 cm ja reiden pituus (RP) 55–67 cm. Lisäksi allergia voi joissain tapauksissa olla karsiva tekijä (Ilmavoimat 2014. Saatavilla [www.ilmavoimat.fi](http://www.ilmavoimat.fi). Viitattu 21.7.2014).

Nykyaikaisten hävittäjien kyky muodostaa nopeasti suuria kiihtyvyyksiä on keskeisin syy elimistössä tapahtuville fysiologisille muutoksille. Kaarroissa elimistöön kohdistuu päästä jalkoihin suuntautuva inertiaivoima (+Gz). Jotkin konetyypit pystyvät lisäksi liikehtimään ilman varsinaista kaarta myös pysty- ja sivusuunnissa. Sivusuuntainen kiihtyvyys aiheuttaa lentäjään lisärasituksen. Kiihtyvyysoimien hallinta vaatii elimistöltä maksimaalista suorituskykyä, jotta toimintakyky säilyisi. Ihmisen elimistön luonnollinen reagointi ei kuitenkaan ole kaikissa tilanteissa riittävän nopeaa vastaamaan ulkopuolelta tuleviin ärsykkeisiin. Pahimmillaan kiihtyvyysoimat voivat aiheuttaa lentäjän äkillisen tajuttomuuden, G-LOC:n (*engl. G-induced Loss Of Consciousness*). (Kanninen ym. 1996, 13.)

## 4.2 Lämpö- ja värinärasite

Hävittäjälentäjään kohdistuu ennen lentoa, tai sen aikana lämpö-, melu- ja värinärasitetta. Sarantola (2012) toteaa tutkielmassaan suurimman lämpörasitteen kohdistuvan ohjaamoon asettuvaan lentäjään kesäkuukausina koneen ollessa maassa. Jos ulkolämpötila on +25 °C, voi ohjaamon lämpötila auringonpaisteessa olla jopa + 50 °C. Lentovarusteet ja korkea lämpötila lisäävät luonnollisesti hikoilua, jonka tarkoituksena on ruumiinlämmön tasaaminen. Voimakas hikoilu aiheuttaa nestevajetta ja vaikuttaa näin ollen myös fyysiseen suorituskykyyn. Jo 1–2 % nestevaje voi heikentää valppautta ja keskittymiskykyä sekä voimistaa väsymyksen tunnetta. (Sarantola 2012, 10; Rainford & Gradwell 2006, 214–215.)

Hävittäjälentäjän työperäinen värinärasite on hyvin samankaltaista verrattuna esimerkiksi formula 1- ja ralliautoilijoiden, taito-, liikenne- ja helikopterilentäjien tai metsäkoneenkuljettajien kokemaan värinärasitteeseen. Yhteistä kaikille aloille on kuormittava istumatyö. Rintala määrittelee kuormittavan istumatyön olevan edellä mainittujen alojen sellaisia työtehtäviä, joilla on samankaltaisuuksia hävittäjälentäjän fyysikaaliseen toimintaympäristöön. Kyseisiä samankaltaisuuksia voivat olla kiihtyvyys- ja hidastuvuusvoimat, värinä, rajalliset tai olemattomat istuma-asennon muutosmahdollisuudet työn aikana ja kohtalaisen staattinen istuma-asento. (Rintala 2012, 13–17.) Lämpötilanvaihteluiden ja värinän aiheuttama fyysinen rasitus hävittäjälentäjään on kokonaisuudessaan vähäistä.

## 4.3 Tuki- ja liikuntaelimistön kuormittuminen ja oireilu

Tuki- ja liikuntaelimistö on maailman raskaimmaksi väitetyn istumatyön keskiössä. Elimistön pehmytosien ja raajojen paino kasvavat samassa suhteessa +Gz-kiihtyvyyden mukaan aiheuttaen lihaskoordinaatio-ongelmia jo matalilla kiihtyvyyden tasoilla. Erityisesti niska- ja hartiasseudun lihaksiin ja kaularankaan kohdistuu suuri kuormitus. Esimerkiksi +7 Gz:n kuormituksessa alas taivutettua, fleksiossa olevaa päätä ei kykene nostamaan, sillä ohjaajan pää kypärineen painaa tällöin noin 50 kiloa. (Kuronen ym. 1996, 16–17.)

Kypärään asennettavat lisälaitteet kasvattavat kypärän massaa. Tämä lisää kaularankaan kohdistuvaa kuormaa, ja kaularangan lihasaktiivisuus nousee. (Sovelius 2014, 9-10.) Kypärätähäntä (*JHMCS, Joint Helmet Mounted Cueing System*) käytettäessä lentäjä joutuu käyttämään kaula- ja niskalihaksia aktiivisemmin kaularangan liikeratojen ääripäissä, jolloin lihasten voimantuotto ja hallinta ovat heikoimmillaan. Tämä lisää merkittävästi kaulan ja niskan alueen

oireiden tai vammojen todennäköisyyttä, varsinkin, jos kuormatasot ylittävät lentäjän suorituskyvyn. (Rintala 2012, 108.)

Oksan, Rissanen, Hämäläinen, Myllyniemi ja Kuronen (1996) kartoittivat tutkimuksessaan hävittäjälentäjien lihasaktiivisuutta ja kuormitushuippuja. Lennon aikana mitatut lihassähköisen aktiivisuuden (EMG) arvot suhteutettiin lihaksen maksimaaliseen kapasiteettiin (% MVC, engl. *maximum voluntary contraction*). Kaulan alueelta mitattiin runsaasti yli 50 % MVC -arvoja. Selästä mitattiin yli 100 % MVC arvoja, joskin kaulaa harvemmin. Suurimmat kaulan kuormitushuiput ylittivät 250 % MVC ja aiheuttivat trauman. (Oksa, Rissanen, Hämäläinen, Myllyniemi ym. 1996, 1138–1143.) Oksan ym. tutkimuksessa todetut kaulan ja selän kuormitustasot ylittävät radikaalisti staattiselle työlle annetut suoritus- ja maksimiarvot, jotka Jons-sonin (1982) mukaan ovat staattiselle työlle 5 % MVC ja kuormitushuipuille 50 % MVC.

Suomessa harjoitellaan moniin muihin maihin verrattuna merkittävästi enemmän fyysisesti kuormittavia lentotaktiikoita, kuten kaartotaisteluita (Rintala 2012, 1, 27). Kaartotaistelussa lentäjään kohdistuu suuria kiihtyvyysoimia. Ihmisen tukiranka kestää normaalitilanteessa vaurioitumatta noin +5 Gz:n kiihtyvyyden (Nordin ja Frankel 2001, 270–275 ja 300). Optimaalisella lihastuella tukiranka kestää kaksinkertaisen kuormituksen (Rintala 2012, 30). Selkärangan rakenteet kuitenkin kuormittuvat voimakkaasti. Hämäläinen ym. (1996) tutkivat selkärangan kasaanpainumista suurissa +Gz-kiihtyvyyksissä (6,2–7,8 +Gz). Keskimäärin 41 minuuttia kestäneet ja runsaasti ilmataisteluliikkeitä sisältäneet lentotehtävät aiheuttivat selkärangan kokonaispituuteen keskimäärin 4,9 millimetrin lyhenemisen.

Lentotehtävien kesto vaihtelee Rintalan mukaan 15 minuutista reiluun tuntiin. Pitkillä suunnistuslentotehtävillä G-kuormitus ei juuri poikkea normaalipainovoimasta, mutta pitkä aika huonossa istuma-asennossa kuormittaa staattisuudellaan lentäjän tukirankaa ympäröivää lihaksistoa, koska istuma-asentoa ei voi vaihdella. (Rintala 2012, 27.)

Istuma-asento on myös itsessään selkärankaa kuormittavaa tekijä. Välilevyjen paine riippuu ulkoisesta kuormituksesta ja vartalon asennosta. Välilevyt kuormittuvat istuessa enemmän, sillä silloin selkälihakset joutuvat tekemään aktiivisemmin töitä. Nuoren henkilön välilevy kestää 8000 N:n paineen. (Ahonen ym. 1988, 227.) Kuitenkin esimerkiksi Hawkilla lennettäessä +7 Gz:n kiihtyvyysoima kohdisti lannenikamaan 11830 N:n paineen (Teppo 2006, 45). Välilevyt siis painuvat kasaan ja rasituksen sekä vaurion riskin voi olettaa kasvavan, etenkin, jos lentäjä ei ehdi palautua edellisestä lentosuorituksesta. Kurosen ym. (1996) mukaan suuren

tai pitkäkestoisen +Gz:n vaikutus voi aiheuttaa tukirangan välilevyjen degeneratiivisia muutoksia, pullistumia tai repeämiä (Kuronen & Myllyniemi 1996, 13–17; Netto & Burnett 2006, 1049–1050.)

Ilmatilan tarkkailu- ja tähystystoiminnassa pään asennot vaihtelevat suuresti. Neton ja Burnettin (2006) mukaan yleisimmät tähtäysasennot ovat neutraali, ekstensio, rotaatio ja ”check six”. Viimeksi mainittu todettiin kuormittavimmaksi, sillä tähtäyksen aikana tähystetään taaksepäin tehden kaularangan ekstensio ja rotaatio (Netto & Burnett 2006, 1049, 1054). Tutkittavista lihaksista eniten kuormittui *sternocleidomastoideus* vasemmalla puolella, kun ”check six” tähtäys suoritettiin oikealle puolelle. Lihaksen rasiustaso oli jopa 71,5 % MVC:stä (Netto & Burnett 2006, 1052–1054).

Työterveyslaitos on todennut pitkäkestoisista ja toistuvista, suurista kiihtyvyyssaltistuksista johtuvat kaularangan välilevyjen kulumamuutokset tietyin edellytyksin sotilaslentäjien ammattitautiksi (Työterveyslaitos 1995). Hävittäjälentäjillä etenkin kaularangan välilevyistä C3–C4 on löydetty degeneratiivisia muutoksia (Hämäläinen, Visuri, Kuronen & Vanharanta 1994, 144–146). Lisäksi C4–C5 ja C6–C7 nikamavälien artroottisia muutoksia esiintyy sotilaslentäjillä useammin kuin verrokkiryhmillä (Hendriksen & Holewijn 1999).

Rintalan (2012) tutkimukseen osallistuneista suomalaisista sotilaslentäjistä kolme neljästä oli kokenut lentotoiminnasta johtuvaa TULE- oireilua. Kaikista Suomen ilmavoimien ohjaajista lentämisestä johtuvaa TULE- oireilua havaittiin 75 %:lla ja jopa 93 %:lla suihkuharjoituskonekoulutukseen ehtineistä. Tämä vastaa myös kansainvälisesti raportoitua tasoa. (Rintala 2012, 110.) Lisäksi lentäjillä on todettu työperäisestä fyysisestä kuormituksesta johtuvia lihas- ja tukikudosvenähdyksiä, nikaman okahaarakkeiden murtumia, nikaman liukumaa ja nivelpinnan kulumaa sekä säteilyoireita (Rintala 2012, 41).

#### 4.4 Kuormittumisen hallinta

Rintalan mukaan lentäjän työn fyysistä kuormittavuutta voidaan säädellä neljällä tavalla: lentovarusteilla, koulutusohjelmalla, ohjaamoergonomialla ja ohjaajan fyysisellä harjoittelulla (Rintala 2012, 30). Tutkimuksessani keskityn fyysisen harjoittelun tarkasteluun, erityisesti toiminnallisen harjoittelun näkökulmasta.

Rintala (2012) nostaa fyysisen harjoittelun merkittävimmäksi tekijäksi kuormittumisen hallinnassa, etenkin sotilaspedagogiikan kannalta (Rintala 2012, 32). Kuntotekijöiden merkitystä on

kuitenkin tutkittu lähinnä G-sietokyvyn kehittämiseksi osana verenkiertoelimistön toimintaa (Balldin, Kuronen, Rusko & Svensson 1994; Bateman, Jacobs & Buick 2006; Epperson, Burton & Bernauer 1985).

Epperson, Burton ja Bernauer (1982) tutkivat 24 henkilön kohdejoukolla harjoittelun vaikutuksia G-sietokykyyn. Tutkittavat jaettiin kolmeen ryhmään: kontrolliryhmä (ei harjoittelua), voimaharjoitteluryhmä ja juoksuryhmä. Harjoittelujakso kesti 12 viikkoa, jonka aikana G-sietokykyä mitattiin sentrifugissa SACM profiilin mukaisessa rasituksessa yhteensä seitsemän kertaa. Voimaharjoitteluryhmän tulokset paranivat keskimäärin 15 s/viikko. Vastaavasti juoksu- ja kontrolliryhmän tulokset paranivat vain 4 s/viikko. (Epperson ym. 1982, 1091–1097.) Samat tutkijat kartoittivat myöhemmin seitsemän henkilön ryhmällä eri lihasryhmien voimaharjoittelun vaikuttavuutta G-sietokykyyn. Yksiselitteisiä tuloksia eri lihasryhmien merkityksestä ei saatu, mutta G-sietokyky parani 12 viikon aikana peräti 53 % sentrifugikokeissa. (Epperson ym. 1985, 534–539.)

Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmä tutki yhteistyössä ruotsalaisen Karoliinisen Instituutin ilmailulääketieteen laitoksen kanssa vuosina 1983–1985 suomalaislentäjien G-sietokykyä. Samaan aikaan tehtyyn fyysisen suorituskyvyn tutkimukseen osallistui 30 lentäjää, joista 20 osallistui sentrifugikokeisiin. Näistä 20 lentäjästä kuusi harrasti aktiivisesti ilmailu 5-ottelua, jonka lajeja on ammunta, koripallon heitto, miekkailu, esteuinti sekä yhdistetty esterata ja suunnistus. (Ilmavoimat 1988, 6.) Ilmailu 5-ottelua harrastaneilla oli selvästi paremmat arvot kaikissa kuntomuuttujissa ja G-sietokyvyssä sekä tutkimuksen alussa että lopussa. Tutkittavia kuntomuuttujia oli jalkojen voima-teho, vartalon voima ja kestävyys. G-sietokykyä mitattiin SACM profiililla, jossa kiihtyvyys vaihteli 3,5 ja 5,5 G:n tasolla 15 sekunnin jaksoissa. Koehenkilöillä ei ollut yllään G-housuja eikä muuta G-sietokykyä parantavia apuvälineitä. Tutkimuksissa havaittiin voimaharjoittelun parantavan G-sietokykyä paremmin kuin kestävyysharjoittelun. (Ilmavoimat 1988, 12–27.) Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas II

Hävittäjälentäjän voimaharjoittelun tärkein päämäärä on G-sietokyvyn parantaminen, ja erityisesti selän, niskan ja hartiaseudun vammojen ehkäisy (Kanninen, Paalimäki & Rintala 1996, 44; Kuronen & Myllyniemi 1996, 13–17). Niskan alueen harjoittaminen on hävittäjälentäjille siten luonnollinen tapa kohottaa suorituskykyä lentotehtävien aikana. Niskan erityisharjoittelun merkitys korostuu, ja siitä löytyy eräitä harjoitusinterventioita, joilla voidaan hallita tukirankaperäisiä oireita (Burnett, Naumann & Burton 2004, 611–615; Sovelius ym. 2006, 20–

25). Erityisesti ohjatussa niskan alueen harjoittelussa on saavutettu parempia tuloksia verrattuna ilman ohjausta olevaan harjoitteluun (Alricsson, Harms-Ringdahl, Larsson, Linder & Werner 2004, 23–28).

Sotilaslentäjien työperäinen fyysinen oireilu ei rajoitu kuitenkaan pelkästään niskan ja kaulan alueelle. Selkärangan rasittumiseen vaikuttavat selkälihasten lisäksi vatsalihasten kunto, joiden rooli korostuu erityisesti alaselkäkipujen ehkäisyssä. Jos vatsalihakset ovat heikot, lantion kontrolloiminen on vaikeampaa ja usein puutteellista. Myös ryhdin ylläpitäminen hankaloituu. Tällöin selkänikamiin ja välilevyihin kohdistuu turhaa kuormitusta. Suuri lordoosi, eli lannerangan luonnollinen mutka, voi olla merkinä heikoista vatsalihaksista (Hamill & Knutzen 2003, 259.)

Välilevyyn kohdistuva paine riippuu välilevyn yläpuolella olevasta kehonpainosta ( $mg$ ) ja voimasta ( $F$ ). Välilevyä puristava voima on siis  $mg+F$ . (Ahonen ym. 1988, 227). Välilevyihin kohdistuvaa painetta voidaan kuitenkin hallita muuttamalla istuimen kallistuskulmaa ja käyttämällä ala- ja ristiselkää tukevaa selkätukea. Jos selkänojaa kallistetaan 20 astetta taaksepäin, laskee välilevyihin kohdistuva paine 30 %. Kun samaan kallistukseen lisätään selkätuen käyttö, putoaa välilevyihin kohdistuva paine vain neljännekseen verrattuna pystyasentoon. (Koskinen ym. 1998, 201.)

Istuessa ihminen jännittää vaistomaisesti vatsalihaksia ja palleaa. Lihasten jännittäminen vähentää välilevyihin kohdistuvaa painetta, sillä vatsaontelon paine nousee synnyttäen ylös- ja alaspäin vaikuttavat voimat, eivätkä välilevyt puristu yhteen kuormituksesta huolimatta. Samalla selkälihasten välilevyihin kohdistama puristusvaikutus voi vähentyä jopa 40 %. (Ahonen ym. 1988, 229.)

Vatsalihasten rooli korostuuikin hävittäjälentäjän G-sietokyvyssä ja kuormittumisen hallinnassa. Ihmisen lanneranka kestää terveenä ilman vatsaontelon paineenmuodostusta ja vatsalihasten aktivoitumista 4,7 Gz:n kuormituksen. Vatsalihaksia ja palleaa jännittämällä vatsaontelon painetta saadaan nostettua hyödyn ollessa edellä mainittu 40 %. Hawkin heittoistuimen 14 asteen kallistus vähentää myös lannerankaan kohdistuvaa painetta. Näillä perusteilla on laskettu, että lentäjän tukiranka kestää terveenä 7,89 Gz:n kuormituksen. Tämä edellyttää vatsalihasten hyvää kuntoa. (Teppo 2006, 49.)

Lihahuolto on tärkeä osa niin liikuntaa kuin lentopalvelustakin. Lihahuollon avulla lentäjä voi valmistaa elimistön lentotehtävään, nopeuttaa palautumista lentosuorituksen jälkeen, sekä hoitaa mahdollisesti G-kuormituksen aiheuttamia TULE -vammoja. Ennen lentoa suoritettavan verryttelyn tarkoituksena on lämmittää elimistöä ja vilkastuttaa verenkiertoa lihaksissa. Tällöin lihasten aineenvaihdunta tehostuu. Lihakset ovat valmiita lennonaikaiseen räsitykseen ja kestävät räsitystä paremmin kuin valmistautumattomina. Lämmittelyn lisäksi suositellaan tehtäväksi lyhyitä, 5–20 sekunnin avaavia venytyksiä. Lentotehtävän jälkeen suoritettavalla loppuverryttelyllä verenkierto pyritään pitämään lepotilaa aktiivisemmalla tasolla, jolloin haitalliset aineenvaihduntatuotteet (mm. maitohappo/laktaatti) poistuvat lihaksista tehokkaasti. Aktiivinen lihahuolto edistää palautumista, ehkäisee vammojen syntymistä ja nopeuttaa vammojen paranemista. Aktiivisen lihahuollon lisäksi kehoa voidaan huoltaa myös passiivisesti, esimerkiksi hieromalla tai riippumalla. Suositeltavaa on roikkua nilkoista (POS), jolloin tukirangan lihaskireyksiä saadaan rentoutettua sekä vähennettyä painetta välilevyistä ja nikamia toisiinsa liittävästä nivelistä. Riippuminen katsotaan tärkeäksi, sillä tukirangan lihaskireydet ja välilevyihin kohdistuva paine aiheuttavat yleisimmin tukirankaperäisiä oireita. (Myllyniemi & Rintala 1996, 37–40.)

#### 4.4.1 Harjoittelu

##### 4.4.1.1 Kestävyys

Kestävyys käsitteenä voidaan määritellä monella tavalla. Kyröläisen (1998, 27) mukaan kestävyys on kykyä vastustaa väsymystä, joka taas on riippuvainen työtä tekevien lihasten tarvitseman energian saannista ja riittävydestä. Fyysinen kestävyys on koko elimistön tai sen osien kykyä vastustaa väsymystä (Weineck 1982, 36). Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että kestävyys on ihmisen psykofyysistä kykyä vastustaa väsymystä.

Kestävyysuorituskykyyn vaikuttaa olennaisesti maksimaalinen aerobinen energiantuottokyky ( $VO_2max$ ), aerobinen kestävyys sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokyky. Maksimaalinen hapenotto- sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokyky antavat kestävyysuoritukselle raamit. Kestävyysuorituskyky on kuitenkin aina lajispesifinen, koska siihen vaikuttavat edellä mainittujen lisäksi aina lajin luonne (yhtäjaksoinen tai intervalli), suorituksen kesto sekä lajitekniikka. (Nummela, Keskinen & Vuorimaa 2004, 333.) Hyvät kestävyysominaisuudet ovat lentäjille tärkeitä, sillä ilman kestävyyttä esimerkiksi voimaominaisuuksia ei kyetä harjoittamaan ja käyttämään tehokkaasti (Rintala, Paalimäki & Santala 1996, 23).



Hyvän kestävyuden ansiosta lentäjät kykenevät

- suoriutumaan vaihtelevien lentotehtävien fyysisistä kuormituksista (mm. vastaponnistukset)
- hyödyntämään paremmin ammatin vaatimat henkiset ominaisuudet (keskittymiskyky ja informaation vastaanotto- ja tulkintakyky)
- palautumaan nopeasti uusiin ja toistuviin lentotehtäviin
- selviytymään poikkeusolojen aiheuttamasta fyysisestä ja psyykkisestä paineesta
- selviytymään paremmin pakkolaskun tai heittoistuinhyppyn jälkitilanteesta. (Rintala ym. 1996, 24)

Energia-aineenvaihdunnan perusteella kestävyys voidaan jakaa aerobiseen ja anaerobiseen kestävyYTEEN. Aerobisella kestävyydellä tarkoitetaan sitä, että elimistö saa riittävästi happea energian tuottamiseen. Toisin sanoen aerobisessa työssä vallitsee tasapainotila (*steady-state*) hapensaannin ja sen kulutuksen välillä. (Rintala ym. 1996, 24; McArdle, Katch & Katch. 2007, 168–169.) Anaerobinen kestävyys on elimistön kykyä tuottaa energiaa ilman happea (tai sitä ei ole riittävästi) ja syntyy happivajetta (Rintala ym. 1996, 24).

Sentrifugissa suoritetuissa ilmataistelun rasiTusta simuloivissa kokeissa (4.5–7.0 Gz) on havaittu, että vastaponnistuksen jälkeen kehon veren maitohappotasot ovat korkeita. Tämä on todisteena anaerobisesta submaksimaalisesta työstä. Kun suuria G-kuormituksia sisältäviä lentoja lennetään monena peräkkäisenä päivänä, ratkaisevaksi tekijäksi muodostuu lentäjän kyky kestää kovia ja toistuvia anaerobisia kuormituksia ja palautua niistä. Tämä vaatii lentäjältä kestävyyttä, hyvää anaerobista kapasiteettia, lihaskuntoa, palautumiskykyä ja jatkuvaa lihashuoltoa. (Kuronen & Myllyniemi 1996, 18–19.)

#### 4.4.1.2 Voima

Voiman lajit jaetaan nopeusvoimaan, maksimivoimaan ja kestovoimaan. Nopeusvoimassa voimantuotto voi kestää 0.1 sekunnista muutamaan sekuntiin. Maksimivoimalla tarkoitetaan lihassupistusta, jonka aikana tuotetaan suurin mahdollinen voima. Kestovoima on luonteeltaan pitkäkestoista ja voiman tuottaminen voi kestää jopa usean minuutin (Häkkinen, Mäkelä, Merro 2007, 251).

Voimaa tuottavien lihasten toimintatavat jaetaan isometriseen ja dynaamiseen lihastyöhön sekä näiden yhdistelmään. Jos lihaksen pituus ei muutu supistuksen aikana, supistusta sanotaan isometriseksi, kun taas dynaamisessa lihastyössä lihaksen pituus supistuksen aikana muuttuu.

Jos lihas dynaamisessa työssä lyhenee, on kyse konsentrisesta supistuksesta. Vastaavasti liikettä jarruttavaa lihastyötä kutsutaan eksentriseksi. Tällöin lihas venyy, vaikka se pyrkii supistumaan (Nienstedt ym. 2006, 146; McArdle ym. 2007, 518–520).

Hävittäjän ohjaamossa tapahtuva lihastyö on luonteeltaan pääsääntöisesti isometristä, staattista lihastyötä, sillä jännittäessään lihaksiaan lentäjä ei tuota varsinaista liikettä. Lihassupistuksen tarkoituksena on näin ollen vastustaa kehoon kohdistuvia G-voimia ja samalla mahdollistaa vastaponnistuksen. Rintalan ym. (1996) mukaan alaraajojen, käsivarsien, vartalon ja niskan lihasten hyvä voimantuottokyky on edellytyksenä tehokkaalle vastaponnistukselle (Rintala ym. 1996, 28).

Hävittäjälentäjän vastaponnistuksessa tekemät voimakkaat staattiset lihassupistukset aiheuttavat jo melko matalilla lihasjännityksen tasoilla verenkierron osittaista tai jopa kokonaisvaltaista pysähtymistä. Tällöin veri ei pysty kuljettamaan lihakselle happea ja ravintoaineita. Vastaavasti lihaksen työskentelystä syntyvät palamistuotteet eivät pääse poistumaan lihaksesta. Anaerobinen aineenvaihdunta käynnistyy ja maitohappoa (laktaattia) kertyy lihaksiin aiheuttaen paikallista väsymystä (Viitasalo 1987, 46–48)

Hyvän lihaskunnon ansiosta lentäjä kykenee

- suorittamaan tehokkaasti G-sietokyvyn kannalta oleellisia vastaponnistuksia
- hallitsemaan päätään ja raajojaan suurienkin kiihtyvyysoimien alaisena
- ehkäisemään kiihtyvyysoimien elimistölle aiheuttamia vaurioita (pehmytkudokseen)
- ehkäisemään lihaksiston kipeytymistä lennon aikana (Rintala 1996, 28)

#### 4.4.2 Vastaponnistus

Vastaponnistus on tärkein keino, jolla hävittäjälentäjä voi tahdonalaisesti parantaa G-sietokykyä. Yksinkertaisesti selitettynä vastaponnistuksella tarkoitetaan lihaksilla tehtävää isometristä jännitystä yhdistettynä M-1 tai L-1 -hengitystapaan. M-1 -menetelmässä hengitetään osittain suljettua ja L-1 -menetelmässä kokonaan suljettua kurkunpäättä (vrt. Valsalvan koe) vasten (Vapaavuori 1992, 149–151).

Vartalon lihaksia jännitettäessä paine niissä kasvaa ja verisuonet supistuvat. Tämä estää veren pakkautumisen raajoihin ja vatsaontelon suoniin, jolloin sydän- ja verenkiertoelimistön on helpompi säilyttää riittävä verenpaine aivoissa. Vartalon lihasten jännittäminen ja eteenpäin kyyristynyt asento yhdistettynä ns. Valsalvan-menetelmään muodostavat nykyään länsimaissa

käytetyn vastaponnistustekniikan (*AGSM, Anti-G Straining Manoeuvre*). Vastaponnistuksessa pyritään hengittämään sisään mahdollisimman nopeasti (1-2 s), jonka jälkeen suoritetaan 3-4 s pakotettu uloshengitys. Pakotetun uloshengityksen verenpainetta ylläpitävä vaikutus alkaa pienenytä jo muutaman sydämenlyönnin jälkeen. Tästä johtuen syke ja verenpaine alkavat laskea. Siksi on tärkeää säilyttää hengitysrytmi koko kiihtyvyysoimalle altistumisen ajan. Lihasjännitys sen sijaan pyritään säilyttämään koko altistumisen ajan, mikä on huomioitava etenkin sisään hengitettäessä. (Green 2006, 160).

Oikeaoppinen vastaponnistus vaatii koordinoitua lihasten toimintaa ja on lentäjälle fyysisesti vaativa isometrinen suoritus (Vapaavuori ym. 1992, 151). Mitä tehokkaammin lentäjä kykenee tekemään vastaponnistuksen, sitä paremmin lentäjä ylläpitää kykyä ilmataisteluliikkeiden suorittamiseen (Epperson 1985, 534).

## 5 LENTÄMISTÄ TUKEVA TOIMINNALLINEN HARJOITTELU

### 5.1 Toiminnallisen harjoittelun perusteet

Toiminnallinen, eli funktionaalinen (*engl. functional training*) harjoittelu on viime aikoina noussut jonkinasteiseksi ”trendiurheiluksi”. Termiä käytetään runsaasti, mutta useimmat meistä eivät kuitenkaan tiedä, mitä toiminnallinen harjoittelu käytännössä on. Weissin ym. (2010) mukaan sana ”toiminnallinen” viittaa toimintaan, työhön ja aktiivisuuteen. Itse termi *toiminnallinen harjoittelu* on vanha, mutta nykyiset määrittelynsä se sai vasta 1990-luvulla.

Toiminnallisen harjoittelun historian alkua on vaikea määrittää. Esimerkiksi Japanissa samurait harjoittelivat suurta keskittymistä vaativia, kokonaisvaltaisia, toiminnallisia liikesarjoja taistelumenestyksen parantamiseksi. Nämä harjoitteet vaativat voimakasta keskittymistä, liikepuhtautta ja kehonhallintaa. Kehon eri osien saumattomaan yhteistyöhön suunniteltujen jooga- ja pilatesharjoitteiden juuret ovat myös pitkällä historiassa. Lisäksi on hyvä muistaa, että eri urheilulajien edustajat ovat vuosikymmenten ajan keksineet mitä mielikuvituksellisimpia, lajiharjoittelua tukevia toiminnallisia liikesarjoja suorituskykynsä kehittämiseksi (Aalto, Paunonen & Paanola 2007, 46).

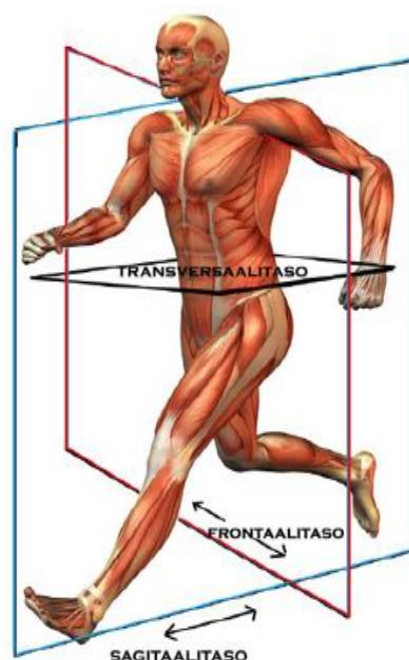
Toiminnallisen harjoittelun juuret ovat vahvasti fysio- ja toimintaterapiassa. Kummassakin terapiamuodossa pyrkimyksenä on ihmisen kokonaisvaltaisen toimintakyvyn ja liikkumisen kehittäminen sekä ylläpito. Fysioterapiassa toiminnallista harjoittelua käytetään vammoista kuntoutumiseen. Vamma-alueen ympäröiviä lihaksia pyritään harjoittamaan ja kehittämään, jolloin parannettava vamma-aluekin vahvistuu. Toimintaterapian tavoite on ihmisen kykyä selvittää arjen askareista mahdollisimman omatoimisesti. Nykyaikana toiminnallisuuden ylläpitäminen korostuu, sillä ihmisten toimintakyky ja fyysinen kunto ovat heikentyneet huomattavasti. Tämän vuoksi funktionaalisen harjoittelun ja esimerkiksi toimintaterapian tarve on kasvanut (Aalto ym. 2007, 46–47). Fysioterapiaan yhdistettävät, epävakailla alustoilla ainoastaan kuntoutumistarkoitukseen kehitetyt harjoitukset ovat siirtyneet entistä enemmän myös liikuntaan ja urheiluun (Cressey, West, Tiberio, Kraemer & Maresh 2007).

Melkein kaikenlaisen urheilun voi helposti ymmärtää toiminnalliseksi harjoitteluksi, sillä harjoittellessa tapahtuu aina toimintaa. Käsitteen tarkempi määrittely osoittaa tämän kuitenkin jokseenkin harhaluuloksi. Aallon ym. (2007) mukaan toiminnallisen harjoittelun tavoitteena on jokapäiväisten askareiden, kuten nostamisen ja kantamisen helpottaminen tai vastaavasti toisessa ääripäässä urheilusuorituksen hiominen huippuunsa. Harjoitusliikkeiden tavoitteena

voi olla myös ryhdin ja asennon ylläpitäminen tai niiden parantaminen (Aalto ym. 2007, 47). Paunonen ja Seppänen korostavat etenkin liikkeen tavoitetta. Yhtenä tavoitteena voi olla esimerkiksi keskivartalon hallinta haastavan liikesarjan aikana tai vaikkapa liikenopeutta ja lajinomaista suoritustekniikkaa (Paunonen & Seppänen 2011, 6). Urheilussa toiminnallinen harjoittelu tarkoittaa kunkin lajin fyysisten vaatimusten perusteella suunniteltua kokonaisvaltaista harjoittelua (Aalto ym. 2007, 47).

Toiminnallisen harjoittelun tavoitteena on kuormittaa samanaikaisesti useita suuria lihasryhmiä. Liikkeet ulottuvat useiden lihasryhmien ja nivelten yli. Liikkeet suoritetaan eri tasoissa ja voimantuottosuuntia voi olla useita. (Aalto ym. 2007, 49–50). Varsinkin voimaa harjoitettaessa on tärkeää muistaa, että toiminnallisessa harjoittelussa tavoitteena on lihasten saumaton yhteistyö (Gambetta 2007, 177–178). Perinteisestä voimaharjoittelusta poiketen toiminnallinen harjoittelu keskeisenä tavoitteena on liikkeen harjoittaminen, ei lihaksen. Nykyään vallalla oleva ajattelumalli toimivien lihasten kineettisistä ketjuista perustuu 1990-luvulle fysioterapeutti Gary Grayn ”Chain Reaction”-kursseille. Hän esitti yksittäisen lihaksen toiminnan rinnalle teorian lihasten ketjumaisesta yhteistyöstä. (Boyle 2004, 1–3.)

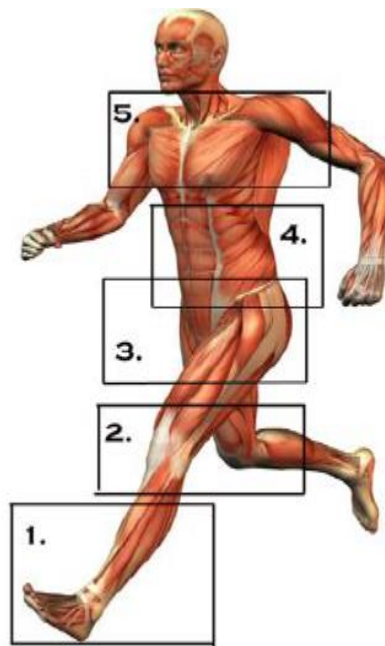
Lihasten ketjumainen yhteistyö liittyy toiminnallisessa harjoittelussa niin kutsuttuun 3-5-8 -teoriaan. Luku 3 tarkoittaa liikkeen tasoja, eli suuntia joissa liike tapahtuu (Gambetta 2007, 24). Liikesuunnat kuvataan siis kolmessa tasossa: sagitaali-, frontaali-, ja transversaalitasolla. Sagitaalitasolla liike tapahtuu eteen- ja taaksepäin, frontaalitasolla sivulta toiselle ja transversaalitasolla liikkeet ovat erisuuntaisia kiertoja (Gambetta 2007, 23–24).



KUVA 1. Liiketasojen suunnat (Discover Movement 2015)

Ihmiskehon anatomiset asemat muodostavat 3-5-8 -teoriassa seuraavan osan. Luku 5 koostuu viidestä anatomisesta asemasta: 1. nilkka ja jalkaterä, 2. polvi, 3. lantio ja lonkka, 4. lanneranka ja keskivartalon lihaksisto sekä 5. rintaranka ja lavat. (Discover Movement 2015.) Toiminnallisessa harjoittelussa anatomisten asemien yhteistoiminnan ja stabiliteetin harjoittaminen on keskeistä, mutta jokaista anatomista asemaa pitää harjoittaa myös kohdennetusti (Boyle 2004, 4.)

Boyle (2004, 127) korostaakin, että anatomisten asemien kohdennettu harjoittelu on huomiotava erityisesti silloin, kun urheilijan toiminnallisesta kokonaisuudesta löytyy ”heikkoja lenkkejä”. Esimerkiksi hävittäjälentäjällä keskivartalon lihakset eivät välttämättä ole riittävän hyvät suurten +Gz-voimien hallintaan (ks. Rintala 2012, 102). Tällöin lannerangan ja keskivartalon lihaksisto on heikko lenkki ja näin ollen vaatisi erityistä harjoittelua. Entistä parempi keskivartalon lihaksiston suorituskyky parantaa stabiliteettia ja auttaa kestämään kiihtyvyysovoimien aiheuttamaa räsitusta.



KUVA 2. Anatomiset asemat (Discover Movement 2015)

Gambettan (2007, 23) mukaan kokenutkin urheilija voi parantaa suorituskykyään kehittämällä koko vartalon yhteistoimintaa. Kehitysaskeleet huomataan erityisesti silloin, kun ominaisuuksiltaan heikomman aseman toiminta kehittyy ja saavuttaa muiden anatomisten asemien tason. Tämä vaatii proprioseptiikan kehittymistä.

Toiminnalliseen harjoitteluun kuuluu olennaisena osana tasapaino ja proprioseptiikka, sillä useilla foorumeilla erilaisten voimaharjoitteiden tekeminen bosu-pallojen tai muiden epäta-

saisten pintojen päällä mielletään toiminnalliseksi harjoitteluksi. Proprioseptiikalla tarkoitetaan ihmiskehon asento- ja liikeaistia. Tietoa kehon ja jäsenten asennoista ja liikkeistä välittävät lihaksissa, jänteissä, nivelpusseissa ja sisäkorvassa olevat reseptorit, joita sanotaan proprioseptoreiksi. (Nienstedt ym. 2006, 486.) Proprioseptiikkaa ja tasapainoa tarkasteltaessa on huomioitava niiden keskinäisrooli voimantuottoon. Koehlerin, Flanaganin ja Whitingin (2010) mukaan voimantuoton ja epästabiiliteetin välillä tapahtuu aina kompromissi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos stabiiliteettia on paljon, isoista lihasryhmistä saadaan paljon tehoa irti. Stabiiloivat lihakset kuitenkin voivat ”levätä”. Vastaavasti epästabiiliteetin kasvaessa voimaa ei pystytä tuottamaan niin paljon, mutta stabiiloivat lihakset tekevät voimakkaasti työtä.

Behm, Anderson ja Curnew (2002) osoittivat tutkimuksessaan, että epästabiililla pinnalla (*Swiss ball*) voimantuotto heikkenee polven ojennuksessa jopa 70,5 % ja nilkan ojennuksessa 20,2 %. Lisäksi McBride, Cormie ja Deane (2006) tutkivat lihasten aktiivisuus- ja voiman huipputasoja isometrisessä kyykyssä stabiililla ja epästabiililla pinnalla. Tulokset vahvistavat eron, sillä mitattu voiman huippuarvo oli 45,6 % pienempi epästabiililla pinnalla ja lihasaktiivisuustasot EMG mittauksissa 37,3 % (*vastus lateralis*) ja 34,4 % (*vastus medialis*) pienempiä epästabiililla pinnalla. Tulosten perusteella voi helposti päätellä, että suurten lihasryhmien maksimivoimaa ei kannata harjoittaa epästabiililla alustalla.

Epästabiili alusta on kuitenkin osoittautunut erittäin toimivaksi muun muassa jo edellä mainituissa kuntoutustilanteissa. Ehkä paras sovelluskohde epästabiilille alustalle on keskivartalon harjoittaminen. Keskivartalon lihasten aktivointi on lähes 50 % suurempaa kuin perinteisissä voimaharjoitteluliikkeiden aikana, kun tehdään esimerkiksi punnerruksia (Arimad & Shirazi-Adl, 2005) tai kyykkyjä (Marshall & Murphy, 2006) epästabiileissa olosuhteissa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että näitä liikkeitä tulisi aina tehdä pallon tai tasapainolaudan päällä. Tällöin suurten lihasryhmien aktivoinnin ja voimantuoton kanssa tehdään liian iso kompromissi. (Chulvi-Medrano ym. 2010; Anderson & Behm. 2004.)

Sen sijaan epästabiilien olojen käyttäminen yksinomaan keskivartalolle suunnatuissa harjoitteissa on todettu hyödylliseksi. Vahva keskivartalo tarjoaa pohjan kaikille liikkeille, niin jokapäiväisessä elämässä, kuin urheilussakin. (Behm ym. 2010.) Keskivartalon lihasten progressiivisen harjoittelu on mahdollisesti yksi alaselän vammoilta suojaava tekijä (Durall ym. 2009). Progressiivinen harjoittelu epästabiileja olosuhteita hyödyntäen näyttää palauttavan ja vahvistavan keskivartalon lihasten stabiilivaa roolia, ja näin hoitavan sekä ehkäisevän alaseläkkipuja (Carter, Beam, McMahan, Barr & Brown, 2006). Epästabiilien pintojen käyttö ei ole

kuitenkaan ainoa tapa laskea vammautumiseriskiä, sillä samoja vaikutuksia on saatu myös mm. eksentrisellä voimaharjoittelulla (Leppänen ym. 2014).

Keskivartalon korkeampi voimataso yksistään auttaa suojaamaan ja suoriutumaan tilanteissa, joissa ilmenee suuria voimia (Caldwell, McNair & Williams, 2003; Cady, Bischoff, O'Connell, Thomas & Allan, 1979). Kuitenkin vähintään yhtä tärkeä, tai jopa tärkeämpi ominaisuus on keskivartalon lihasten kestävyysominaisuudet ja oikein toimiva hermotus (McGill, 2001; Nourbakhsh & Arab, 2002). On siis hyvä asia, että keskivartalon lihakset ovat vahvat, mutta jos ne pystyvät toimimaan kunnolla vain puolet treenin tai lentosuorituksen ajasta, niin vammautumisen riski kasvaa. Hyvin toimiva keskivartalon lihaksisto toimii ennakoiden ja erilaisten palautemekanismin kautta (Panjabi, 1992). Käytännössä tämä tarkoittaa, että keskivartalon lihakset jännittyvät sekunnin kymmenesosia ennen kuin esimerkiksi raajan liikkuvat ja luovat alustan liikkeelle.

Viimeinen osa 3-5-8- teoriassa muodostuu kahdeksasta kineettisestä ketjusta. Kineettisellä ketjulla tarkoitetaan toimintaketjua, jossa kaikki liikkeeseen tarvittavat lihakset osallistuvat halutun liikkeen tuottoon, halutussa järjestyksessä (Discover Movement 2015).



KUVA 3. Kineettiset ketjut. (Discover Movement 2015)



Kineettisillä ketjuilla tarkoitetaan lihasten toimintaketjuja. Niitä tarkastelemalla mahdollistetaan kaikkien tarvittavien lihasten osallistuminen suoritukseen. (Discover Movement 2015.) Kineettinen ketju ”aktivoi” lihakset oikeassa järjestyksessä liikkeen aikana, jolloin koko liikepotentiaali saadaan käyttöön. Toiminnallisella harjoittelulla kehitetään erityisesti kehonhallintaa ja lihasten yhteistyökykyä. Liikeketjujen eheä toiminta näkyy suorituksen taloudellisuutena ja parempana voimantuottona. (Aalto ym. 2007, 37.)

Kineettiset ketjut jaotellaan seuraavasti:

- Etuketju (punainen)
- Takaketju (punainen)
- Sivuketjut x 2 (keltainen)
- Diagonaaliketjut edessä x 2 (musta)
- Diagonaaliketjut takana x 2 (musta) (Discover Movement 2015)

”Lihastoimintaketjujen paikantamisen ja perusliikemallien tuntemuksen kautta toiminnallisen harjoittelun suunnittelu ja toteuttaminen tarkentuu ja tehostuu huomattavasti.” (Discover Movement 2015)

## 5.2 Toiminnallinen harjoittelu

Kynnys toiminnallisen harjoittelun aloittamiseen on matala, ja harjoitusmuotona se sopii niin huippu-urheilijalle kuin vasta-alkajalle. Monipuolisena harjoittelumuotona se kehittää samaan aikaan kestävyyttä, lihaskuntoa, tasapainoa, koordinaatiota ja liikkuvuutta (Aalto ym. 2007, 49). Paunonen ja Seppänen (2011, 7) huomauttavat lisäksi, että toiminnallisuuden lisääminen liikkeisiin voi itsessään lisätä harjoittelumotivaatiota, ja siten olla syy lisätä toiminnallisuutta harjoitteluun. Toiminnallinen harjoittelu vaatii kuitenkin keskittymistä, sillä liikesarjat perustuvat usein alustan epästabiliteettiin.

Toiminnallinen harjoittelu ei ole väline- tai paikkasidonnaista, vaan harjoittelija voi hyödyntää harjoittelussaan omaa kehon painoa, sali- tai pienvälineitä. Monipuolinen harjoitusvälineiden käyttö kuitenkin varmistaa, ettei kehoa kuormiteta samankaltaisilla toistuvilla liikemalleilla, ja siten ehkäistään lihasten epätasapainon syntymistä ja rasisitusvammoja. (Aalto ym. 2007, 63–64.)

Oman kehon paino on yksinkertainen, mutta samalla monipuolinen ja tehokas ”harjoitusväline”. Kehonpainoharjoittelun etu on helppous, sillä lihasten harjoittamiseen ei tarvita erityisiä

välineitä tai tilaa. Harjoitusvaikutusta voi muuttaa tai lisätä esimerkiksi aloitusasentoa vaihtamalla ja tukipintaa vähentämällä. Ilman lisäpainoja suoritettun harjoittelun tavoitteena tulisi olla useiden lihasten harjoittaminen samanaikaisesti sekä koordinaation ja tasapainon kehittäminen. (Aalto ym. 2007, 65–66).

Monipuolinen ja kekseliäs välineiden käyttö on kuitenkin toiminnallisen harjoittelun suola. Tavallisimmat harjoittelussa käytettävät välineet ovat vapaat painot, kahvakuulat, taljavetolaitteet (ml. kinesis-talja), gymstick, jumppapallot, tasapainolaudat ja harjoitusmatot. Vapailla painoilla (käsipainot, levytangot, kuntopallot) harjoittelu mahdollistaa vapaat liikeradat ja -tasot sekä yhdistää dynaamisen ja staattisen työskentelyn. Kahvakuulalla suoritettavat harjoitteet kuormittavat monipuolisesti koko kehoa ja sopivat hyvin tehokkaaseen ja lyhytkestoiseen harjoitteluun. Taljavetolaitteilla voi harjoittaa joko yksittäistä lihasryhmää, tai haastaa itseään viemällä laajat liikeradat tasapainoalueen ulkopuolelle. Kinesis-taljan 360 astetta liikkuva kiinnitysmenetelmä ja vapaan tartuntakorkeuden mahdollistavat kahvat antavat harjoittelijalle mahdollisuuden harjoittaa kolmiulotteisia liikkeitä monipuolisilla liikeradoilla. Gymstick kehittää tasapainoa ja koordinaatiota raajoihin kiinnitettyjen kuminauhojen veto-ominaisuuksien ansiosta. Jumppapallot ja tasapainolaudat toimivat kehonhallinnan ja tasapainon kehittämisessä. Harjoittelussa korostuu erityisesti keskivartalon stabiloivien lihaksien käyttö, sillä alusta on usein epävakaata. Harjoitusmatot lisäävät myös alustan epävakautta. (Aalto ym. 2007, 73–74.)

### 5.3 Tutkimukset

Toiminnallista harjoittelua koskevat tutkimukset keskittyvät pääasiassa keski-ikäisiin ja vanhuksiin, osin fysioterapiataustasta johtuen. Nuorille ja terveille ihmisille tehtyjä tutkimuksia on vähemmän, mutta tutkimuksia on tehty myös kehittyneille yksilöurheilijoille (Tomljanović ym. 2011). Nuorille, sotilaille ja urheilijoille tehtyjä tutkimuksia kuitenkin ilmestyy lisää koajan, ja niissä korostuu yhä enemmän urheilusuorituksen tai fyysisen suorituskyvyn kehittäminen toiminnallisen harjoittelun avulla.

DeVreede ym. (2005) tutkimuksen mukaan toiminnallinen harjoittelu oli tehokkaampi harjoittelumuoto perinteiseen vastusharjoitteluun verraten, kun tarkasteltiin suorituskykyä toiminnallisissa liikkeissä. Weiss ym. (2010) toteavat tutkimuksessaan, että toiminnallinen harjoittelu lisää kestävyyttä, parantaa tasapainoa ja kehittää voimaominaisuuksia samankaltaisesti verrattuna perinteiseen kuntosaliharjoitteluun.

Tomljanović ym. (2011) tutkivat 22–25 -vuotiailla aktiivisesti harjoittelevilla nuorilla toiminnallisen ja perinteisen voimaharjoittelun vaikutuksien eroja kehon antropometriaan (kehonkoostumus) sekä räjähtäviin voima-, nopeus- ja ketteryysominaisuuksiin. Harjoittelujakso kesti viisi viikkoa. Antropometrisissa mittauksissa toiminnallisen harjoittelun ryhmän ja perinteisen vastusharjoitteluryhmän tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Perinteinen vastusharjoittelu kehitti enemmän räjähtävää voimaa ja vastaavasti toiminnallinen harjoittelu kehitti enemmän koordinaatiokykyä ja kehonhallintaa vaativien testien tuloksia, kuten hyppyjä ja heittoja. (Tomljanović ym. 2011.)

Bale ja Strand (2008) tutkivat aivohalvauksesta toipuvien henkilöiden alaraajojen voimatasoja ja vertailivat toiminnallisen- ja perinteisen voimaharjoittelun vaikutuksien eroja. Tutkimustulokset osoittivat toiminnallisen harjoittelun olevan parempi harjoittelumuoto verrattuna perinteiseen voimaharjoitteluun kyseisellä kohdejoukolla.

Sotilaille tehdyistä tutkimuksista on mainittava tutkimus, jossa Heinrich, Spencer, Fehl ja Poston (2012) vertailivat toiminnallisen kiertoharjoittelun ja perinteisen sotilaiden fyysisen harjoittelun vaikutuseroja aktiivipalveluksessa (U.S.) olevilla. Tutkimusjoukko jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään: toiminnallinen MEF (n=34) ja perinteiseen sotilasharjoitteluun keskittynyt APRT (n=33). Harjoitusjakso kesti kahdeksan viikkoa. Ennen harjoittelujaksoa molemmat ryhmät suorittivat kattavat sotilaille optimoidut kuntotestit (*APFT, Army Physical Fitness Test*). Kuntotestiin sisältyi etunojapunnerrukset, istumaan nousut ja kahden mailin juoksu. APFT:n lisäksi koehenkilöiltä mitattiin myös kehon koostumusta ja muita fysiologisia indikaattoreita. Sotilasryhmän harjoittelu toteutettiin Yhdysvaltain armeijan julkaisemien suositusten mukaisesti. Harjoittelussa painotettiin liikkuvuus-, voima- ja kestävyysharjoitteita. Vastaavasti toiminnallisen ryhmän ohjelma keskittyi voima-, teho-, nopeus- ja ketteryysharjoitteluun. Toiminnallisen harjoittelun periaatteiden mukaisesti ohjelma koostui useisiin voimantuottosuuntiin suoritettavista moniniveliliikkeistä. Harjoittelussa hyödynnettiin myös välineistöä monipuolisesti (kehonpaino, levytanko, vastuskuminauhut, jumppapallo, painokelkka, renkaat). Kiertoharjoittelu sisälsi yhteensä 15 liikettä. Suoritusajat olivat 60–90 sekuntia liikettä kohden, koko harjoituksen kestäessä 45 minuuttia. (Heinrich ym. 2012, 1125–1130.)

Toiminnallinen ryhmä paransi tilastollisesti merkitsevästi tuloksia etunojapunnerruksessa, penkipunnerruksessa, notkeudessa verrattuna sotilasharjoitteluryhmään. Lisäksi kahden mailin juoksussa sekä askeltestillä mitattujen syketasojen muutokset olivat tilastollisesti merkitsevästi paremmat toiminnallisella ryhmällä. Molemmat ryhmät ylläpitivät kehonkoostumuksensa suurin piirtein samalla tasolla lähtötasoon nähden eikä loukkaantumisia raportoitu. Yhteenvetona tutkijat

toteavat toiminnallisen harjoittelun parantavan lihasvoimaa ja kestävyyttä, sydän- ja verisuoniston harjoittelunsietokykyä ja notkeutta sotilailla. Huomioitavaa on myös tutkijoiden johtopäätös siitä, että toiminnallisella harjoittelulla voidaan vähentää loukkaantumisia. Tulokseen päädyttiin, koska tutkimuksen aikana harjoittelukertoja oli keskimäärin kaksi viikossa. Tällöin harjoitusten kokonaiskuorma on maltillinen, palautumiselle on riittävästi aikaa eikä yllirasitustiloja (*overtraining*) pääse syntymään. (Heinrich ym. 2012, 1125–1130.) Täten tutkimuksen perusteella voidaan todeta toiminnallisen harjoittelun olevan tehokas harjoittelumuoto niin maa- ja merivoimien sotilailla kuin hävittäjälentäjilläkin. Tulokset selittyvät osittain sillä, että harjoitusvaikutukset voidaan kohdentaa toiminnallisilla harjoitteilla haluttujen liikemallien ja/tai suorituskykyjen kehittämiseen.

Harjoittelun vaikutukset näyttävät kuitenkin olevan hyvin pitkälle riippuvaisia siitä, mihin harjoitusohjelmissa on kulloinkin keskitytty (Tomljanović ym. 2011; Weiss ym. 2010). Vertailtavat harjoitteluohjelmat olisi hyvä olla mahdollisimman tarkasti samoille lihasryhmille suunniteltuja. Tomljanović ym. (2011) kuvaa, että jos toiminnallinen harjoitusohjelma keskittyy ylävartalon harjoittamiseen, ei sen perusteella voida olettaa alaraajojen voimatasojen olevan parempia perinteiseen kuntosaliharjoitteluun verrattuna, jos se on sisältänyt paljon alaraajojen kuormitusta (Tomljanović ym. 2011).

Kotimaisia tutkimuksia toiminnallisen harjoittelun vaikutuksista on verrattain vähän, mutta niiden määrä kasvaa jatkuvasti. Katri Vesaluoma (2014) tutki Pro Gradu -tutkielmassaan toiminnallisen harjoittelun soveltuvuutta koululiikuntaan. Tutkimuksessa kartoitettiin toissijaisesti toiminnallisen harjoittelun vaikutuksia dynaamiseen tasapainoon ja keskivartalon hallintaan. Kohdejoukko koostui 22 lukiolaisesta. Tulokset osoittavat toiminnallisen harjoittelun parantavan molempia, tilastollisesti erittäin merkittävästi. Pedalopoljintestin tulos parani keskimäärin 5,6 sekuntia ja lankkutestin tulos 21,4 sekuntia. Muutoksessa on huomioitava harjoitusjakson pituus, neljä viikkoa, joka on melko lyhyt. Harjoituskertoja oli neljä. Tulosta on kuitenkin tarkasteltava kriittisesti, sillä mukana ei ollut muita harjoitustapoja. Toiminnallisen harjoittelun paremmuudesta (verrattuna johonkin muuhun harjoitusmuotoon) ei siis tämän tutkimuksen perusteella voi sanoa mitään, vaikka hyviä tuloksia saatiinkin.

#### 5.4 Soveltuvuus hävittäjälentäjän harjoitteluun

Suomen Ilmavoimissa hävittäjälentäjien fyysisen kunnan tasoa seurataan lähinnä erilaisin yleissotilaallisin kuntotestein ja vuosittain maksimaalisella polkupyöräergometrialla, mutta itse fyysinen harjoittelu on hyvin pitkälle jokaisen lentäjän omalla vastuulla.

Kuten todettua, hävittäjälentäjä tarvitsee jokapäiväisessä työssään hyvää fyysistä suorituskykyä. Toiminnallinen harjoittelu voisi olla yksi hyvä harjoittelumuoto, sillä se on vaihteleva, tehokas ja monipuolinen tapa parantaa ja ylläpitää fyysistä suorituskykyä. Fyysinen kunto koostuu Kyröläisen ym. (2003) mukaan fyysisen suorituskyvyn osa-alueista, kuten kestäväydestä, voimasta, nopeudesta, koordinaatiosta ja liikkuvuudesta. Hävittäjälentäjienkin ylläpitämä työkyky perustuu toimintakykyyn, jolla selviydytään työn ruumiillisista, henkisistä ja sosiaalisista vaatimuksista liikaa rasittumatta. (Kyröläinen ym. 2003.)

Toiminnallisen harjoittelun avulla hävittäjälentäjä voi kehittää voimatasoja ja lihasten käyttöä (kineettiset ketjut) kokonaisvaltaisesti. Tällä konseptilla esimerkiksi vastaponnistus voisi olla tehokkaampi parantuneen voimatason, hyvän hermotuksen sekä lihasten rekrytointi- ja käyttöjärjestyksen ansiosta. Tehokas vastaponnistus vaatii suurten lihasryhmien tehokasta ja koordinoitua käyttöä. Koska toiminnallisen harjoittelun on todettu kehittävän lihaskoordinaatiota, voidaan sen perusteella olettaa toiminnallisen harjoittelun parantavan vastaponnistuksen suorittamista. Lisäksi erilaisilla välineillä ja harjoitustyypeillä on mahdollista toteuttaa mielekkäitä, kohdennettuja harjoitteita kriittisille alueille, kuten niska- ja hartiaseudulle. Toiminnallisen harjoittelun avulla parantuneen ja taloudellisemman voimankäytön ansiosta hävittäjälentäjien työperäinen vammaariski voi pienentyä, sekä palautuminen lentosuorituksen aiheuttamasta rasituksesta nopeutua.

Toiminnallinen harjoittelu toimii myös ennaltaehkäisevänä ja huoltavana harjoitusmuotona. Fysioterapiasta kumpuavat periaatteet toimivat myös hävittäjälentäjän ammatissa, sillä lentäjän keho pitää ”valmistella” lentotehtävään ja mahdollisissa traumatapauksissa kuntouttaa vamma-alueita. Jotta kokonaisvaltainen fyysinen suorituskyky pysyy korkealla tasolla pitkään, on kehoa myös huollettava. Toiminnallinen harjoittelu tarjoaa vaihtoehtoja myös huoltaviin ja palauttaviin harjoituksiin.

Hyvällä suunnittelulla voitaisiin valita sellaisia harjoitteita, jotka palvelevat erityisesti hävittäjälentäjiä ja heidän tarpeitaan, esimerkiksi niskan ja keskivartalon harjoittamisen suhteen. Hävittäjälentäjien lajinomainen harjoittelu sisältää niin voima- kuin kestävyysharjoittelua (vrt. HIGH G -koulutusmateriaali). Toiminnallisen harjoittelun soveltuvuutta hävittäjälentäjän harjoitteluun voisi tukea myös se, että harjoitteet vaativat verrattain paljon keskittymiskykyä, sekä kehonhallintaa. Hävittäjälentäjät tarvitsevat molempia ominaisuuksia lentosuoritusten aikana ja keskittymistä vaativat harjoitteet voivat tukea tämän ominaisuuden ylläpitämistä.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Yhteenveto

Hävittäjälentäjän työ on vaativaa. Suurissa nopeuksissa hävittäjälentäjän täytyy, kaiken rasituksen alaisenakin, pystyä tekemään nopeita päätöksiä ja oikeita valintoja. Henkiset voimavarat, hyvä keskittymiskyky ja taidot nivoutuvat yhteen hyvän fyysisen kunnan kanssa. Päästä jalkoihin suuntautuva +Gz -kiihtyvyys aiheuttaa suurimmat fysiologiset muutokset lentäjän kehossa, erityisesti tukirangan eri osissa. Tutkimukset todistavat selkärangan painuvan kasaan kuormittavan lennon aikana. Kiihtyvyydet voivat aiheuttaa tukirankaa ympäröiviin pehmytkudoksiin vaurioita ja itse tukirankaan esimerkiksi kulumia ja välilevyjen pullistumisia, tai jopa repeämiä.

Ympäristön havainnointi ja tähtääminen JHMCS -kypärätähtäintä käyttäen kuormittaa kaulan ja niskan seutua erityisen paljon. Niskan alueen lihakset joutuvat työskentelemään maksimaalisilla lihasaktiivisuuden tasoilla liikeratojen ääripäissä, joissa voimantuotto on heikoimmillaan. Kun tähän yhdistetään kova kiihtyvyyden aiheuttama kuormitus, voi kaularanka kipeytyä tai vaurioitua, etenkin jos kuormitus ylittää lentäjän suorituskyvyn tai tapahtuu pään retkahdus. Kun ohjaajan lihaksisto on sillä tasolla, että esimerkiksi +7 Gz:n kuormitus ei vielä ylitä lentäjän suorituskykyä, ehkäisee se vakavampien vammojen syntyä.

Fyysistä kuormittavuutta lisää myös se, jos lentäjä ei ehdi palautua riittävästi edellisestä lentosuorituksesta. Tällöin lihakset eivät toimi optimaalisesti ja väsyvät nopeammin. Väsymys vaikuttaa vireystilaan ja voi aiheuttaa arviointivirheitä, huolimattomuutta tai hitaampaa reagoitukykyä esimerkiksi vastaponnistuksessa. Myös istuma-asento kuormittaa hävittäjälentäjää, sillä työympäristö on hyvin staattinen eikä asentoa voi juuri vaihdella.

Fyysinen harjoittelu on kirjallisuudessa nostettu hävittäjälentäjän omakohtaisista toimista tärkeimmäksi osa-alueeksi, jolla lentäjä voi vaikuttaa omaan työkykyisyyteen ja G-sietokykyyn. Kuormittumisen hallinta on siis osin ennakoivaa, osin lentosuorituksen aikaista (vrt. fyysinen harjoittelu ja vastaponnistus).

Toiminnallinen, eli funktionaalinen harjoittelu on viime vuosina noussut myös Suomessa yhdeksi harjoittelutrendiksi. Monipuoliset ryhmäliikuntatunnit ovat lisääntyneet ja esimerkiksi CrossFit on noussut suureen suosioon. Käsitteelle toiminnallinen harjoittelu ei löydy yksiselitteistä määritelmää, vaan sen tulkinta riippuu tarkastelun kontekstista. Toiminnallista harjoitte-

lua on aivovammapotilaan kuntouttaminen takaisin arkielämässä selviytyväksi yksilöksi sekä huippu-urheilijan suorituksen hiominen huippuunsa. Lyhyesti tiivistäen toiminnallisen harjoittelun tavoite on saada epätasapainoisesti toimiva keho toimimaan tasapainoisesti (UNIQ Performance 2015).

Toiminnallisella harjoittelulla tarkoitetaan liikuntamuotoa, jossa korostetaan liikkeen harjoittamista lihaksen harjoittamisen sijaan. Toiminnallinen tavoite voi siis olla esimerkiksi 10 pistoolikykyä, verrattuna perinteisen voimaharjoittelun tavoitteeseen takakyky 1 RM 100 kg. Lihasten harjoitusvaikutus on ilmeinen ja hyöty fyysisen suorituskyvyn paranemisesta tulee ”siinä sivussa”, kun harjoitellaan kohti asetettua tavoitetta.

Toiminnallinen harjoittelu sisältää valtavasti eri harjoitusinterventioita ja harjoitusmuotona se sopii niin vasta-alkajalle kuin kovakuntoisellekin. Kehonpainolla suoritettavat harjoitteet ovat yksinkertaisia ja niitä voi tehdä missä vain. Harjoitusvälineillä, kuten kahvakuulalla ja bosupallolla, voidaan harjoittelua muuttaa paremmin tavoitetta palvelevaksi ja tehokkaammaksi.

Keskeistä toiminnallisessa harjoittelussa on suurten lihasryhmien yhtäaikainen ja oikea-aikainen käyttö. Siksi toiminnallinen harjoittelu sisältää paljon moninivel-liikkeitä ja liikesarjoja, jotka vaativat keskittymistä. Harjoitusvaikutuksena lihasten ketjumainen yhteistyö, hermotus ja oikea-aikainen rekrytointi paranevat. Tämä näkyy suorituksen taloudellisuudessa ja tehokkuudessa.

Useissa eri lähteissä mainitaan 3-5-8 -teoria. Teorian pohjalta valmentaja tai muu ohjaaja voi analysoida harjoittelevalle henkilölle lajinomaisimmat harjoitteet ja tehostaa näin harjoittelua. Taustalla täytyy kuitenkin olla jonkinasteinen lajianalyysi, jossa on määritelty lajin – tässä tapauksessa hävittäjälentäjän – fyysisen harjoittelun ja lentosuorituksen ominaisuusvaatimukset. Teoriaan perehtyminen auttaa ymmärtämään ihmiskehoa ”yhtenä lihaksena”, kokonaisuutena. Kaikkea harjoittelijan ei kuitenkaan tarvitse ymmärtää, vaan syvälinen perehtyminen on mielestäni enemmänkin valmentajan tai fyysisestä kasvatuksesta vastaavan henkilön vastuulla. Analyttisemmän näkökulman ansiosta voidaan arvioida eri liikkeiden soveltuvuutta osana lajinomaista harjoittelua.

Nykyisellään lentäjien fyysinen harjoittelu on lentäjän itsensä vastuulla. Koulutusohjelmien aikataulut on hieman vääristynyt (Rintala 2012, 5–8), eikä fyysisen kunnan ylläpitämiseen ja kehittämiseen panosteta ohjatusti tarpeeksi. Ohjaajat saavat itseopiskelumateriaaliksi ”II-

mavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas” -kirjan (Ilmavoimat 1996) ja ”High G” -multimediaoppimateriaalin (Rintala ym. 1998; Rintala 2000). Liikuntaohjeiden harjoitteet ovat yksinkertaisia ja sinällään helposti toteutettavia.

Toiminnallista harjoittelua hyödynnettäessä hävittäjälentäjän fyysinen harjoittelu monipuoliseksi, ja se olisi edelleen yksinkertaista ja edullista toteuttaa paikasta riippumatta. Vastaponnistuksessa tarvitaan isojen lihasryhmien saumatonta käyttöä ja toiminnallisen harjoittelun avulla kokonaisuuden hallinta paranee. Liitteeseen 2 on koottu toiminnallisen harjoittelun tuomia mahdollisuuksia hävittäjälentäjän fyysiseen harjoitteluun. Nykyisestä fyysisen harjoittelun ohjeistuksesta poikkeava harjoittelumuoto toisi uusia näkökulmia, mutta myös vaatimuksia hävittäjälentäjille. Ehdottoman tärkeä osa hävittäjälentäjän ammattia on omasta kehosta huolehtiminen niin levon, fyysisen harjoittelun, kuin ravinnonkin suhteen. Whinnery (1987) vertaa hävittäjälentäjiä huippu-urheilijoihin, niin korkealla tasolla kaiken tekemisen kuuluisi olla.

Hävittäjälentäjien vertaaminen huippu-urheilijoihin ei ole tuulesta temmattua. Ensiarvoisen tärkeää olisi tunnistaa koko kokonaisuus nesteytyksestä ja levosta aina kumulatiivisesti kertyvään G-kuormitukseen ja sen analysointiin asti. Aiheen tarkastelu on herättänyt lukuisten hyvien ajatusten ohella myös kriittisiä ajatuksia Suomen ilmavoimien lentokoulutusohjelmasta, liittyen ennen kaikkea hävittäjälentäjän fyysisen suorituskyvyn ylläpitämiseen ja G-ylitysten pitkäaikaisvaikutusten huomioimiseen. Vaikka Suomen ilmavoimissa on tehty paljon tutkimusta hävittäjälentäjiin liittyen, hävittäjälentäjän kattava liikuntatieteelliseen tutkimukseen perustuva lajiansalyysi kuitenkin puuttuu. Tämä puute näkyy mahdollisesti siinä, että kaikilla tasoilla hävittäjälentäjiin kohdistuvaa fyysistä kuormittumista ei välttämättä havaita ja analysoida riittävän ajoissa. Pidemmällä aikavälillä lentäjien suorituskyky laskee ja TULE -oireiden esiintyvyys lisääntyy. Organisoitulla ja systemaattisella kuormittumisen seurannalla, harjoittelulla sekä riittävällä huollolla ja levolla mahdollisten ongelmien esiintyvyyttä voitaisiin todennäköisesti vähentää.

Tutkielman tärkein osio käsitteli toiminnallista harjoittelua, sen perusteita, harjoittelua ja mahdollista soveltuvuutta osaksi hävittäjälentäjän fyysistä harjoittelua. Tutkimuksissa toiminnallisella harjoittelulla saadut tulokset ovat erittäin hyviä. Tutkimustuloksia vasten on vaikea olla kyseenalaistamatta toiminnallisen harjoittelun toimivuutta. Tuloksia on kuitenkin arvioitava osin kriittisesti. Vielä ei täysin tiedetä, onko toiminnallisella harjoittelulla saavutetut fysiologiset muutokset ja harjoitusvaikutukset pitkällä aikavälillä suorituskykyä nostavia, samoin kuin esimerkiksi perinteisellä voimaharjoittelulla. Hävittäjälentäjille tehtyjä tutkimuksia



toiminnallisen harjoittelun vaikutuksista ei vielä ole. Siksi koen, että terve kriittisyys on suotavaa, ennen kuin tehdään liian suoria johtopäätöksiä.

## 6.2 Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet

Hävittäjälentäjien fyysistä kuormittumista on tutkittu verrattain paljon, samoin fyysisen harjoittelun merkitystä G-sietokyvyille. Fyysisen harjoittelun vaikutus suorituskykyyn ja vammojen ennaltaehkäisyyn on kuitenkin vähemmän tarkasteltu aihealue. Toiminnallinen harjoittelu on samalla noussut suositukseksi harjoittelumuodoksi ja useiden lajien edustajat ovat alkaneet hyödyntämään toiminnallisen harjoittelun oppeja.

Hävittäjälentäjien fyysisen kunnon on oltava raudanluja, jotta keho kestäisi useiden vuosien ajan voimakasta kiihtyvyysoimista aiheutuvaa rasitusta. Perinteisiin harjoittelukeinoihin tällä hetkellä nojautuva ohjeistus hävittäjälentäjien fyysisestä harjoittelusta kaipaa mielestäni pientä ”ravistelua”. Toiminnallinen harjoittelu toisi monipuolisuutta ja uusia vaihtoehtoja lentäjien harjoitteluun niin kestävyys-, voima- kuin palauttavissakin harjoitteissa. Toiminnallisen harjoittelun harjoitusvaikutuksia ei kuitenkaan ole tutkittu hävittäjälentäjillä, ja siitä olisi syytä tehdä tutkimusta.

Jatkotutkimusta aiheen ympärillä voisi tehdä lisäksi muun muassa seuraavista kokonaisuuksista:

- Toiminnallisen harjoittelun ohjelmointi hävittäjälentäjälle
- Harjoitusvaikutusten arviointi lentosuorituksen kannalta merkityksellisissä voimatasoissa (vertailu esim. perinteisen voimaharjoittelun ja toiminnallisen harjoittelun välillä)
- Vähentääkö toiminnallinen harjoittelu työperäistä fyysistä (TULE) oireilua hävittäjälentäjillä?

## LÄHTEET

### Julkaistut lähteet

Aalto, R., Paunonen, M. & Paanola, T. 2007. Functional training. Toiminnallisempaa lihaskuntoharjoittelua. Jyväskylä: WSOYpro.

Ahonen, J., Lahtinen, T., Pogliani, G., Saarinen, H., Sandström, M., Suovanen, J., Vannini, V., Wirhed, R., Savolainen, H. & Oikarinen, L. 1988. Kehon rakenne, toiminta ja lihahuolto. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Alricsson, M. Harms-Ringdahl, K. Larsson, B. Linder, J. & Werner, S. Neck muscle strength and endurance in fighter pilots: effects of a supervised training program. *Aviat Space Environ Med* 2004; 75:23–28.

Anderson, K. G. & Behm, D. G. 2004. Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *J Strength Cond Res.* 2004 Aug; 18(3):637–40.

Arjmand, N. & Shirazi-Adl, A. 2005. Biomechanics of changes in lumbar posture in static lifting. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005 Dec 1; 30(23): 2637–48.

Bale, M. & Strand, L.I. 2008. Does functional strength training of the leg in subacute stroke improve physical performance? A pilot randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation,* 22(10-11), 911–921.

Ballidin UI., Kuronen P., Rusko H., Svensson E. 1994. Perceived exertion during submaximal G exposures before and after physical training. *Aviat Space Environ Med* 65:199–203.

Bateman WA, Jacobs I., Buick F. 2006. Physical conditioning to enhance +Gz tolerance: issues and current understanding. *Aviat Space Environ Med* 77:573–80.

Behm, D. G., Anderson, K. & Curnew, R.S. 2002. Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res,* Aug; 16(3):416–22.

Behm, D. G., Drinkwater, E. J., Willardson, J. M., Cowley, P. M.; Canadian Society for Exercise Physiology. 2010. Canadian Society for Exercise Physiology position stand: The use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010 Feb; 35(1):109–12.

Boyle, M. 2004. *Functional Training for Sports. Superior conditioning for today's athlete.* Champaign, IL: Human Kinetics.

Burnett AF, Naumann FL, Burton EJ. Flight-training effect on the cervical muscle isometric strength of trainee pilots. *Aviat Space Environ Med* 2004 Jul; 75(7):611–5.

Cady, L. D., Bischoff, D. P., O'Connell, E. R., Thomas, P. C. & Allan, J. H. 1979. Strength and fitness and subsequent back injuries in firefighters. *J Occup Med.* 1979 Apr; 21(4):269–72.

Caldwell, J. S., McNair, P. J. & Williams, M. 2003. The effects of repetitive motion on lumbar flexion and erector spinae muscle activity in rowers. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2003 Oct; 18(8):704–11.

Carter, J. M., Beam, W. C., McMahan, S. G., Barr, M. L. & Brown, L. E. 2006. The effects of stability ball training on spinal stability in sedentary individuals. *J Strength Cond Res.* 2006 May; 20(2):429–35.

Chulvi-Medrano, I., García-Massó, X., Colado, J. C., Pablos, C., de Moraes, J.A. & Fuster, M. A. 2010. *J Strength Cond Res.* 2010 Oct; 24(10):2723–30.

Cressey, E., West, C., Tiberio, D., Kraemer, W. & Maresh, C. 2007. The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. *J Strength Cond Res* 2007 May; 21(2):561-7.

Discover Movement. 2015. Toiminnallisen harjoittelun verkkokoulutusmateriaali. Discover Movement Llc & InnoSport Oy. Viitattu 7.1.2015.

<http://www.innosport.fi/sivu/toiminnallisen-harjoittelun-perusteet>.

Durall, C. J., Udermann, B. E., Johansen, D. R., Gibson, B., Reineke, D. M. & Reuteman, P. 2009. The effects of preseason trunk muscle training on low-back pain occurrence in women collegiate gymnasts. *J Strength Cond Res.* 2009 Jan; 23(1):86–92.

Epperson, W.L. Burton, R.R. & Bernauer, E.M. 1982. The influence of differential physical conditioning regimens on simulated aerial combat maneuvering tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1982; 53:1091–7.

Epperson, W.L., Burton, R.R., Bernauer, E.M. 1985. The effectiveness of specific weight training regimens on simulated aerial combat maneuvering G tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1985; 56:534 –9.

Eskola, J. 2001. Laadullisen tutkimuksen juhannustaiat. Laadullisen tutkimuksen analyysi vaihe vaiheelta. Teoksessa Juhani Aaltola & Raine Valli (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin II. Näkökulmia aloittelevalle tutkijalle tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin. PS-kustannus, Jyväskylä.

Fink, A. 2005. *Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to the Paper*, 3. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.

Gambetta, V. 2007. *Athletic Development. The art & science of functional sports conditioning.* Leeds, United Kingdom: Human Kinetics.

Green, N. D.C. 2006. Protection against long-duration acceleration. Teoksessa Ernsting's *Aviation Medicine*. 4<sup>th</sup> edition.

Hamill, J. & Knutsen, K. 2003. *Biomechanical Basis of Human Movement*. Second edition. U.S.A: Lippincott Williams & Wilkins.

Heinrich, K. M., Spencer, V., Fehl, N. & Poston, W. S. C. 2012. Mission Essential Fitness: Comparison of Functional Circuit Training to Traditional Army Physical Training for Active Duty Military. *Military Medicine*, 117. 10:1125-1130. 2012.

Hendriksen I.J.M., Holewijn M. 1999. Degenerative changes of the spine of fighter pilots of the Royal Netherlands Air Force (RNLAf). *Aviat Space Environ Med* 1999 Nov; 70(11):1057-63.

Hämäläinen, O., Visuri, T., Kuronen, P. & Vanharanta. 1994. Cervical disk bulges in fighter pilots. *Aviat Space Environ Med* 1994; 65:144-146.

Hämäläinen O, Vanharanta H, Hupli M, Karhu M, Kuronen P, Kinnunen H. Spinal shrinkage due to +Gz forces. *Aviat Space Environ Med* 1996; Jul;67(7):659-61.

Ilmavoimat. 1998. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikunta II. Työryhmämietintö.

Jonsson B. 1982. Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. *J Human Ergol* 11:73-88.

Kuronen, P., Myllyniemi, J. 1996. Lentäjän työn kuormittavuus. Teoksessa: Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä

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

Kanninen, P., Paalimäki, H., Rintala, H. 1996. Voimaharjoittelu. Teoksessa: Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Keskinen, K. L. 2007. Kuormitusfysiologia. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. 2007. Urheiluvalmennus. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Kohler, J.M., Flanagan, S.P. & Whiting, W.C. 2010. Muscle Activation Patterns While Lifting Stable and Unstable Loads on Stable and Unstable Surfaces. *J Strength Cond Res*. February 2010, Volume 24, Issue 2, pp 313-321.

Koistinen, J., Airaksinen, O., Grönblad, M., Kangas, J., Kouri, J-P., Kukkonen, R., Leminen, P., Lindgren, K-A., Mänttari, T., Paatelma, M., Pohjolainen, T., Siitonen, T., Tapanainen, M., Wijmen, P. & Vanharanta, H. 1998. Selän rakenne, toiminta ja kuntoutus. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Kyröläinen, H. 1998. Liikuntabiologinen näkökulma toimintakykyyn. Teoksessa: Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. (toim. Toiskallio, J). Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Ykkös-offset Oy, Vaasa.

Kyröläinen, H., Santtila, M., Palvalin, K., Lipponen, J., Ohrankämmen, O., Rintala, H., Koski, H., Viskari, J., Karinkanta, J. & Lindholm, H. 2003. Taistelija 2005 – Fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta. Julkaisusarja 3, Nro 6. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos.

Leppänen, M., Aaltonen, S., Parkkari, J., Heinonen, A. & Kujala, U. M. 2013. Interventions to Prevent Sports Related Injuries: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Sports Medicine*. April 2014, Vol 44:473–486.

Marshall, P. & Murphy, B. A. 2006. Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a Swiss ball. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006; 31: 376–383.

McArdle, W., Katch, F., Katch, V. 2007 *Exercise Physiology*. 6<sup>th</sup> Edition. Lippincott Williams & Wilkins.

McBride, J. M., Cormie, P. & Deane, R. 2006. Isometric Squat Force Output and Muscle Activity in Stable and Unstable Conditions. *J Strength Cond Res*. 2006. 20(4), 915-918.

McGill, S. M. 2001. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2001; 29(1):26–31.

Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. 2007. Valmentaminen käytännössä. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. 2007. *Urheiluvalmennus*, 410. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A., Björkqvist, S-E. 2006. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Werner Söderström Osakeyhtiö, Helsinki.

Netto, K. & Burnett, A.F. 2006. Neck muscle activation and head postures in common high performance aerial combat maneuvers. *Aviat Space Environ Med*. 2006 Oct; 77 (10), 1049-1055

- Nordin M., Frankel V.(2001) Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 3rd edition. Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia (PA), USA.
- Nourbakhsh, M. R. & Arab, A. M. 2002. Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002; 32(9):447–460.
- Nummela, A., Keskinen, K. L., Vuorimaa, T. 2007. Kestävyys. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. 2007. *Urheiluvalmennus.* Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Oksa, J., Rissanen, S., Hämäläinen, O., Myllyniemi, J., Kuronen, P. 1996. Muscle strain during aerial combat manouvering exercises. *Aviat Space Environ Med.* 1996 Dec; 67(12):1138–43.
- Panjabi, M. M. 1992. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord.* 1992 Dec; 5(4):390–396, discussion 397.
- Pihlainen, K., Santtila, M., Ohrankämmen, O., Ilomäki, J., Rintakoski, M., Tiainen, S. 2011. *Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja. 2. painos.* Edita Prima Oy.
- Rintala, H. 2012. *Sotilaslentäjän fyysinen suorituskyky sekä työperäiset tuki- ja liikuntaelinoireet.* Maanpuolustuskorkeakoulu. Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos. Julkaisusarja 1, N:o 10 / 2012. ISBN 978-951-25-2375-7 (PDF)
- Rintala, H., Paalimäki, H., Santala, E. 1996. Lentäjän tarvitsema suorituskyky. Teoksessa: Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä
- Sarantola, M. 2012. *HN-ohjaajan nesteytystarve kuormittavassa lentopalveluksessa.* EUK - tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- Sovellus, R. 2014. *Cervical Loading Analysis of Fighter Pilots.* Väitöskirja. Tampereen yliopisto. ISBN 978-951-44-9377-5 (PDF)

Sovellus R, Oksa J, Rintala H, Huhtala H, Ylinen J, Siitonen S. Trampoline exercise vs. Strength training to reduce neck strain in fighter pilots. *Aviat Space Environ Med* 2006; Jan; 77(1):20-5.

Teppo, M. 2006. Lentokadetin isometrisen maksimivoiman ja dynaamisen kesto-voiman viitearvot – testausta muodon vuoksi? Pro Gradu -tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu.

Toiskallio, J. 1998. Sotilaspedagogiikan perusteet. Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Tomljanović, M., Spasić, M., Gabrilo, G., Uljević, O. & Foretić, N. 2011. Effects of five weeks of functional vs. traditional resistance training of anthropometric and motor performance variables. *Kinesiology* 43 (2), 145–154.

Työterveyslaitos. Asiantuntijalausunto, 9.3.1995

UNIQ Performance. 2015. Toiminnallinen harjoittelu. Viitattu 1.3.2015. <http://uniqperformance.com/info/harjoittelua-elamaa-varten/>

Vapaavuori, E., Sorsa, M., Nurmi, L., Kuronen, P. 1992. Lentävä ihminen. Valtion painatuskeskus, Helsinki.

Vesaluoma, K. 2014. Uusia elämyksiä ja kehonhallintaa. Toimintatutkimus toiminnallisesta harjoittelusta osana koululiikuntaa. Pro Gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.

Viitasalo, J. 1987. Lihasvoiman harjoittamisen ja mittaamisen biomekaniikka ja fysiologia. Teoksessa Viitasalo, J., Raninen, J. & Liitsola, S. 1987. Voimaharjoittelu – perusteet ja käytännön toteutus. 2. painos. Gummerus Oy, Jyväskylä.

Weineck, Jürgen. 1982. Optimaalinen harjoittelu. Valmennuskirjat Oy, Helsinki.

Weiss, T., Kreitinger, J., Wilde, H., Wiora, C., Steege, M. & Dalleck, L. 2010. Effect of functional resistance training on muscular fitness outcomes in young adults. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2010, 8 (2), 113–122.



Whinnery, J.E. 1987. Fighter Pilots Are World Class Athletes. JACC Vol 10, No. 3. Sep; 1987:718.

[www.ilmavoimat.fi](http://www.ilmavoimat.fi) (21.7.2014)

### **Julkaisemattomat lähteet**

Kyröläinen, H. 2014. Kuormitusfysiologia -kurssin opetusmateriaali. PowerPoint-esitys. Perustuu teokseen: McArdle, W., Katch, F., & Katch, W. 2007. Exercise physiology. Energy, Nutrition and Human performance. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia.

## **LIITTEET**

LIITE 1: Käsiteluettelo

LIITE 2: Mitä mahdollisuuksia toiminnallinen harjoittelu antaisi hävittäjälentäjän fyysiseen harjoitteluun? (Taulukko)

## KÄSITELUETTELO

**Black out:** Positiivisesta kiihtyvyydestä johtuva näkökyvyn menetys

**Fyysinen kuormittuminen:** Yksilön altistuminen ulkoiselle ärsykkeelle, joka vaatii elimistöä toimimaan lepotilaa tehokkaammin

**G-LOC:** Positiivisesta kiihtyvyydestä johtuva tajunnan menetys, G-induced Loss of Consciousness

**Grey out:** Positiivisesta kiihtyvyydestä johtuva ääreisnäön menetys, näkökentän harmaantuminen

**G-sietokyky:** Ihmisen luontainen kyky sietää positiivisen kiihtyvyyden aiheuttamia fysiologisia vaikutuksia

**Positiivinen kiihtyvyys/+Gz:** Päästä jalkoihin suuntautuva inertiaavoima, koneen kaartaessa positiivinen kiihtyvyys painaa lentäjää kohti istuinta

**Sentrifugi/ihmissentrifugi:** Laite, jolla voidaan simuloida ilmataisteluissa syntyviä positiivisia kiihtyvyyksiä. Käyttö ilmailulääketieteen ohella ilmailufysiologisiin tarkoituksiin.

Mitä mahdollisuuksia toiminnallinen harjoittelu antaisi hävittäjäalentäjän fyysiseen harjoitteluun?

AIHE	MAHDOLLISUUS (hyöty/vaikutus)	TOTEUTUSTAPA
Valtavasti harjoitusinterventioita	+motivaation ylläpito +sopiva harjoite halutuille lihaksille/lihasryhmille	monipuolinen harjoitusvälineiden käyttö
Voiman kehittyminen (suuret lihasryhmät)	+erilainen harjoitusärsyke +mahdollistaa tehokkaan vastaponnistuksen	voimaa kehittävät harjoitteet, lisäpainojen käyttö, moninivel-liikkeet, stabiili alusta
Voiman kehittyminen (keskivartalo)	+tutkitusti toimiva +tukee keskivartaloa kovissa kiihtyvyyksissä	epästabiili alusta
Palauttavat harjoitteet	+palautumisen nopeuttaminen	matala intensiteetti, aktiiviset harjoitukset ja -venytykset
Huoltavat/kuntouttavat harjoitteet	+vammakohdan vahvistaminen ja kuntouttaminen	epästabiili alusta, harjoitusvälineet
Edullisuus	+ei vaadi erityisiä välineitä tai laitteita, harjoitusvälineet edullisia (vrt. kuntosalilaitteet)	edullisimmillaan kehonpainolla, pienvälineet eivät ole kalliita
Harjoituspaikka	+ei vaadi erityistä tilaa (sisällä tai ulkona)	harjoituksia voi toteuttaa paikasta riippumatta
Kehon yhteistoiminnan kehittäminen (kineettiset ketjut)	+suorituksen taloudellisuus parane +tärkeä ennen kaikkea vastaponnistuksessa +hyvä kehonhallinta auttaa myös voimaharjoittelussa	keskittymistä vaativat moninivel-liikkeet, tasapainon ylläpitäminen (mahd. epästabiili alusta), monivaiheinen liike
Työperäisten TULE-vammojen ennaltaehkäisy (mahdollisesti)	+vahva ja toimiva keho vastustaa paremmin kiihtyvyysoimia ja palautuu nopeasti	vaihtelevat suorituskykyä kehittävät ja palauttavat harjoitukset oikealla syklillä
Muiden fyysisten ominaisuuksien kehittyminen: liikkuvuus ketteryys kestävyys	+liikkuvuus ja ketteryys ehkäisevät vammojen syntymistä +kestävyys auttaa kestäämään rästusta ja nopeuttaa palautumista	toiminnalliset kuntopiirit, joissa monentyyppisiä harjoitteita, erityisharjoitteet
Harjoittelusta syntyvien vammojen ehkäisy	+harjoittelu ei itsessään (välttämättä) aiheuta paljon loukkautumisia	riittävät palautumisajat harjoituskertojen välillä (ehkäisee ylikuormittumista), harjoitusliikkeiden valinta ja tekniikat