



HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN KAULARANGAN KUORMITTUMINEN TÄHTÄYSASENNOISSA

Iida Lämsä
Teemu Nieminen

Opinnäytetyö
Elokuu 2013
Fysioterapian koulutusohjelma

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Fysioterapian koulutusohjelma

IIDA LÄMSÄ & TEEMU NIEMINEN:

Hävittäjälentäjän kaularangan kuormittuminen tähtäysasennoissa

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 1 sivua

Elokuu 2013

Hävittäjälentäjän kaularangan rappeuma on hyväksytty ammattitaudiksi vuodesta 1995 lähtien. Lennon aikana hävittäjälentäjän etsiessä objektia eri tähtäysasennoilla kaularanka joutuu toimimaan ääriasennoissa. Pään ja kaularangan toiminta on korostunut uuden kypärätähtäinkypärän (JHMCS) käyttöönoton myötä, mikä on lisännyt kaularangan alueen kuormittumista kiihtyvyysoimien vaikutuksen alla.

Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä. Yhteistyökumppanina toimi Satakunnan Lennosto. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Satakunnan Lennostossa järjestettävän Kypäräkoulun oppimateriaalia. Uuden oppimateriaalin tavoitteena on lisätä hävittäjälentäjien tietämystä kaularangan rakenteesta ja toiminnasta sekä tähtäysasentojen kuormittavuudesta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kirjallisuuteen perustuen, miten JHMCS-kypärää käyttävän hävittäjälentäjän kaularangan rakenteet kuormittuvat neutraalissa istuma-asennossa kiihtyvyysoimien alla. Laskimme kaularangan ojentajalihaksilta vaadittua voiman määrää, jotta saisimme havainnollistettua työn kuormittavuutta kaularangan osalta.

Laskennallisten tuloksien mukaan hävittäjälentäjän kaularangan kuormituksen määrä moninkertaistuu kiihtyvyysoimien kasvaessa ja pelkästään kypärän paino lisää kaularangan lihaksien kuormitusta 166 % neutraalissa istuma-asennossa + 1 G_z vallitessa. Kaularangan lihaksistolta vaaditaan suurempaa voimaa, kun kiihtyvyysoimat kasvavat. Kiihtyvyysoimista aiheutuvan kuormituksen vuoksi tulisi entistä enemmän kiinnittää huomiota tähtäysasentojen oikeisiin liikemalleihin. Jatkotutkimuksena olisi hyvä selvittää hävittäjälentäjien kokemuksia Kypäräkoulun sisällöstä ja toteutuksesta. Keskeinen kysymys myös on, kuinka paljon niskanlihaksien voima- ja kestävyysharjoittelua hävittäjälentäjän koulutukseen sisältyy ja tulisiko harjoittelun määrää lisätä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Physiotherapy

IIDA LÄMSÄ & TEEMU NIEMINEN:
Neck Loading During Sight Motions in Fighter Pilot

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 1 page
August 2013

The objective of this study was to develop new educational material to be used at Helmet School organized by Satakunta Air Command. The purpose was to conduct a study on how acceleration forces affect a fighter pilot's neck structures during sight motions.

This study was carried out as a project. Fighter pilot's neutral neck position in neutral sitting posture and load heading to neck were compared under $+1G_z$, $+2 G_z$ and $+7 G_z$ load. Information about the loading on the neck structures loading in different sight movements, were collected from literature.

The results revealed that the loading caused by acceleration multiplied the neck loading in neutral sitting posture with JHMCS-helmet during high $+ G_z$ forces in comparison to neck loading in neutral sitting posture without the helmet. Higher neck muscle strength is needed under high acceleration forces.

Fighter pilot's work is more straining than that of many other professionals. It is important that a fighter pilot is aware of the effects of acceleration in sight motions. Further study is required to examine how big a role the neck strength training program has in fighter pilots education.

Key words: fighter pilot, acceleration, $+ G_z$ forces, helmet school

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN KOULUTUS.....	7
2.1	Hävittäjäalentäjän koulutuksen hakukriteerit	7
2.2	Kypäräkoulu.....	7
3	KAULARANGAN RAKENNE JA TOIMINTA.....	9
3.1	Yläkaularanka C1-C2	9
3.2	Alakaularanka C2-C7	10
3.3	Välilevyt.....	11
3.4	Ligamentit	13
3.5	Kaularangan lihaksisto.....	14
3.5.1	Prevertebraaliset lihakset	14
3.5.2	Pinnalliset lihakset	16
3.5.3	Niskarusetti	17
3.6	Kaularangan liikelaajuudet	19
4	HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN TYÖN FYYSISET KUORMITUSTEKIJÄT.....	22
4.1	Kiihtyvyysoimat.....	22
4.2	Hävittäjäalentäjän kiihtyvyysoimien kestävyys	24
4.3	Hävittäjäalentäjän työvarusteet.....	24
4.4	Kiihtyvyysoimien vaikutus pään ja kaularangan alueelle.....	25
5	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS.....	28
6	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	29
6.1	Toteutustapa.....	29
6.2	Aikataulu.....	30
6.3	Lähdemateriaali	30
7	KAULARANGAN KUORMITTUMINEN ERI TÄHTÄYSASENNOISSA.....	31
7.1	Neutraali istuma-asento	31
7.2	Tähtäys pään maksimaalisessa taaksetaivutuksessa	34
7.3	Pystyasennossa suoritettava ”skannaus”.....	36
7.4	Esimerkki ohjaamon hyödyntämisestä tähtäyksen suorituksessa.....	38
7.5	Opinnäytetyön tuotos	39
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
9	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET.....	44
	LIITTEET	47
	Liite 1. Pinnalliset lihakset	47

ERITYISSANASTO

Anteriorinen	Etu-, Edessä sijaitseva
Extensio	Ojennusliike, ojennus
Flexio	Koukistusliike, koukistus
G-toleranssi	Hävittäjälentäjän kyky sietää kiihtyvyysoimia.
Inertia	Hitausvoima, joka vastustaa alkuperäisen kiihtyvyyden määrää.
Inferiorinen	Alhaalla, alempana sijaitseva
JHMCS	Joint Helmet-Mounted Cueing System, kypärätähtäinkypärä
Kiihdytysvoimat	G-voimat, Maan painovoiman tuottama kiihtyvyys
Lateraaliflexio	Sivutaivutus
Lateraalinen	Sivulla, kauempana mediaanitasosta
Mediaalinen	Keskellä, lähellä mediaanitasoa
Posteriorinen	Taka-, takana sijaitseva
Rotaatio	Kiertoliike, kiertyminen
Superiorinen	Ylhäällä, yläpuolella sijaitseva

1 JOHDANTO

Kaularangan alueen rappeuma on hyväksytty hävittäjälentäjien ammattitaudiksi vuodesta 1995 alkaen. Hävittäjälentäjän työn fyysisen kuormituksen vuoksi, lentäjän kaularangan rakenteet joutuvat suuren kuormituksen vaikutuksen alaiseksi. Kaularangan rakenteisiin kohdistuva kuormitus voi olla pitkä- tai lyhytkestoinen. Toistuva ja voimakas välilevyihin kohdistuva kuormitus tai välilevyn degeneraatio, voi johtaa välilevyn pulistumaan eli discus prolapsiin (Hervonen 2004, 85). Hävittäjälentäjillä välilevyrappeuma on vallitsevin ammattitauti (Uitti & Taskinen, 2011, 331).

Ilmavoimien Kypäräkoulu on työfysioterapeutin toteuttama ja sen sisältö koostuu teoriatunneista sekä videoanalyysistä. Teoriatunnit pitävät sisällään tietoa selkärangan anatomiaa, toiminnasta sekä kuormituksesta. Luennoilla käydään läpi myös yleistä istumisergonomiaa sekä ohjaamossa tapahtuvien tähtäysliikkeiden kuvauksia. Kypäräkoulun tavoitteena on lisätä lentäjien tietoisuutta selkärangan kuormituksesta lentojen aikana ja mahdollisuuksista vaikuttaa työasentoon. Tavoitteena on myös parantaa operatiivista tehokkuutta sekä ennaltaehkäistä ja vähentää tuki- ja liikuntaelimestön ongelmia.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää opetusmateriaalia Satakunnan Lennoston Kypäräkouluun. Opetusmateriaali tulee sisältymään uutena osana aikaisempaan Kypäräkoulun luentomateriaaliin. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kirjallisuuteen perustuen, minkälaiset kompressio- ja kiihdytysvoimat kypärätähtäinkypärää (JHMCS) käyttävän, F-18 -suihkuhävittäjällä lentävän hävittäjälentäjän kaularankaan kohdistuvat. Lisäksi opinnäytetyössä on laskettu kaularangan ojentajalihaksilta vaaditun voiman määrää erilaisten kiihtyvyysoimien vaikutuksen alla. Opinnäytetyön avulla lisätään hävittäjälentäjän tietoisuutta työnsä kuormittavuudesta. Opinnäytetyössä perehdytään niskan rakenteiden haitalliseen kuormitukseen kolmessa eri tähtäysasennossa ja syvennyttään kaularangan C1-C7 rakenteeseen sekä toimintaan.

2 HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN KOULUTUS

2.1 Hävittäjälentäjän koulutuksen hakukriteerit

Hävittäjälentäjän työhön pääsy edellyttää määrättyjen vaatimusten toteutumista. Lentosotakouluun haku on moniosainen, koostuen fysiologisten sekä psykologisten ominaisuuksien testauksista. Lentosotakouluun hakevan ominaisuuksien tulee vastata asetettuja fysiologisia ja fyysisiä rajoja.

Työnhakijan tulee omata hyvä fyysinen kunto. Lentäjän tehtävissä tarvitaan huomattavaa voimaa sekä kestävyyttä. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 82.) Hakijan pituus saa olla 165-190cm välillä ja paino 55-92kg. Selän istumapituus tulee olla 81-100cm ja reiden pituus 55-67cm välillä. (Lentosotakoulu 2013) Strategiset mitat ovat tarkat johtuen lentokoneiden rajallisesta työtilasta. Silmä- ja piilolinsejä tai laserleikkauksella korjattua näköä ei ole sallittu, mutta vuoden 2013 alusta alkaen silmälasit tietyin rajoituksin sallitaan. Lentäjän edetessä kadettikoulutusvaiheeseen näkökyky voidaan tarvittaessa korjata laserleikkauksella. Myös värinäön tulee olla virheetön. Näön täytyy olla molemmissa silmissä vähintään 1.25 Landoltin C-taululla. (Lentosotakoulu 2013)

Hakijan pitää olla perusterve sekä lähtökohtaisesti selkäoireeton ja normaaliryhtinen. Lentosotakoulun kuntotesteihin kuuluvat polkupyöräergometri- ja lihaskuntotesti, jotka tutkitaan varuskuntasairaalan tai Ilmailulääketieteen keskuksen (AMC) tutkimuksissa. (Lentosotakoulu 2013) Lihaskuntotesti sisältää vauhdittoman pituushypyn, vatsalihasliikkeen sekä etunojapunnerruksen. Lihaskuntotestien minimi vaatimustaso on seitsemän yhteispistettä. Testitulos on tyydyttävä, mikäli hakijan kokonaispistemäärä on 7-9 pistettä. Maksimissaan lihaskuntotesteistä voi saada 15 yhteispistettä, joka vastaa kiitettävää tasoa.

2.2 Kypäräkoulu

Hävittäjälentäjät osallistuvat koulutuksensa aikana lennostossa järjestettävään Kypäräkouluun. Kypäräkoulu on työfysioterapeutin toteuttama kokonaisuus, joka koostuu teoriatunneista sekä videoanalyysistä. Teoriatunnit pitävät sisällään tietoa tukirangan ana-

tomiasta, toiminnasta sekä kuormituksesta. Luennoilla käydään läpi myös yleistä istumisergonomiaa sekä ohjaamossa tapahtuvien sopivien tähytysliikkeiden kuvauksia (Kokkonen 2010).

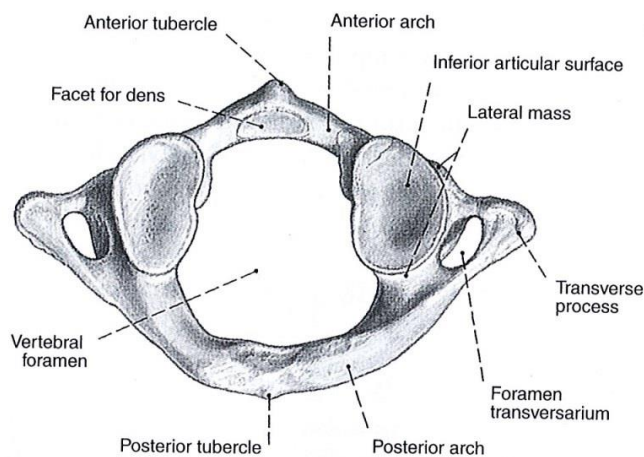
Kypäräkoulun tavoitteena on lisätä lentäjien tietoisuutta tukirangan kuormituksesta lentojen aikana ja mahdollisuuksista vaikuttaa työasentoon. Tavoitteena on myös parantaa operatiivista tehokkuutta sekä ennaltaehkäistä ja vähentää tuki- ja liikuntaelimestön ongelmia. Videoanalysoinnin avulla voidaan antaa yksilöllistä palautetta ja ohjausta tukirankaa vähemmän kuormittaviin liikemalleihin. Työfysioterapeutti käy videoinnin läpi yhdessä lentäjän kanssa, ja antaa palautetta tähytysten liikemallien suorituksista. Analysoinnilla selvitetään lentäjän yksilöllinen ohjaamotyöskentelyn ergonomia (Kokkonen 2010).

3 KAULARANGAN RAKENNE JA TOIMINTA

3.1 Yläkaularanka C1-C2

Kaularanka jaetaan yläosaan C1-C2 ja alaosaan C3-C7 nikamien rakenteiden ja toiminnallisuuden mukaan (Hertling & Kessler 1996, 528). Kaularangan rakenteen ja toiminnan ymmärtäminen auttaa hävittäjäalentäjää toimimaan paremmin työssään, koska tähtäys tapahtuu katseella sekä pään että kaularangan liikkeillä.

Kaularangan kaksi ylintä kaulanikamaa C1-C2, atlas ja axis, muodostavat yläkaularangan ja ne poikkeavat rakenteeltaan muista selkärangan nikamista. Ensimmäinen kaulanikama eli kannattajanikama (atlas) eroaa muista nikamista siten, että se ei omaa varsinaista nikamarunkoa vaan sen muoto on rengasmainen. (Hamill & Knutzen 2009, 265; Airaksinen ym. 2005, 348; Moore, Dalley & Agur 2010, 446.) Atlaksen rengasmaisen rakenne muodostuu anterioirisesta ja posteriorisesta kaaresta (Airaksinen ym. 2005, 348). Rengasmaisen rakenteen lisäksi atlaksen etu- ja takakaaret ovat sirot (Reichert 2008, 176). Kuvassa 1. on kuvattu atlaksen rakenne yläpuolelta eli superiorisesti.



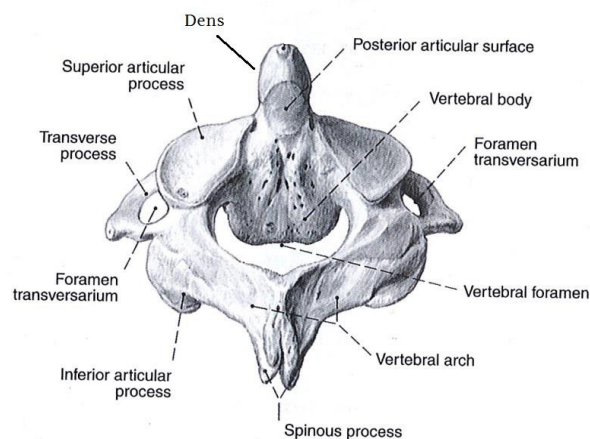
KUVA 1. Atlas C1 (Hamill & Knutzen 2009, 265)

Atlaksen sivuosissa sijaitsevat paksuuntumat (massa lateralis), joiden ylä- ja alapuolella sijaitsevat nivelpinnat. Superioriset nivelpinnat ovat koverat ja muodostavat C0-C1-nivelet occipitaalikondyylien kanssa. (Reichert 2008, 177.) Etukaari (arcus anterior) yhdistää lateraaliset paksuuntumat toisiinsa (Hervonen 2004, 75). Pään paino jakautuu

atlaksen paksuuntumien osalle (Airaksinen ym. 2005, 348; Moore, Dalley & Agur 2010, 446).

Poikkihaarakkeet ovat atlaksessa suuret, mutta sillä ei ole okahaaraketta (processus spinosus). Suuret poikkihaarakkeet tekevät atlaksesta kaularangan leveimmän nikaman (Moore, Dalley & Agur 2010, 446; Reichert 2008, 177). Okahaarake on korvautunut posterioriseen kaareen liittyvällä posteriorisella kyhmyllä (tuberculum) ja anterioriseen kaareen anteriorisella kyhmyllä (kuva 1) (Airaksinen ym. 2005, 349; Reichert 2008, 176).

Toinen kaulanikama eli kiertonikama (aksis) on vahvin kaikista kaularangan nikamista (kuva 2). Pään paino välittyy aksiksen kautta (Hamill & Knutzen 2009, 266; Moore, Dalley & Agur 2010, 446). Aksiksen ominainen rakenne on hammas (dens), joka niveltyy ensimmäisen kaulanikaman anteriorisen kaaren sisäpintaan. Densin dorsaalipuoli niveltyy ligamentum transversum atlantikseen. Vahva poikkiside (lig. transversum) estää densiä painumasta kohti selkäydintä. (Moore, Dalley & Agur 2010, 446.)

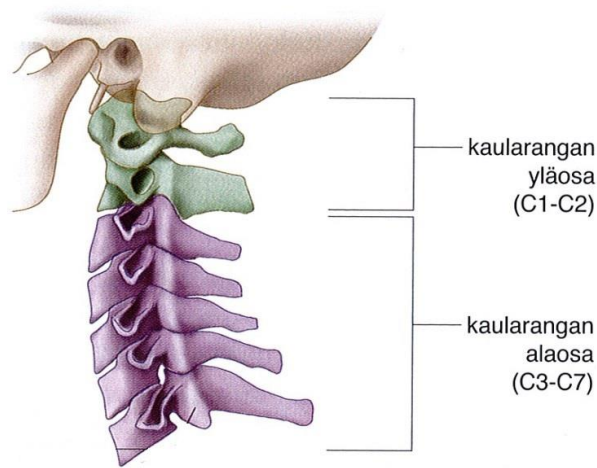


KUVA 2. Aksis C2 (Hamill & Knutzen 2009, 265, muokattu)

3.2 Alakaularanka C2-C7

Alakaularanka muodostuu C2-C7 kaulanikamista (kuva 3), jotka ovat rakenteeltaan samankaltaisia kuin rinta- ja lannerangan nikamat. Alakaularangassa poikkihaarakkeet ovat lyhyet mahdollistaen paremman liikkuvuuden. (Hertling & Kessler 1996, 528; Moore, Dalley & Agur 2010, 446.) Seitsemäs kaulanikama C7 poikkeaa muista kaularangan nikamista, koska sen okahaarake on suurikokoinen. Seitsemäs kaulanikama

muistuttaa rakenteeltaan rintarangan nikamia. Suurikokoinen okahaarake toimii ”maamerkkinä”, koska se on helposti tunnusteltavissa melkein jokaiselta henkilöltä. (Hervonen 2004, 77.) Fasettinivelet ovat alakaularangassa sagittaalitasossa noin 45 asteen kulmassa. Tämä mahdollistaa liikesegmenttien ohjauksen sekä kestävyuden sietää kuormittavia voimia. (Hertling & Kessler 1996, 528.) Kaularangan nikamien yhteisiä luonteenomaisia piirteitä ovat: suhteellisen pieni koko, suuri liikkuvuus sekä poikkihaarakeissa oleva aukko (foramen transversum), jonka läpi nikamavaltimo (arteria vertebralis) kulkee (Airaksinen ym. 2005, 343-344; Moore, Dalley & Agur 2010, 984).



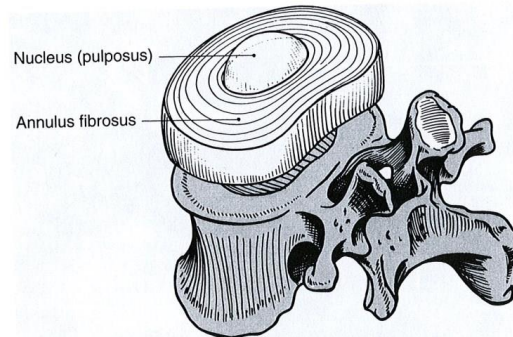
KUVA 3. Kaularangan jäsentely (Reichert 2008, 171)

3.3 Välilevyt

Välilevy on rakenne, joka yhdistää nikamat vahvalla siteellä toisiinsa. Sen tehtävänä on tukea selkärankaa, jakaa tasaisesti selkärangalle kohdistuva kuormitus, toimia iskunvaimentimena sekä estää liiallinen liike nikamien välisissä segmenteissä. (Hamill & Knutzen 2009, 261-262; Moore, Dalley & Agur 2010, 464.) Nikamien välisen liitoksen yhdistäjänä, välilevy mahdollistaa kuormituksenalaisen liikkeen (Airaksinen ym. 2005, 55). Välilevyt muodostavat 20-25 % selkärangan pituudesta. Kaularangan ensimmäisen ja toisen nikaman välillä ei ole välilevyä. (Moore, Dalley & Agur 2010, 464-465.)

Välilevyt koostuvat kuvassa 4. näkyvästä ytimestä (nucleus pulposus), ydintä ympäröivästä syykehästä (anulus fibrosus) ja välilevyn nikamiin yhdistävästä hyaliinirustoisesta päätelevystä (Airaksinen ym 2005, 54; Moore, Dalley & Agur 2010, 464; Platzer 2009, 54). Nucleus pulposus on hyytelömäistä ainetta sisältäen 70-90 % vettä. Hyytelömäisen

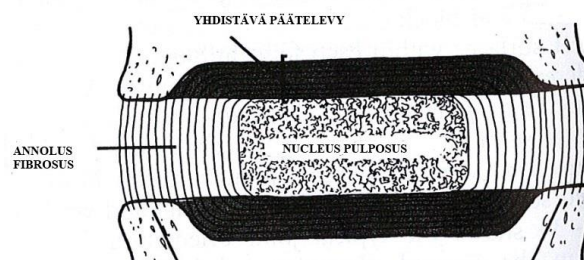
rakenteen ansiosta, ydin toimii iskunvaimentimena. Sen tehtävänä on jakaa kuormitus peräkkäisille nikamille. Selkärankaan kohdistuvan kompression aikana ydin laajenee ja jännityksessä pienenee. (Moore, Dalley & Agur 2010, 465; Neumann 2002, 273.)



KUVA 4. Välilevyn rakenne (Neumann 2002, 274)

Anulus fibrosus on rakentunut kollageenisäikeistä, jota nucleus pulposus pitää jännittyneenä. Voimakas ja rengasmaisen rakenne ympäröi välilevyn ydintä. (Hervonen 2004, 85; Platzer 2009, 54.) Kompression aikana välilevyn nestemäärä vähenee ja säikeiden kulma suurenee (Hamill & Knutzen 2009, 261-262).

Nikamia yhdistävät päätelevyt sijaitsevat nikamarunkojen superiorisella ja inferiorisella pinnalla (kuva 5). Syykehän kollageenisäikeet sulautuvat päätelevyihin. (Neumann 2002, 274.) Päätelevyt ovat muodostuneet ohuesta kerroksesta hyaliinirustoa, joka välittää painetta nucleus pulposukselta hohkaluulle (Hervonen 2004, 85).

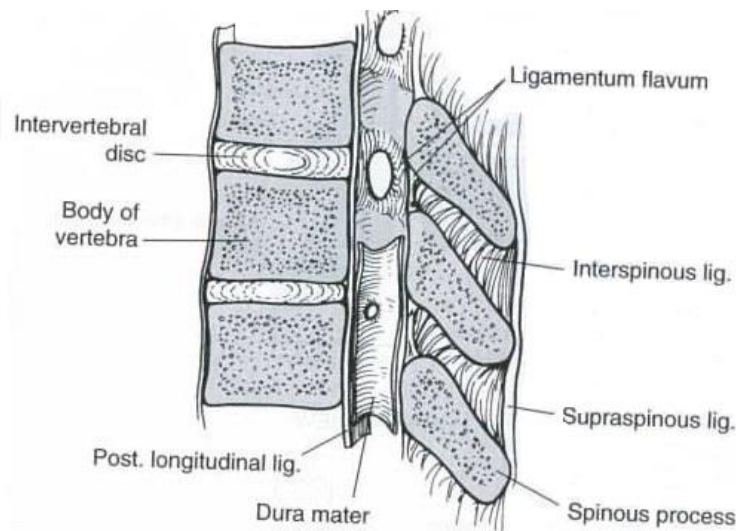


KUVA 5. Nikamia yhdistävä päätelevy (Neumann 2002, 274, muokattu)

Toistuva hävittäjäalentäjän kaularangan kuormitus voi aiheuttaa välilevyjen degeneratiivisia muutoksia tai välilevynpullistuman (Netto & Burnett 2006, 1049-1050). Välilevyrappeuma luokitellaan tietyin perustein hävittäjäalentäjän ammattitaudiksi (Uitti & Tasinen, 2011, 331).

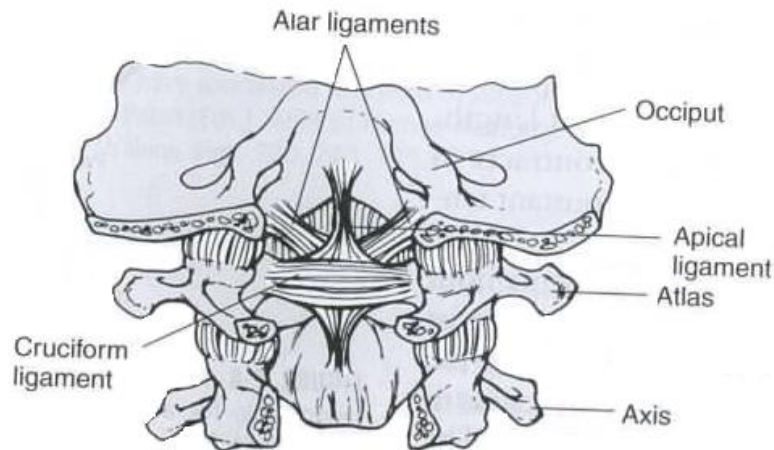
3.4 Ligamentit

Anterior ja posterior longitudinal ligamentit kulkevat nikamarunkojen edessä ja takana. Anterior longitudinal ligamentti lähtee atlas tuberculum anteriorista alaspäin nikamarunkojen anteriorista puolta aina sacrumiin asti. Se on vahvasti kiinni nikamarungoissa, mutta ei välilevyissä. Posterior longitudinal ligamentti on jakaantunut kahteen kerrokseen, syvään ja pinnalliseen, kulkien nikamarunkojen posteriorisella puolella (kuva 6). Pinnallinen kerros lähtee ikään kuin tectorial membranen jatkeena axiksen rungosta ja kiinnittyy L3-L4 nikamavälin välilevyyn. Syvä kerros edustaa jatkoa ligamentum cruciformille atlaksesta sacraali kanavaan. Longitudinaali ligamentit lisäävät selkärangan stabiiliutta koukistus/ojennus suuntaisessa liikkeessä ja ne suojaavat välilevyjä. (Platzer 2009, 60.)



KUVA 6. Kaularangan ligamentit (Hamill & Knutzen 2009,263, muokattu)

Ligament flavum kulkee nikamakaaria pitkin. Se reunustaa nikamaväliaukon (foramen intervertebrale) mediaali- ja dorsaalisivuja (kuva 6). Selkärankaa koukistaessa ligamentit venyvät ja auttavat palauttamaan selkärangan pystyasentoon. Ligament nuchae ulottuu ulkonevalta takaraivon harjulta kaularangan processus spinosuksiin. Ligament apical lähtee axiksen densistä ja kiinnittyy foramen magnumin anterioriseen reunaan (kuva 7). Ligament transversum yhdistää atlaksen kaksi lateraalista osaa, kulkien densin takaa stabiloiden sen. Ligament alarikset lähtevät densistä kiinnittyen foramen magnumin lateraalireunoihin suojaamaan atlaksen ja axiksen väliä liialliselta rotaatiolta (kuva 7). (Platzer 2009, 60.)



KUVA 7. Nikamia ja takaraivoluuta yhdistävät ligamentit (Hamill & Knutzen 2009,263 , muokattu.)

3.5 Kaularangan lihaksisto

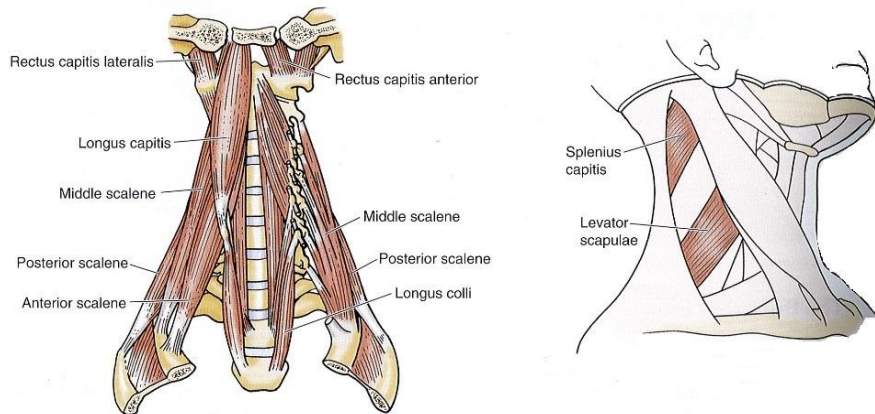
Lennonaikaisista tutkimuksista on käynyt ilmi, että lentäjien niskan lihaksilta vaaditaan korkeampaa voima- ja kestävyystasoa kuin tavalliselta ihmiseltä. Lentäjien niskan lihasten mahdollinen heikkous voi olla merkittävä altistava tekijä niskakivuille. Myös muut motorisen kontrollin häiriöt, kuten liikelaajuuden vähyys, huono proprioseptiikka, lihaskoordinaatio sekä lihasepätasapaino voivat olla isossa roolissa niskakipujen syntymisessä. (De Loose ym. 2009, 477.)

Niskan lihakset eivät toimi suoria linjoja pitkin, vaan enemmänkin toiminnallisina yksikköinä, joilla on monta toimintalinjaa. Niska-alueen lihakset nivoutuvat siis ennemminkin toiminnallisiksi kokonaisuuksiksi, eikä niinkään yksittäisiksi lihaksien toiminoiksi. Aktiivinen lihasten toiminta on vuorovaikutuksessa maan vetovoiman ja passiivisen ligamenttien toiminnan kanssa stabiloiden ja liikuttaen päätä. (Coakwell, Bloswick & Moser 2004, 69.)

3.5.1 Prevertebraaliset lihakset

Prevertebraaliset lihakset (kuva 8) jaetaan sijainnin mukaan anterovertebraalisiin ja laterovertebraalisiin lihaksiin (taulukko 1; taulukko 2). Lateraalivertebraaliset lihakset

sijaitsevat kaularangan sivuilla, kun taas anterovertebraaliset kaularangan etuosassa. Kumpikin lihasryhmä sijaitsee kaulanikamien sekä kaulan sisäelinten, kuten henkitorven välissä. (Moore, Dalley & Agur 2010, 1012.)



KUVA 8. Prevertebraaliset lihakset (Moore, Dalley & Agur 2010, 1012)

TAULUKKO 1. Anterovertebraaliset lihakset

Lihäs	Origo	Insertio	Funktio
M. longus colli	Corpus vertebrae C5-T3. Processus transversus C3-C5.	Tuberculum anterior C1. Corpus vertebrae C1-C3. Processus transversus C3-C6.	Koukistaa ja toispuoleisesti toimiesaan kiertää niska.
M. longus capitis	Tuberculum anterior processus transversus C3-C6	Basis os occipital	Pään eteentaivutus.
M. rectus capitis anterior	Lateralis anterior massa Atlas	Basis cranium. Occipital condylitis.	Pään eteentaivutus.
M. scalenus anterior	Costa I.	Processus transversus C3-C6	Pään eteentaivutus.

Prevertebraaliset lihakset ovat syviä lihaksia, jotka ovat kaulan faskioiden sisimmän kerroksen, prevertebraalifaskian peitossa (Moore, Dalley & Agur 2012, 1012). Kaularangan ja pään liikkeet eteenpäin ovat riippuvaisia siitä, miten kaularangan etupuoliset lihakset toimivat (Kapandji 1997, 228).

TAULUKKO 2. Lateraalivertebraaliset lihakset

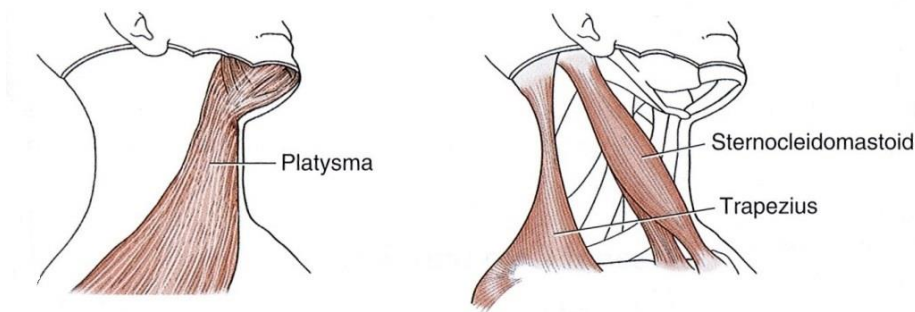
Lihäs	Origo	Insertio	Funktio
M. rectus capitis lateralis	Processus transversus Atlas.	Processus jugularis os occipital.	Pään eteentaivutus ja stabilointi.
M. splenius capitis	Pars lateralis processus mastoideus. Lateralis linea tertia superior nuchal	Ligament nuchae. Processus spinosus Th1-6	Toispuoleisesti toimiessaan kiertää ja taivuttaa päätä sivulle. Yhtäaikaan toimiessaan ojentaa päätä ja niskaa.
M. levator scapulae	Pars superior margo medialis scapulae.	C2-C6 posterior tuberculum processus transversus.	Kiertää lapaluun alakulmaa mediaalisesi kohti rankaa.
M. scalenus medius	Superior costa I. posterior sulcus arteriae subclaviae	C5-C7 posterior tuberculum processus transversus.	Niskan sivutaivutus ja ensimmäisen kylkiluun nosto voimakkaan sisäänhengityksen aikana.
M. scalenus posterior	Margo externum costa II	C5-C7 posterior tuberculum processus transversus.	Niskan sivutaivutus ja toisen kylkiluun nosto voimakkaan sisäänhengityksen aikana.

3.5.2 Pinnalliset lihakset

Kaularangan pinnallisiin lihaksiin kuuluvat m. trapezius, m. sternocleidomastoideus ja m. platysma (kuva 9), joiden tarkemmat kuvaukset löytyvät liitteestä 1. Musculus trapezius on kolmiosainen lihas, joka ulottuu kallonpohjasta lapaluiden kautta aina 12. rintanikamaan asti. Lihäs jaetaan laskevaan, poikittaiseen ja nousevaan osaan. Lihaksen osat voivat toimia yhdessä tai erikseen. Lihaksen toiminnot liittyvät niska-hartiaseudun liikuttamiseen. (Moore, Dalley & Agur 2010, 991.)

Musculus sternocleidomastoideus (SCM) on parillinen, kaksipäinen lihas. SCM kiertää ohimoluun lateraalipuolelta hartiarenkaan ventraalipuolelle, jossa se kiinnittyy solisluun lisäksi rintalastaan. SCM osallistuu niskan liikuttamiseen ja se voi toimia joko toispuoleisesti tai yhtäaikaisesti. (Moore, Dalley & Agur 2010, 991.)

Musculus platysma (kuva 9) on kasvojen alaosan ihosta, ihonalaiskudoksesta ja alaleuasta m. pectoralis majorin ja m. deltoideuksen lihaskalvoihin ulottuva lihas. M. platysma vetää suupieliä alaspäin, ilmentäen surullisuutta ja nostaa kaulan ihoa kraniaalisesti, kun hampaat purraa yhteen. (Moore, Dalley & Agur 2010, 991.)



KUVA 9. Pinnalliset lihakset (Moore, Dalley & Agur 2010, 991)

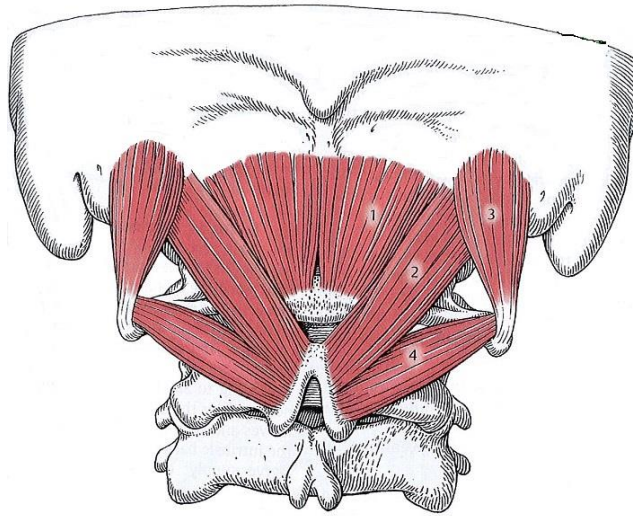
3.5.3 Niskarusetti

Niskarusetti käsittää neljä lihasta (kuva 10). Niskarusetin lihakset sijaitsevat syvällä kaularangan yläosassa. Niitä päällystää isommat lihakset kuten m. trapezius ja sternocleidomastoideus. Niskarusetin lihakset ovat pääosin asentoa ylläpitäviä lihaksia, mutta ne vaikuttavat myös pään liikkeisiin joko suoraan esim. ojentamalla sitä C1-nikamaan nähden tai epäsuorasti esim. tekemällä kiertoa C1-C2 nikamavälissä. (Moore, Dalley & Agur 2010, 492, 494.) Taulukossa 3. on kuvattu niskarusettiin kuuluvien lihasten tarkemmat lähtö- ja kiinnityskohdat sekä funktiot.

TAULUKKO 3. Niskarusetti

Lihäs	Origo	Insertio	Funktio
M. rectus capitis posterior major	Processus spinosus C2	Pars lateralis inferior linea nuchae	Takaraivolukannattajanikamanivelen ojennus. Toimii toispuoleisesti pään kiertäjänä.
M. rectus capitis posterior minor	Posterior arcus tuberculum posterior C1	Pars medialis inferior linea nuchae	Takaraivolukannattajanikamanivelen ojennus. Toimii toispuoleisesti pään kiertäjänä.
M. obliquus capitis inferior	Posterior arcus tuberculum posterior C2	Processus transversus C1	Toimii toispuoleisesti pään kiertäjänä.
M. obliquus capitis superior	Processus transversus C1	Occipital bone between superior and inferior nuchal lines.	Takaraivolukannattajanikamanivelen ojennus.

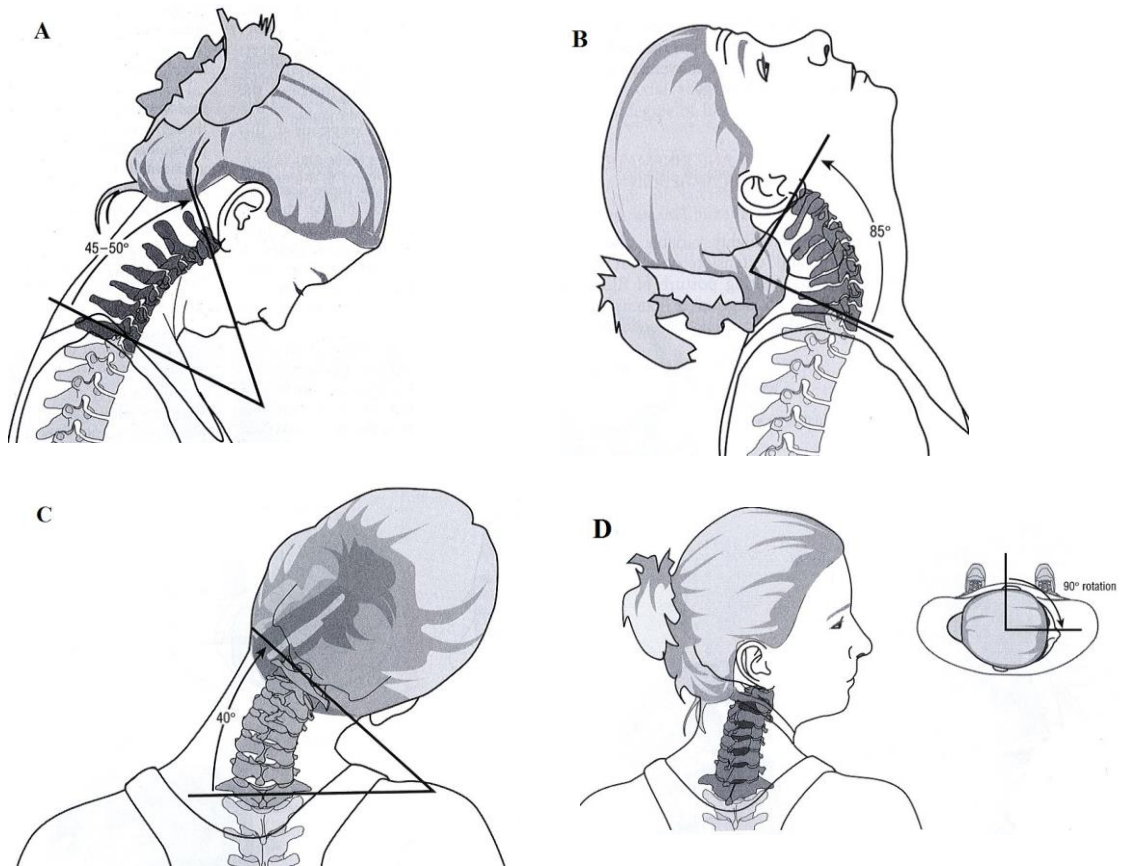
Kaularangan yläosan lihaksissa on voimakas proprioseptiivinen hermotus ja lihakset ovat tärkeitä kaularangan yläosan liikkeiden hienosäätelyssä (Reichert 2008, 182). Niskarusetin lihakset voivat toimia myötä tai vastavaikutteisesti alakaularangasta tuleviin liikkeisiin. Musculus obliquus capitis superior on niskarusetin lihaksista kaikkein vahvin. (Kapandji 1997, 232-234.)



KUVA 10. Niskarusetti: 1. m. rectus capitis posterior minor 2. m. rectus capitis posterior major 3. m. obliquus capitis superior 4. m. obliquus capitis inferior (Platzer 2009, 77)

3.6 Kaularangan liikelaajuudet

Kaularanka on selkärangan liikkuvin osa, jonka liikesuunnat ovat flexio-extensio, lateraaliflexio sekä rotaatio (kuva 11). Nivelkapseli on kaularangassa löyhä, sallien nivelpintojen liukumisen toisiinsa nähden kaikkiin suuntiin. (Hervonen 2004, 76.) Pään nyökkäysliike tapahtuu pääasiassa takaraivoluun ja ensimmäisen kaulanikaman välissä ja rotaatio kahden ensimmäisen kaulanikaman välissä (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 2008, 110-111).



KUVA 11. Kaularangan liikelaajuudet: A. Fleksio 45-50° B. Extensio 85° C. Lateraaliflexio 40° D. Rotaatio 90° (Neumann 2002, 280-286, muokattu)

Kaularangan asento on takaa notko (lordoosi). Neutraalissa asennossa kaularanka on noin 30-35 asteen extensiossa. (Kapandji 1997, 216; Neumann 2002, 279.) Pään ja niskan lateraaliflexio tapahtuu kaikissa kaularangan nikamanväleissä yhteisesti (Nienstedt ym. 2008, 110-111). Taulukossa 4 on kuvattu kaularangan flexio-extensio-suuntaisen liikkuvuuden arvoja asteina. Kokonaisliikkuvuus kaularangassa flexio-suuntaan on 45-50 astetta ja extensio suuntaan 85 astetta (Neumann 2002, 278). Flexio-suuntainen liikkuvuus on suurinta kaularangassa, kun verrataan kaula-, rinta- ja lannerangan liikkuvuuksia (Moore, Dalley & Agur 2010, 470).

TAULUKKO 4. Kaularangan segmentaalisen liikkuvuuden arvoja asteina (Airaksinen ym. 2005)

Liikesegmentti	Fleksio-ekstensio	Lateraalifleksio	Rotaatio
C0	13	8	0
C1	10	0	47
C2	8	10	9
C3	13	11	11
C4	12	11	12
C5	17	8	10
C6	16	7	9
C7	9	4	8

Kaularangan yhtenäinen lateraaliflexio-liike on keskimäärin 40-45 astetta, ja liike tapahtuu C2-C7 segmenttien välillä (Kapandji 1997, 214; Neumann 2002, 278). Maksimaalinen lateraaliflexio tapahtuu segmenteistä C2-C4 (Hamill & Knutzen 2009, 268). Airaksisen ym. (2005) esittämässä taulukossa C2-C4 segmenttien liikkuvuus on 10-11 astetta. Lannerangan sekä kaularangan lateraaliflexion asteet ovat suuremmat, kuin rintarangassa (Moore, Dalley & Agur 2010, 470).

Kaularangan liikesuunnista rotaation liikelaajuus on suurin. Rotaation suuruus kaularangassa vaihtelee 80-90 astetta molempiin suuntiin. (Kapandji 1997, 214; Reichert 2008, 173.) Rotaation suuruus on noin 5 astetta kannattajanikama-takaraivonivelessä (atlanto-occipital C0-C1) ja atlanto-axiaalisessa (C1-C2) nivelessä noin 40 astetta (Kapandji 1997, 214). Rotaation liikelaajuus perustuu fasettinelven nivelpintojen suuntiin. Rotaatiossa oikealle seuraa aina sivutaivutus oikealle riippumatta siitä, onko kaularanka extensio- tai flexio-asennossa. (Reichert 2008, 173.)

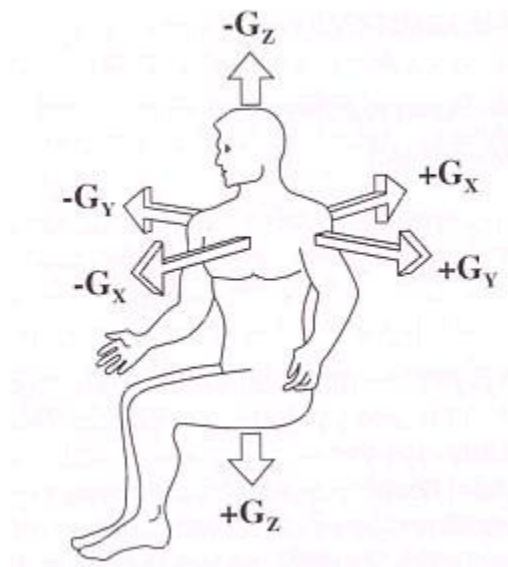
Hävittäjälentäjillä pään ja kaularangan asento muuttuu ilmataisteluliikehännän aikana. Lentäjä saattaa tehdä noin 600 tähtäysliikettä tunnissa lennon aikana (Tiitola 2013). Kypäräkoulun tarkoituksena on antaa lentäjille ohjausta oikeiden tähtäysasentojen liikestrategioiden käyttöön. Kaularangan liikkuvuus eroaa henkilön iän ja sukupuolen mukaan (Reichert 2008, 173).

4 HÄVITTÄJÄLENTÄJÄN TYÖN FYYSISET KUORMITUSTEKIJÄT

4.1 Kiihtyvyysoimat

Kiihtyvyysoimat (G-voimat) ovat suurin fyysisen kuormituksen aiheuttava tekijä hävittäjälentäjän työssä. Korkeat kiihtyvyysoimat sekä muut tekijät altistavat lentäjän psyykkisille ja fyysisille kuormituksille, jotka voivat pahimmillaan aiheuttaa äkillisen tajunnan menetyksen (G-LOC). Kiihtyvyysoimien merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat tukirankaan, lihaksistoon, hengitykseen sekä verenkiertoon. Pitkäaikainen ja toistuva altistuminen korkeille kiihtyvyyksille, on todettu lisäävän kulumamuutoksia kaularangan välilevyissä. (Kanninen ym. 1998, 12.)

Kiihtyvyysoimiin sisältyy neljä erilaista peruskäsitettä: nopeus, kiihtyvyys ja hidastuvuus sekä inertia. Nopeudella tarkoitetaan matkaan kuluvaa aikaa. Kiihtyvyydellä ja hidastumisella tarkoitetaan nopeuden muutosta. Inertialla eli hitausvoimalla tarkoitetaan voimaa, joka on samansuuruinen kiihtyvyyden kanssa vastustaen alkuperäistä kiihtyvyyttä. Kiihtyvyyden fysiologiset vaikutukset aiheutuvat inertiasta. (Kanninen ym. 1998, 12-13.)



KUVA 12. Kiihtyvyyso- ja hidastusvoimien luokittelu vaikutussuunnan mukaan. (Vaapaavuori ym. 1992)

G-voimien aiheuttamista haitoista sotilaslentäjillä painotetaan positiivista kiihtyvyyttä (+ G_z), toisin sanoen kiihtyvyyttä päästä kohti jalkoja. Fysiologiset vaikutukset ilmaantuvat päästä jalkoihin kohdistuvassa inertiassa. (Kanninen ym. 1998, 13.) Kiihtyvyyden ja hidastusvoimien vaikutussuunnat on esitetty edellä kuvassa 12. Taulukossa 5 on kuvattu, minkä suuntainen inertiavoima on hävittäjälentäjän suorittamissa lentoliikkeissä.

TAULUKKO 5. Inertiavoiman suunta ja lentoliikkeet (Kanninen ym. 1998, 13, muokattu)

INERTIAVOIMAN SUUNTA	LENTOLIIKE
+ G_z (päästä jalkoihin)	Oikaisut syöksystä, silmukat ja kaarrot
- G_z (jaloista päähän)	Oikaisu noususta ja ulkopuoliset liikkeet
+ G_x (rinnasta selkään)	Lähtökiihdytys
- G_x (selästä rintaan)	Nopeajarrutus (jarrusiivekkeen käyttö)
+/- G_y (sivulta toiselle)	Sivuttaisliikkeet

Kiihtyvyysoimat luokitellaan (taulukko 6) vaikutuksen keston mukaan lyhyeen, keskipitkään ja pitkäaikaiseen kiihtyvyyteen. Vaikutusajan lisäksi kiihtyvyyden muutoksella sekä G-voimien vaikutustasolla on merkittäviä fysiologisia vaikutuksia. (Kanninen ym. 1998, 14.)

TAULUKKO 6. Luokittelu kiihtyvyysoimista vaikutuksen keston mukaan (Kanninen ym. 1998, 14, muokattu)

KIIHTYVYYS	KESTO	TILANTEET
Lyhytkestoinen	> 1 sekuntia	Törmäys
Keskipitkäkestoinen	0,5-2 sekuntia	Heittoistuinhyppy, katepultti lentoonlähdöt,
Pitkäkestoinen	yli < 2 sekuntia	Lennettäessä suorituskykyisellä sotilaslentokoneella, avaruusalus lähdöt

4.2 Hävittäjälentäjän kiihtyvyysoimien kestävyys

Hävittäjälentäjän ominaisuus kestää ja sietää kiihdytysvoimia, kuvataan G-toleranssilla (Kanninen ym. 1998, 18). Kyky sietää voimakasta kiihdytystä on yksilöllistä ja muuttuva ominaisuus. Korkeille kiihdytysvoimille altistuva lentäjä voi kokea yllättäviä reaktioita, mikäli hän ei ole tietoinen fysiologisista perusteista ja niiden erilaisista yhteisvaikutuksista. G-toleranssiin vaikuttavat kiihtyvyyden suuruus, kesto ja kiihtyvyyden vaihtelu. G-toleranssi voidaan jakaa kahteen osaan G-tason sietoon ja G-keston sietoon. Edellä mainittu kuvaa lyhytaikaisen kiihtyvyyden kestämistä, ja jälkimmäinen puolestaan kertoo pitkäaikaisen kiihtyvyyden sietokyvystä. (Kanninen ym. 1998, 18-19.)

Nykyajan kehittyneillä taistelulentokoneilla on mahdollisuus suurien G-tilojen luomiseen ja niiden kestämiseen (Kanninen ym. 1998, 14). Ihmiskehoa ei ole puolestaan luotu niin vaativiin olosuhteisiin kuin nykyaikainen taistelulentokone. Hävittäjälentäjä voi harjoittaa ja kehittää G-sietokykyään. Oikeanlaisella fyysisellä harjoittelulla on todettu olevan hyviä vaikutuksia hävittäjälentäjän G-toleranssiin (Bateman, Jacobs & Buick 2006, 573-580).

4.3 Hävittäjälentäjän työvarusteet

Hävittäjälentäjän työvarusteisiin kuuluvat G-puku ja uutena kypärätähtäinkypärä JHMCS (Joint Helmet-Mounted Cueing System). G-puku koostuu G-housuista ja paineiliivistä. G-puku täyttyy ilmasta, joka tulee eri järjestelmästä lentokoneesta. Ilmasta aiheutuva paine puristaa suuria verisuonia estäen veren pakenemisen päästä jalkoihin. Toisin sanoen, G-puvun tehtävänä on parantaa hävittäjälentäjän G-toleranssia. Mitä suuremmat kiihtyvyysoimat ovat, sitä enemmän G-pukuun virtaa ilmaa (Postila 2013).

Uusi JHMCS-kypärätähtäinkypärä antaa mahdollisuuden osua aseakselin ulkopuolelle. Ennen hävittäjälentokoneen nokan piti osoittaa kohti vastustajaa. Nyt tähtäys suoritetaan pään osoittamaan suuntaan, joka laajentaa katselukulmaa. JHMCS-kypärätähtäinkypärän ominaisuuksiin kuuluu, että asenäytöt sekä lentokoneen arvoja antavat näytöt heijastuvat kypärän visiirille. Uusi kypärä painaa 2,25 kg, ja paino vaihtelee grammoittain, koska kypärät muokataan yksilöllisesti. JHMCS-

kypärätähtäinkypärän käyttöönotto on korostanut enemmän pään ja niskan toimintaa. Se on myös lisännyt kiihtyvyysoimien alaisuudessa tehtävää työskentelyä (Postila 2013).

4.4 Kiihtyvyysoimien vaikutus pään ja kaularangan alueelle

Hävittäjälentäjillä on tunnistettu kolme riskitekijää, joita kiihtyvyysoimat aiheuttavat kaularankaan. Nämä riskitekijät ovat: jatkuva altistuminen yli $+4 G_z$:n voimille, valmistautumattomuus korkeille $+G_z$ -voima liikkeille ja epäneutraali pään asento $+G_z$ -voima liikkeiden aikana. Lentäjän niskan täytyy pystyä kestämään G-voimia yhdeksän kertaa enemmän kuin maanvetovoima on. Kaularanka altistuu epäergonomisille asennoille sekä kuormituksille, mikäli lentäjä ei ole valmis tai tietoinen tulevasta liikkeestä. Heikot kaularangan tukilihakset eivät kestä jatkuvaa suurta altistusta $+G_z$ -voimille. Lentäjät joutuvat työskentelemään kaularangalle epäergonomisissa asennoissa, koska lentokoneiden työtilat sekä varusteet rajoittavat liikkumista ohjaamossa. Varsinkin tähyssä taakse yläviistoon lentäjä joutuu katsomaan olkansa yli tietyllä pään liikeradalla. (Burnett, Naumann, Burton 2004, 611.)

Niskahartiaseudun lihakset ja kaularanka ovat erityisen alttiita suurille kuormille. Alaspäin kallistunutta päätä ei voi enää nostaa takaisin, kun kiihtyvyytaso on enemmän kuin $+7 G_z$. Siitä lähtien pään ja kypärän yhteispaino on vähintään 50kg. Korkea suuruusluokkainen tai pitkäkestoinen kiihdytys voivat aiheuttaa selkärangan välilevyn revähdyksen tai repeämisen ja vahingoittaa pehmytkudoksia etenkin, jos pää pääsee liikkumaan asennosta toiseen esteettömästi. Niskahartiaseudun lihasten vahvistamiseen tähtäävä harjoittelu on tärkeää sisällyttää lentäjän lihaskuntoharjoitteluohjelmaan. Harjoitusohjelma voi olla tärkeä vaikuttaja kaularangan ja hartioiden alueen ehkäisyssä sekä ongelmien syntymisessä. (Kanninen ym. 1988, 18.)

Raajojen ja pehmytkudosten lisääntynyt rasitus aiheuttaa selviä lihaskoordinaation ongelmia jo pienillä G-tasoilla. Esimerkiksi istumaan nousu on mahdotonta G-rasituksen ollessa $+3 G_z$. Tuettoman raajan liikuttaminen vaikeutuu kiihtyvyyden lisääntyessä ja raajan nostamisesta tulee mahdotonta, kun on saavutettu $+6 - +8 G_z$ taso. Henkilö pysyy säilyttämään kyvyn tuetun käden sormien hienomotorisiin liikkeisiin jopa $+10 G_z$ kiihtyvyytastolle asti edellyttäen, että tajuntaa ei ole menetetty aiemmin. (Kanninen ym. 1998, 18.)

Ilmasotaliikehännän aikana hävittäjälentäjien täytyy säilyttää tietoisuus ympäristössä tapahtuvasta vihollistoiminnasta. Edellä mainitussa harjoituksessa lentäjä suorittaa pään ja niskan erilaista liikehdintää, esimerkiksi sivulle ja takasektoriin, usein korkeankin + G_z kuormituksen alaisena. Tällainen työympäristö sekä työssä tapahtuva toiminta altistaa etenkin kaularangan vammoille. Akuutteja niskan ongelmia on raportoitu + G_z kuormituksen aikana tai sen jälkeen 89 % hävittäjälentäjistä. Lentäjän työvarusteet sekä lisävarusteet, kuten kypärä, happilaitteet, yösuunnistuskiikarit, lisäävät ongelmien syntymistä. Ongelmat johtuvat työvarusteiden painon aiheuttamasta lisäkuormituksesta kaularangalle. (Seng, Lam, Lee 2003, 164.) Varusteiden painon tiedetään pahentavan kuormitusta niskan alueella osoittaen, että pään ja kaularangan alue sekä niiden rakenteet ja lihaksisto joutuvat kestäämään korkeita kuormia lentojen aikana (Netto & Burnett 2006, 1049).

Seng ym. (2003) julkaisema tutkimusartikkeli kiihtyvyyksien vaikutuksesta niskan isometriseen lihasvoimaan esittää, että kaularangan ojentajien isometrinen lihasvoima oli huomattavasti suurempi kuin muilla kaularangan lihasryhmillä. Tätä ilmiötä voi selittää sillä, että kiihtyvyyksille jatkuva altistuminen lisää myös niskan lihasten voimaa spesifin voimaharjoittelun lisäksi. Lentäjä joutuu kannattelemaan päätään, kypärää ja happilaitetta sekä muita lisävarusteita, joten kaularangan ojentajat joutuvat jatkuvasti tekemään töitä säilyttääkseen pään pystyasennon. (Seng, Lam, Lee 2003, 166.)

Niskakipu tapauksia on raportoitu, kun hävittäjälentäjä suorittaa liikehdintäkykyisellä lentokoneella yli + 5 G_z vaikutuksen alla liikehdintää pää non-neutraalissa asennossa. Hävittäjälentäjät ovat ilmoittaneet niskakipuja myös alle + 4 G_z . Jatkuva altistuminen kiihtyvyyksille ja hidastuvuusvoimille lentojen aikana, saattaa johtaa kaulanikaman vaurioitumiseen, spinaalistennoosiin, välilevyn prolapsiin ja välilevyn degeneratiivisille muutoksille. (Netto & Burnett 2006, 1049-1050.) Landau ym. (2006, 1158) tutkivat 30 henkilön testiryhmää magneettikuvauksilla (MRI). Kaularangan C5-C6 välinen välilevy oli vaurioitunein (13/27) lähes puolella koeryhmästä. Lentäjien magneettikuvauksista havaittiin, että 29 tapauksesta 16:sta oli kaularangan degeneratiivisiä muutoksia. (Landau ym. 2006, 1159-1160.)

Harri Rintalan (2012) julkaisemassa väitöskirjassa esitetään lentäjien kuvaamia ja kokemaa tuki- ja liikuntaelinoireita lentotoiminnan aikana. Kyselytutkimusten perusteella

48 % vastanneista oli kaularangan alueen oireilua. Niskaoireiden esiintyvyys kasvaa 250 lentotunnin kohdalla ja oireita ilmenee jo lentokoulutuksen alkuvaiheessa. (Rintala 2012, 76.) Niskakivut ovat sotilaslentäjien ammatillinen terveysongelma, joka saattaa vaikuttaa lentosuoritukseen sekä turvallisuuteen. (Marieke ym. 2010, 46.)

5 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Opinnäytetyömme tavoitteena on kehittää opetusmateriaalia Satakunnan Lennoston Kypäräkouluun. Opetusmateriaali tulee sisältymään uutena osana aikaisempaan Kypäräkoulun luentomateriaaliin. Kypäräkoulussa tarjotaan tietoa selkärangan kuormittumisesta yleisellä tasolla, joten keskitymme erityisesti kaularangan kuormitukseen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää sekä kirjallisuuteen perustuen että laskennallisesti, minkälaiset kompressio- ja kiihdytysvoimat kypärätähtäinkypärää (JHMCS) käyttävän, F-18 -suihkuhävittäjällä lentävän sotilaslentäjän, kaularangan ojentajalihaksille kohdistuvat. Opinnäytetyön avulla lisätään hävittäjälentäjän tietoisuutta työnsä kuormittavuudesta ja vammamekanismeista. Opinnäytetyössämme perehdymme niskan rakenteiden haitalliseen kuormitukseen kolmessa eri tähtäyasennossa.

Opinnäytetyömme vastaa seuraaviin kysymyksiin:

1. Kuinka suurta lihasvoimaa kaularangan ojentajalihaksilta vaaditaan pään pystyasennon ylläpitämiseksi neutraalissa istuma-asennossa verrattuna neutraalissa istuma-asennossa suihkuhävittäjäkoneessa G-voimien vaikutuksen alla?
2. Miten hävittäjälentäjän kaularangan rakenteet kuormittuvat neutraalissa istuma-asennossa, pään maksimaalisessa taaksetaivutuksessa ja pystyasennossa suoritettavassa ”skannaus” tähtäyksessä?

6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

6.1 Toteutustapa

Tämän opinnäytetyön toteutus on kuvaileva raportti sotilaslentäjän kaularangan rakenteiden kuormittumisesta lennon aikana, jonka avulla olemme koonneet uuden opetusmateriaalin sisältöä. Olemme analysoineet Satakunnan Lennoston Kypäräkoulussa kuvattuja tähtäysharjoitusvideoita, joissa lentäjät suorittavat simuloituja tähtäysliikeratastrategioita. Kuvia tullaan käyttämään Satakunnan Lennoston opetusmateriaalissa, mutta uutta opetusmateriaalia ei julkaista opinnäytetyössä.

Selvitämme laskennallisesti hävittäjälentäjän kaularankaan lennonaikana kohdistuvien kuormitusten suuruutta. Vertailimme tuloksia seuraavien lähtökohtien välillä: 1. neutraalissa istuma-asennossa ilman lentäjän työvarusteita ja suihkühävittäjäkonetta 2. neutraalissa istuma-asennossa suihkühävittäjälentokoneessa lentäjällä ollessa kaikki työvarusteet päällä sekä 3. erisuuruisten G-voimien vallitessa lennon aikana. Hyödynsimme voiman momentin laskukaavaa, jonka avulla saimme selville hävittäjälentäjän kaularangan lihaksistolle kohdistuvan voiman määrän. Ulkoisten ja sisäisten vipuvarsien pituuksissa käytimme Neumannin (2002, 20) ilmoittamia lukuja.

Opinnäytetyömme on toiminnallinen opinnäytetyö. Toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä käytäntöön soveltuva tuotos, joka syntyy kehittämällä ja järjestämällä työelämässä ilmenevää ongelmaa (Vilka & Airaksinen 2003, 9). Työmme aiheen ongelmana on Kypäräkoulun oppimateriaalin puutteellinen sisältö. Tuotoksemme tulee olemaan Powerpoint – esitys aiheesta: Mitä G-voimat aiheuttavat hävittäjälentäjän kaularangan kudoksissa? Toiminnallisessa opinnäytetyössä tuotoksena on konkreettinen tuote, esimerkiksi tietopaketti, ohjeistus tai portfolio (Vilka H., Airaksinen T., 2003, 51). Tuotoksemme on uusi tietopaketti aikaisempaan Kypäräkoulun luennon sisältöön. Opinnäytetyömme on toiminnallinen, koska silloin työ palvelee kaikkein parhaiten toimeksiantajan toivomuksia sekä kohderyhmää.

6.2 Aikataulu

Opinnäytetyön aiheen valinta tapahtui keväällä 2012, jolloin keskustelimme eri aihealu-
eista Satakunnan Lennoston työfysioterapeutin kanssa. Loppukevästä 2012 päätimme
opinnäytetyön aiheeksi hävittäjälentäjän kaularangan kuormittumisen ja laadimme
ideapaperin aiheesta. Ideapaperin teon jälkeen perehdyimme aikaisempiin tutkimuksiin
liittyen hävittäjälentäjän kaularangan kuormittumiseen. Opinnäytetyöntutkimussuunni-
telma hyväksyttiin kesäkuussa 2013.

Opinnäytetyön teoria- ja taustaosuus aloitettiin kirjallisuuskatsauksella kaularangan
rakenteesta ja toiminnasta. Tutkittavan tähtäysharjoitusmateriaalin saimme heinäkuussa
2013, jonka jälkeen aloitimme kuormitusten laskemisen ja tähtäysasentojen analysoin-
nin. Opinnäytetyöprosessin aikana olemme vierailleet lennostossa työfysioterapeutin
ohjauksessa. Ohjauksien sisältöön on kuulunut tutustuminen laivueen toimintaan, Kypä-
räkoulun videoiden analysoinnin läpikäyminen, aiheen rajauksessa neuvominen ja työn
loppuarviointi. Opinnäytetyö palautettiin aikataulun mukaisesti elokuussa 2013.

6.3 Lähdemateriaali

Lähdemateriaalimme on koostunut useista eri ulkomaalaisista tutkimusartikkeleista,
jotka on julkaistu Aviation, Space and Environmental Medicine – lehdessä. Olemme
hyödyntäneet myös Internetin tietokantoja, kuten Pubmed ja Pedro. Lisäksi Kannisen
ym. (1998) kirjoittama teos Physical Exercise Guide For Air Force Aircrew sekä Harri
Rintalan (2012) julkaisema väitöskirja ovat olleet tärkeitä tietolähteitä opinnäytetyös-
sämme. Teokset ovat auttaneet sekä ohjanneet hävittäjälentäjän työn fyysisien ominai-
suuksien ja kuormitustekijöiden ymmärtämisessä.

Kirjallisuuskatsaus kaularangan rakenteeseen sekä toimintaan koostui monesta eri läh-
teestä. Kirjallisuudesta olemme tavoitelleet teoksien uusimpien painosten käyttöä, mutta
huonon saatavuuden vuoksi emme saaneet kaikkia uusia teoksia käyttöömme.

7 KAULARANGAN KUORMITTUMINEN ERI TÄHTÄYSASENNOISSA

7.1 Neutraali istuma-asento

Kuvassa 13 hävittäjälentäjä istuu F-18 suihkuväittäjäkoneen ohjaamossa pää ja kaula-
ranka neutraaliasennossa. Hävittäjälentäjä pystyy määrittelemään sekä kalibroimaan
pään neutraaliasennon kypärän ominaisuuksia hyödyntäen. Neutraaliasennossa pää on
keskiasennossa ja silmät ovat suuntautuneet vaakasuoraan (Kapandji 1997, 216). Edellä
kuvatussa istuma-asennossa hävittäjälentäjään kohdistuvat kiihdytysvoimat ovat lennon
aikana + 2-4 G_z tasolla. Tällä tasolla lentäjä suorittaa perussuunnistusta. Ilmataistelun
aikana keskimääräiset + G_z -voimat ovat + 4-7 G_z tasolla. Hornet F-18 rajoittaa kiihti-
vyysvoimien määrän +7,5 G_z tasolle, mutta välillä + 8,1 G_z maksimitaso ylittyy (Postila
2013).



KUVA 13. Kypärän kalibrointi / Neutraali istuma-asento (Satakunnan lennosto 2013)

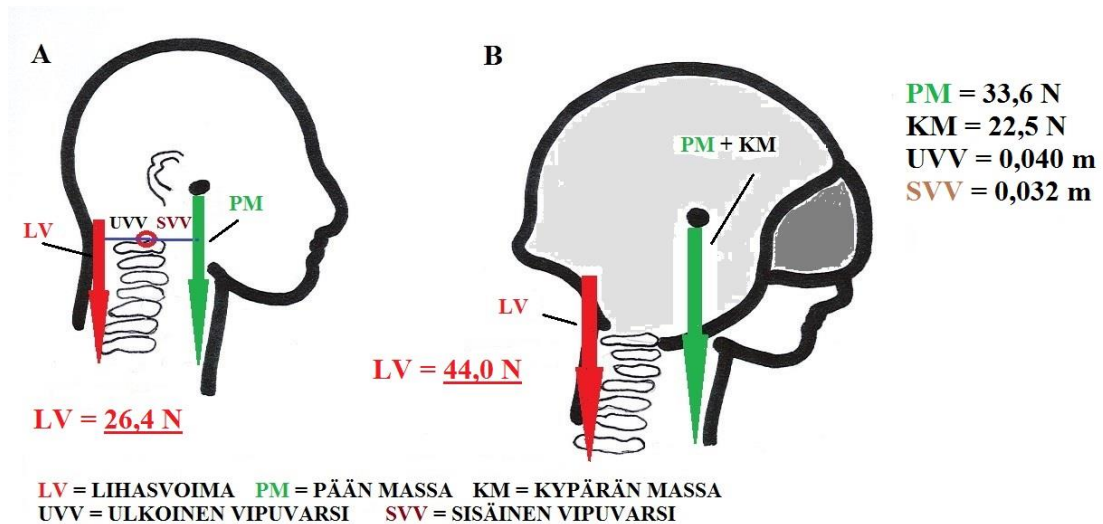
Laskimme kaularangan kuormittumista kolmessa eri lähtökohdassa. Taulukossa 7 on
kuvattu lasketut kuormitustilanteet. Kolmen lähtökohdan lisäksi, taulukossa on esitetty
myös + 7 G_z tason kuormitus. Jokaiseen kappaleeseen kohdistuva kiihtyvyyden on 9,81
 m/s^2 (+ 1 G_z), joten esimerkiksi taulukossa 7 esitetty + 2 G_z tarkoittaa laskennallisesti
kaksi kertaa 9,81 m/s^2 kiihtyvyyden. Taulukossa 7 kaularangan ojentajalihaksilta vaaditut
voiman suuruudet on laskettu voiman laskukaavalla, joka on esitetty kuvassa 14.

TAULUKKO 7. Hävittäjälentäjän kaularankaan kohdistuva kuormitus neutraalissa istuma-asennossa

Lasketut lähtökohdat	Neutraali istuma-asento	JHMCS-kypärätähtäinkypärä	JHMCS-kypärätähtäinkypärä	JHMCS-kypärätähtäinkypärä
Kohdistuva kiihtytysvoima (+ G _z)	+1 G _z	+1 G _z	+2 G _z suunnituksessa	+7 G _z suunnituksessa
Kaularangan ojentajalihaksilta vaadittu voima (N=Newton)	<u>26,4 N</u>	<u>44,0 N</u>	<u>88,1 N</u>	<u>308,2 N</u>

Laskennallisten tulosten perusteella neutraalissa istuma-asennossa ihmisen kaularangan lihaksistolta vaaditaan 26,4 N voima, jotta pystytään säilyttämään pään pystyasento. Kypärätähtäinkypärää käyttävältä hävittäjälentäjältä puolestaan vaaditaan 44,0 N voimaa kaularangan lihaksilta, joka on 166 % enemmän kuin neutraalissa istuma-asennossa ilman JHMCS-kypärätähtäinkypärää (kuva 14B).

$$F = \frac{(MASSA * KIIHTYVYYS) * ULKOINEN VIPUVARSI}{SISÄINEN VIPUVARSI}$$



KUVA 14. Kaularangan lihaksiston kuormittuminen + 1 G_z tasolla neutraalissa istuma-asennossa A) neutraali tilanne B) neutraali tilanne + JHMCS-kypärätähtäinkypärä

Hävittäjälentäjän suorittaessa perussuunnistusta + 2-4 G_z vaikutuksena alaisena, kaularangan lihaksien kuormitus kaksinkertaistuu. Lennon aikana + 7 G_z tason ylityksen kuormitusmäärä vastaa 308,2 N kuormitusta kaularangalle. Keskimääräinen harjoituslentoaika on noin 45 minuuttia. Lennon aikana hävittäjälentäjä suorittaa erilaista liikehientää suihkuhävittäjälentokoneella, joiden aikana + G_z määrä ajoittain muuttuu. Kaularangan lihaksiston kuormitustaso on edellä mainitussa tapauksessa melkein 12-kertainen neutraaliin istuma-asentoon verrattuna.

Fysiologisesti optimaalisin kuormituspiste kevyemmällä kypärällä (1,45kg), on pään normaalin painopisteen etu- tai lateraaliosella puolella. Keskitason painoisella (2,27kg) kypärällä ei ole optimaalista pistettä. (Knight & Baber 2004, 124.) Laskennallisissa lähtökohdissa JHMCS-kypärätähtäinkypärän ilmoitettu paino on 2,25 kg ja pään paino 3,36 kg. Neutraaleissa olosuhteissa, pään ollessa voimalinjan päällä neutraaliasennossa, C0-tason nivelistölle kohdistuu pieni 1,3 Nm vääntömomentin arvo ja C7-tasolle 1,2 Nm (Airaksinen 2005, 434).

Kaularankaan kohdistuva kuormitus jakautuu toisen kaulanikaman axiksen tasolla. Pään ja kaularangan ollessa neutraaliasennossa voimat kohdistuvat nikamien runkoihin axiksen rungon välityksellä. Liikkeessä puolestaan, voimat vaikuttavat nivelhaarakeisiin axiksen varren ja takakaaren alemman nivelpinnan välityksellä. (Kapandji 1997, 248.)

7.2 Tähtäys pään maksimaalisessa taaksetaivutuksessa

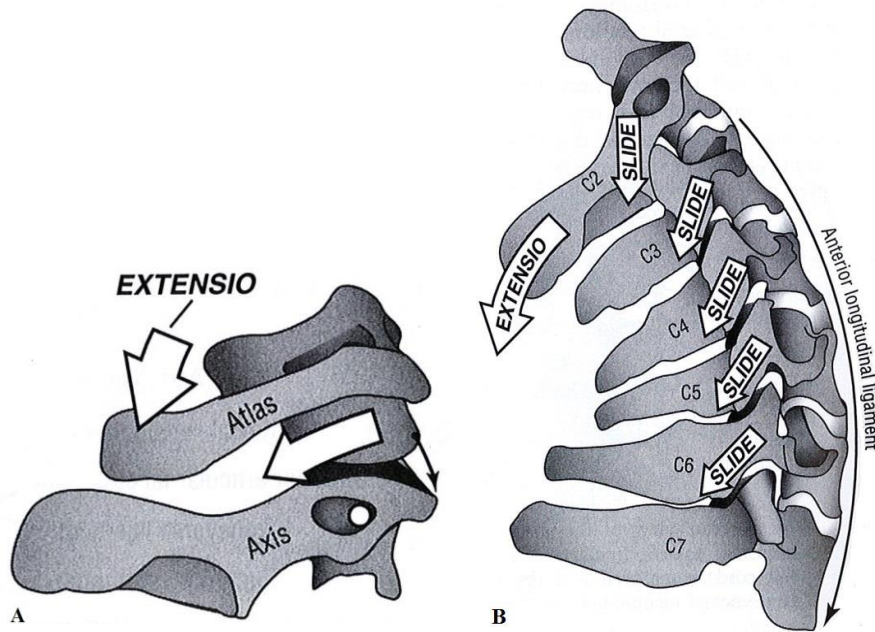
Tähtäysasennossa hävittäjälentäjä pyrkii tähtäämään mahdollisimman ylös viemällä päänsä maksimaaliseen extensioon (kuva 15). Tähtäysasentoa käytetään kahden ympyrän taistelussa vastakehillä. Hävittäjälentäjän tehtävänä on etsiä katseellaan toisella ympyrällä olevaa hävittäjäkonetta. Tähtäys voidaan suorittaa myös viemällä pää ensin rotaatioon ja sitten maksimaaliseen extensioon.



KUVA 15. Tähtäys pään maksimaalisessa taaksetaivutuksessa (Satakunnan lennosto 2013)

Tähtäysasunnoissa, joissa päätä liikutetaan koukistus- ja ojennussuuntaisesti, toimii välilevyjen suojana longitudinaali ligamentit. Longitudinaali ligamenttien tehtävänä on myös stabiloida selkärankaa. (Platzer 2009, 56.) Hävittäjälentäjän viedessä päänsä ja kaularankansa maksimaaliseen extensioon, anteriorinen longitudinaali ligamentti venyy kaularangan ventraalipuolella. Alla olevassa kuvassa (16B) on havainnollistettu kaularangan extensiossa nikamien liike sekä anteriorisen longitudinaali ligamentin venyminen. Kaularangan extensiota rajoittavat: lig. anterior longitudinaalin jännittyminen, alemman nikaman processus articulariksen (ylänivelhaarake) painuminen vasten ylemmän nikaman processus transversusta (poikkihaarake) sekä nikamien takaosien painautuminen toisiaan vasten, kun nivelsiteet jäävät niiden väliin (Kapandji 1997, 196.)

Yläkaularangan flexiossa takaraivoluun ja atlaksen välinen tila suurenee ja extensiossa pienenee (kuva 16A). Extensiossa neurovaskulaariset rakenteet saattavat joutua puristuksiin takaraivon alapuolisella alueella (Hertling & Kessler 1996, 535-536).



KUVA 16. A) Yläkaularangan C1-C2 extensio, B) Alakaularangan C2-C7 extensio (Neumann 2002, 280, muokattu)

Pään painopisteen sijainti selittää kaularangan extensoreiden suuremman lihasvoiman verrattuna kaularangan flexoreihin. Kaularangan extensorit joutuvat toimimaan painovoimaa vastaan. (Kapandji 1997, 216.) Musculus trapezius on voimakkain pinnallisista lihaksista, jonka tehtävänä on pitää pää ylhäällä gravitaatiota vastaan. Muut lihakset, jotka ojentavat päätä sekä niskaa toimien painovoimaa vastaan ovat m. sternocleidomastoideus, m. levator scapulae, m. splenius capitis ja cervicis. Kaularangan etupuolen lihaksien m. longus colli ja capitis tehtävänä on estää kaularangan lordoosin pettäminen sekä vastustaa ja sietää kaularangan pitkille lihaksille kohdistuvaa kuormitusta. (Hertling & Kessler 1996, 531-532; Moore, Dalley & Agur 2010, 991.)

Pään voimakas taakse taivutus, pään paino, kypärätähtäinkypärän paino sekä kiihtyvyysoimien vastuksen sietäminen edellyttää hyvää pään ja niskan hallintaa. Ainoastaan pään neutraalin asennon takaisin saavuttaminen vaatii suurta kaularangan koukistajien lihastyötä. EMG tutkimukset ovat osoittaneet, että toistuvasti lyhytkestoisille suurille G-voimille altistuvat lentäjät käyttävät lähes 100 % niskan ojentajalihasten lihasvoimasta. (De Loose ym. 2009, 477.)

7.3 Pystyasennossa suoritettava ”skannaus”

Tähtäyasennossa 2 suoritetaan ensin pään ja kaularangan rotaatio sivulle ja sitten extensio (kuva 17). Hävittäjälentäjän tehtävä on ”skannata” tässä asennossa katseellaan sekä pään nyökkäysliikkeellä objektin sijaintia. ”Skannaamisella” tarkoitetaan tässä yhteydessä jonkin halutun objektin lukitsemista tähtäimeen. Pään nyökkäysliike ei ole liikelaajuudeltaan suurta. Liike tapahtuu pääasiassa takaraivoluun sekä ensimmäisen kaulanikaman välissä.

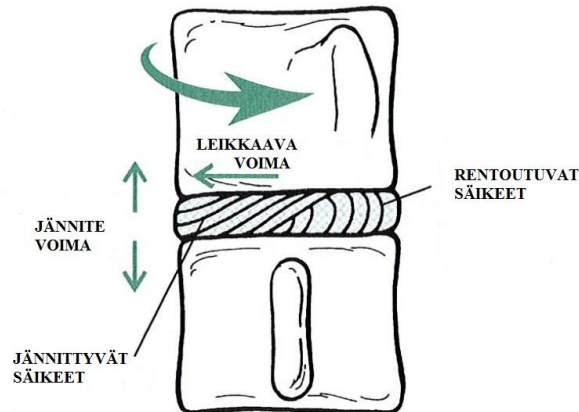


KUVA 17. Tähtäyasento 2: Pystyasennossa suoritettava ”skannaus” (Satakunnan lennosto 2013)

Hävittäjälentäjillä kuormituksen taso ylittyy monenkertaisesti verrattuna siihen, mitä ihminen normaalisti pystyy kestämään. Rustokudoksen muutokset ovat riippuvaisia kuormituksen määrästä. Tiettyyn pisteeseen asti kuormitus vahvistaa rustokudosta ja kuormittamattomuus puolestaan heikentää kudosta. Liiallinen kuormitus heikentää rustopintojen kollageeniverkoston kestävyyttä altistaen rustokudoksen mikrovaurioille. Nivelpintojen toistuvat suuret kuormitukset aiheuttavat nivelrikon kehittymisen, koska rustokudokseen kohdistuvan kuormituksen suuruus ylittää kudoksen uusiutumisenopeuden. (Kauranen & Nurkka 2010, 49.)

Välilevy mukautuu rangan liikkuessa extensioon, flexioon ja lateraaliflexioon. Hävittäjälentäjän liikuttaessa päänsä sekä kaularankansa rotaatioon, puolet välilevyn rakenteen anulus fibrosuksen säikeistä jännittyvät ja toinen puoli jää rennoksi (kuva 18). Jännitysvoima lisääntyy rotaatioliikkeen suuntaan ja kuormitus jakautuu sille tasolle, jossa rotaatio tapahtuu. (Hamill & Knutzen 2009, 262-263.) Pään rotaatioliikkeen aikana ni-

kamavaltimo joutuu venytykseen, joka johtaa nikamavaltimon verenvirtauksen vähenemiseen ja läpimitan pienenemiseen. Terveen valtimon ahtautuminen voi provosoida mm. huimausta tai näköhäiriöitä. (Airaksinen ym. 2005, 351.)



KUVA 18. Anulus fibrosuksen säikeiden toiminta kaularangan rotaatiossa (Hamill & Knutzen 2009, 262, muokattu)

Kaularangassa sijaitsevat hermojuuret voivat ärsyntyä välilevyn pullistuneesta nucleus pulposuksesta tai selkäydinkanavan ahtaumasta (Hertling & Kessler 1996, 533). Tähtäysasennossa 2 tapahtuvat kaularangan liikkeet, maan pinnan läheisyydessä normaalin kiihtyvyyden vallitessa, aiheuttavat jo kohtalaisen suuren kuormituksen välilevyille. Tutkimustulosten perusteella ilmasotataistelussa kuormitus on moninkertainen (taulukko).

Kaularangan flexiossa posteriorisella puolella fasettinivelet erkanevat toisistaan ja anteriorisella puolella välilevyjen paine lisääntyy. Extensio-suuntaiset kaularangan vaurioitumiset ja vammat ovat usein multisegmentaalisia, esimerkiksi C5-C6 ja C6-C7 alakaularangassa ja C1-C2 ja C2-C3 yläkaularangassa vaurioituvat usein yhtäaikaisesti. (Grant 2002, 20-21.) Hävittäjälentäjillä C5-C6 on todettu magneettikuvauksien perusteella vaurioituneimmaksi nikamaväliksi (Landau ym. 2006, 1159).

Tähtäysasennossa kaularankaa käytetään maksimaalisessa rotaatiossa, jolloin alaris ligamentit suojaavat atlaksen ja axiksen väliä liian suurelta rotaatiolta (Platzer 2009, 60). Suurin liike kaularangasta tulee C1-C2 välin rotaatiosta (taulukko 2). Myös flavum ligamentti osallistuu asennonhallintaan palauttaen kaularangan flexiosta takaisin pystyasentoon (Platzer 2009, 56). Degeneraation seurauksena fasettinivelissä tapahtuu ar-

troosia ja ligamentum flavum paksuuntuu. Edellä mainittujen rakenteiden muutokset ahtauttavat ensimmäisenä selkäydinkanavaa. Selkäydinkanavan ahtautumisesta aiheutuu niskä-yläraajaoireita. (Airaksinen ym. 2005, 345.) Yläniskan venyneet nivelsiteet saattavat päästää densin painamaan keskushermoston herkkiä osia (Airaksinen ym. 2005, 349).

Selkäydinkanavasta ulos tulevat selkäydinhermot voivat jäädä puristuksiin kulkiessaan kapeiden kanavien ja rakenteiden läpi. Paineen muutos tai ulkoapäin kohdistuva puristus lisää hermon sisäistä painetta huonontaen hermon verenkiertoa. Selkäydinhermo kestää noin 8 %:n venytyksen pituussuunnassa ja noin 15 %:n venyminen aiheuttaa muutoksia hermon sisäiseen verenkiertoon. Hermon puristuminen aiheuttaa muutoksia hermon toiminnassa. (Kauranen & Nurkka 2010, 100-101.)

Tähtäyasennossa suoritettavassa rotaatiossa pään kiertäjälihakset (m. obliquus capitis superior) kääntää päätä noin 5 astetta, jolloin vastakkaisen puolen pään kiertäjälihakset ja suora päänlihas (m. rectus capitis posterior minor) venyy. Kyseiset lihakset myös toimivat tässä pään asennon palauttajina takaisin neutraaliin. (Kapandji 1997, 236.)

7.4 Esimerkki ohjaamon hyödyntämisestä tähtäyksen suorituksessa

Kuva 19 havainnollistaa, minkälainen mahdollisuus hävittäjäalentäjällä on hyödyntää F-18 hävittäjäkoneen ohjaamoä tähtäyksen suorituksessa. Hävittäjäalentäjä ottaa tukeä etupuolellansa sijaitsevasta kahvasta, jonka avulla hän avustaa rintarangan rotaatiota. Tällöin kuormitus jakautuu enemmän alemmille suurempikokoisille nikamille. (Tiitola 2013.)



KUVA 19. Tähtäys irtiotossa oikealle (Satakunnan lennosto 2013)

Kuvasta huomataan, että lentäjän turvavyöt ovat kiristyneet, mikä osoittaa lentäjän käyttävän ylävartalon rotaatiota apuna pään ja kaularangan kierron lisäksi. Tällä tavoin suoritettava tähtäys lisää hävittäjälentäjälle avautuvaa katselukulmaa lentokoneen ohjaimosta etsityn objektin löytämiseksi.

7.5 Opinnäytetyön tuotos

Opinnäytetyömme tavoitteena oli kehittää opetusmateriaalia Satakunnan Lennostossa järjestettävään Kypäräkouluun. Tuotos rakennettiin niistä pääkohdista, jotka selvisivät kirjallisuuteen perustuvista kaularangan rakenteiden kuormittumisesta erilaisissa pään ja kaularangan asennoista. Rakenteiden kuormittumista on sovellettu tähtäysasentoihin. Tuotoksemme sisältö perustuu tässä raportissa selvitettyjen tähtäysasentojen vaikutuksista kaularangan rakenteisiin ja toimintaan.

Tuotos sisältää taulukon 7, jonka tarkoituksena on havainnollistaa kaularangan ojentajalihaksilta vaaditun voiman määrää eri tilanteissa. Taulukkoon on koottu esimerkkitilanteet: 1. neutraalissa istuma-asennossa ilman lentäjän työvarusteita ja suihkühävittäjäkonetta 2. neutraalissa istuma-asennossa suihkühävittäjälentokoneessa lentäjällä ollessa kaikki työvarusteet päällä sekä 3. erisuuruisten G-voimien vallitessa lennon aikana.

Tuotokseen on koottu yleinen katsaus kaularangan rakenteiden kuormittumisesta hävittäjälentäjän ammatissa perustuen opinnäytetyössämme selvitettyihin tähtäysasentoihin, erityisesti maksimaalisen taakse taivutuksen osalta. Lopullisesta ulkonäöstä ja raken-

teesta vastaa toimeksiantaja, koska tuottamamme materiaali sisällytetään jo olemassa olevaan opetusmateriaaliin.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyömme tuotoksen perusteella voidaan todeta, että hävittäjäalentäjän kaularankaan kohdistuva kuormitus on moninkertainen verrattuna neutraaleihin olosuhteisiin. Kaularangan rakenteet, kuten välilevyt ja nivelsiteet, joutuvat tähtäyksissä toimimaan ääriasennoissa. Kypäräkoulun tähtäysharjoituskuvista käy ilmi, miten kaularanka käyteen ääriasennoissa. Kun kuormittaviin ääriasentoihin lisätään hävittäjäalentäjän työstä johtuvat muut kuormitukset, kuten varusteet ja kiihtyvyysovoimat, hävittäjäalentäjältä vaaditaan hyvää kestävyyttä ammatin vaatimuksista selviytymiseen. Kypärästä aiheutuva kuormitus on aikaisemmin tutkittu ja sen on todettu lisäävän niskan alueen ongelmien syntyä (Seng, Lam, Lee 2003, 164).

Taulukossa 7 lasketut lähtökohdat havainnollistavat hävittäjäalentäjän kaularangan rakenteiden kuormittumista. Tiedetään, että hävittäjäalentäjän lihaksistolta ja tukirakenteelta vaaditaan paljon työolosuhteista selviytymiseksi. Kun lasketaan kehoon kohdistuvan kuormituksen määrää, saatu tulos poikkeaa jonkin verran todellisesta. Poikkeavuudet johtuvat yksilöiden välisistä eroista. (Ahonen ym. 2002, 63.) Lähtökohdat on laskettu neutraaleissa olosuhteissa, mutta pään painopisteen muuttuminen vaikuttaa myös kaularangan tukirakenteiden kuormitukseen (Airaksinen 2005, 434).

Eri lihasten tuottamien liikkeiden tunteminen auttaa hävittäjäalentäjää ymmärtämään niiden toimintaa ja oppimaan puhtaiden pään ja kaularangan liikkeiden suorittamista. Pään ja kaularangan pystyasentoa sekä muita asentoja stabiloivien lihasten hyvä toimintakyky on välttämätöntä hävittäjäalentäjän työssä.

Satakunnan Lennoston Kypäräkouluun tekemämme tuotos lisää hävittäjäalentäjien tietoisuutta kaularangan kuormitustekijöistä sekä niiden vaikutuksista. Uuden JHMCS -kypärän käyttöönoton myötä kaularangan ja pään toiminta on lisääntynyt lennonaikana, joten kaularangan tukirakenteiden merkityksen korostaminen on entistä tärkeämpää. Kuormitustekijöiden esiin tuominen auttaa hävittäjäalentäjiä ymmärtämään ergonomian merkityksen työssä. Lisääntyneen tiedon toivotaan kannustavan hävittäjäalentäjiä panostamaan kaularangan lihaksien voima- ja kestävyysominaisuuksien harjoittamiseen.

9 POHDINTA

Opinnäytetyömme idea oli tavallisesta poikkeava. Yhteistyö toimeksiantajan kanssa antoi meille mahdollisuuden päästä tutustumaan hävittäjälentäjän ammattiin. Opinnäytetyömme toteuttaminen toiminnallisena opinnäytetyönä, vastasi parhaiten toimeksiantajamme vaatimuksiin ja toivomuksiin.

Opinnäytetyömme tavoitteena oli kehittää Satakunnan lennostossa järjestetyn Kypäräkoulun oppimateriaalia. Kypäräkoulun luennoilla käydään yleisesti läpi selkärangan rakenteiden anatomiaa ja toimintaa. Halusimme syventyä erityisesti kaularangan rakenteeseen ja toimintaan, koska voidaan ajatella, että pää ja kaularanka ovat hävittäjälentäjän työvälineitä. Tuotoksemme sekä tämän raportin sisältö tulee Satakunnan Lennoston Kypäräkoulun käyttöön. Laitimamme PowerPoint - esitys täydentää jo olemassa olevaa luentomateriaalia, jota käytetään oppimateriaalina. Opinnäytetyöraporttimme toimii tietolähteenä hävittäjälentäjille ammattinsa kuormittavuudesta.

Työmme tarkoituksena oli laskea, minkälaiset kompressio- ja kiihtyvyysoimat kuormittavat hävittäjälentäjän kaularangan rakenteita. Laskimme kaularangan lihaksistolle kohdistuvan voiman määrää käyttäen voiman laskukaavaa. Lisäksi kuvailimme eri rakenteiden kuormittumista viitaten kirjallisuuteen. Opinnäytetyössämme kaularangan ojentajalihaksilta vaaditun voiman määrien laskelmat on toteutettu lähteisiin perustuen. Kuormituslaskelmien yhteydessä hyödynsimme lähteeseen perustuvaa tietoa kaularangan neutraalin asennon kuormituksesta. Laskennallisessa tutkimuksessa ilmeni ongelma alkuperäiseen suunnitelman toteuttamisessa, kun emme päässeet mukaan kuvaamaan Kypäräkoulun tähtäysharjoituksia. Työssämme käytettyjen kuvien kuvaustilannetta ei ole kalibroitu.

Kaularangan rakenteen ja toiminnan kirjallisuuskatsauksessa hyödynsimme eniten Moore, Dalley ja Agurin (2010) julkaisemaa anatomian teosta *Clinically Oriented Anatomy*, koska teos on tunnettu sekä arvostettu myös maailmalla. Lukija voi tarvittaessa palata teokseen selvittääkseen vastauksia kaularangan lihaksistosta esiintyviin kysymyksiin.

Opinnäytetyöraportistamme oli hyötyä oppimateriaalin kehittämisessä. Uuden oppimateriaalin sisältö kohdistuu suoraan kohderyhmälle. Kuormitukset ovat hyvin suuria ja vastaavia kuormia ei monessa muussa ammatissa tule esille. Kiinnostavaa olisikin tietää,

että ovatko kaikki lentosotakouluun hakevat henkilöt tietoisia ko. ammatin haittapuolista. Hävittäjälentäjät ovat nykyään enemmän tietoisia työergonomiasta ja heitä opastetaan käyttämään valmiita liikestrategioita tähtäysten vaatimissa pään ja kaularangan liikkeissä. Hävittäjälentäjän työn kuormittuvuutta on tutkittu paljon, mutta tiedossamme ei ole, kuinka hyvin tutkittu tieto välittyy lentäjille.

Lentäjien koulutuksessa tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota mahdollisten kaularankaa koskevien tuki- ja liikuntaelimestön vammojen syntyyn sekä niiden ennaltaehkäisyyn. Hävittäjälentäjien tietoisuutta ammattinsa kuormittavuudesta olisi hyvä lisätä entisestään, kuten tämän opinnäytetyön tarkoitus oli. Opinnäytetyömme avulla tuotetun oppimateriaalin lisäksi kirjallisen työn sisältö tulee Satakunnan Lennoston käyttöön. Toimeksiantaja tulee hyödyntämään opinnäytetyötämme lähteenä koulutusmateriaaliin.

Jatkotutkimuksena olisi hyvä selvittää, minkälaisia kokemuksia hävittäjälentäjillä on Kypäräkoulun sisällöstä ja toteutuksesta. Lisäksi olisi mielenkiintoista tutkia, kuinka paljon niskahartiaseudun kestävyys- ja voimaharjoittelua hävittäjälentäjän työhön sisältyy. Kypäräkoulu on mielestämme tärkeä osuus hävittäjälentäjien koulutuksessa ja sitä tulisi kehittää entisestään.

LÄHTEET

Ahonen, J., Airaksinen, O., Keurulainen, J-P, Koistinen, J., Lehtinen, A., Mattsson, J., Miettinen, H., Peterson, L., Renström, P., Read, M., Rusanen, M., Seppälä, T., Tikkanen, H. 2002. Urheiluvammat, Ennaltaehkäisy, hoito ja kuntoutus. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Airaksinen, O., Grönblad, M., Kangas, J. Kouri, J-P., Koistinen, J. (toim.), Kukkonen, R., Leminen, P., Lindgren, K-A., Mänttari, T., Paatelma, M., Pohjolainen, T., Siitonen, T., Tapanainen, M., Van Wijmen, P., Vanharanta, H. 2005. 2.painos. Selän rakenne, toiminta ja kuntoutus. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Bateman, W.A., Jacobs, I., Buick, F. 2006. Physical Conditioning to Enhance + G_z Tolerance: Issues and Current Understanding. *Aviation, Space and Environmental Medicine* Vol. 77 No. 6: 573-580.

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

Coakwell, M.R., Blowski, D.S., Moser R. 2004. High-Risk Head and Neck Movements at High G and Interventions to Reduce Associated Neck Injury. *Aviation, Space and Environmental Medicine* Vol. 75 No. 1: 68-80.

De Loose, V., Van Den Oord, M., Burnotte, F., Van Tiggelen, D., Stevens, V., Cagnie, B., Danneels, L., Witvrouw, E. 2009. Functional Assessment of the Cervical Spine in F-16 Pilots With and Without Neck Pain. *Aviation, Space and Environmental Medicine* Vol. 80 No. 5: 477-481.

Grant, R. 2002. *Physical Therapy of the Cervical and Thoracic Spine*. 3th edition. Churchill Livingstone.

Hamill, J., Knutzen, K.M. 2009. *Biomechanical Basis of Human Movement*. 3th edition. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.

Hertling, D., Kessler, R.M. 1996. *Management of Common Musculoskeletal Disorders*. 3th edition. Lippincott Williams & Wilkins.

Hervonen, A. 2004 *Tuki- ja liikuntaelimestön anatomia*. 7.painos. Tampere: Lääketieteellinen oppimateriaalikustantamo Oy.

Kanninen P., Kuronen P., Rintala H., Eloranta V., Myllyniemi J., Santala E., Paalimäki H. 1998. *Physical Exercise Guide For Air Force Aircrew*. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Kapandji, I.A. 1997. *Kinesiologia 3: Selkärangan, rintakehän ja lantion nivelten toiminta*. Laukaa: Medirehab kirjakustannus.

Kauranen, K., Nurkka, N. 2010. *Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille*. Tampere: Tammerprint Oy.

Kokkonen, S. 2010. Kypäräkoulu. Ennaltaehkäisevä TULES toiminta ilmavoimissa. Sovelius Roopen väitöskirjatyön esittely. Luettu 10.6.2013 http://www.trafi.fi/filebank/a/1321431399/b79de1368453094e30e849fd5f845e4e/1173-Ennaltaehkaiseva_TULES_toiminta_Ilmavoimissa_Roopen_Sovelius.pdf

Landau, D., Chapnick, L., Yoffe, N., Azaria, B., Goldstein, L., Atar, E. 2006. Cervical and lumbar MRI findings in aviators as a function of aircraft type. *Aviation, Space and Environmental Medicine* Vol. 77 No. 11: 1158-1161.

Lentosotakoulu. Hävittäjälentäjäksi. Luettu 9.8.2013 <http://www.puolustusvoimat.fi>

Marieke, H.A.H., De Loose, V., Sluiter, J.K., Frings-Dresen, M.H.W. 2010. Neck Strength, Position Sense, and Motion in Military Helicopter Crew With and Without Neck Pain. *Aviation, Space and Environmental Medicine* Vol. 81 No: 1: 46-51.

Moore, K., Dalley, A. & Agur, A. 2010. *Clinically Oriented Anatomy*. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.

Netto, K., Burnett, A. 2006. Neck muscle activation and head postures in common high performance aerial combat maneuvers. *Aviation, Space and Environmental Medicine* Vol. 77 No.10: 1049-1055.

Neumann, D.A. 2002. *Kinesiology of the Musculoskeletal system: Foundations for Physical Rehabilitation*. St. Louis Missouri: Mosby Elsevier.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2008. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. Helsinki: WSOY.

Platzer, W. 2009. *Color Atlas of Human Anatomy Locomotor System*, 6. painos. New York: Thieme.

Postila, T. Lentoturvaupseeri 27.8.2013. Haastattelija Lämsä, I., Pirkkala.

Reichert, B. 2008. *Käytännön anatomia 2 – pään ja selkärangan tutkiminen palpaation keinoin*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Rintala, H. 2012. *Sotilaslentäjän fyysinen suorituskyky sekä työperäiset tuki- ja liikuntaelinoireet*. Maanpuolustuskorkeakoulu. Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos. Väitöskirja.

Satakunnan lennosto. 2013. Kypäräkoulun tähtäskuvamateriaali.

Seng Kok-Yong, Lam Pin-Min, Lee Vee-Sin, 2003, Acceleration effects on neck muscle strength: Pilots vs. Non-Pilots. *Aviation, Space and Environmental Medicine* Vol. 74 No. 2: 164-168.

Tiitola, L. Työfysioterapeutti 2013. Haastattelijat Lämsä, I. ja Nieminen T., Pirkkala.

Uitti, J., Taskinen, H.(toim.) 2011. *Työperäiset sairaudet*. Helsinki: Työterveyslaitos.

Vapaavuori, E., Sorsa, M. 2005. *Lentävä Ihminen, Ilmailufysiologian ja – psykologian perusteet ilmailulupakirjoja varten*. Helsinki: Edita.

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

Vilka, H., Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

LIITTEET

Liite 1. Pinnalliset lihakset

Lihäs	Origo	Insertio	Funktio
M. platysma	Fascia superficialis pars superior m. pectoralis major, m. deltoideus.	Margo inferior mandible. Cutis, textus subcutaneus facies inferior.	Vetää suun piirteitä alaspäin ja venyttäen sivuille surusta tai pelosta. Vetää kaulan ihoa ylöspäin kun hampaat purraan yhteen.
M. sternocleidomastoideus	Pars sternalis: facies anterior manubrium sterni. Pars clavicularis: facies superior tertia medialis clavicula.	Facies lateralis processus mastoideus os temporalis. Facies lateralis superior linea nuchae.	Toispuoleisesti toimiessa pään sivutaivutus sekä rotaatio niin, että kasvot ovat kääntyneenä vastakkaiselle puolelle. Yhtäaikaisesti toimiessa niskan ojennus takaraivolukannattajanikamanevelessä. Koukistaa leukaa kohti rintalastaa. Ojentaa yläkaularankaa samalla koukistaen alakaularankaa, jolloin leuka on samassa linjassa pään kanssa eteen- tai vutuksessa.
M. trapezius	Lateral tertia clavicula, acromion, spina scapulae.	Medialis tertia superior linea nuchae, externum occipital protuberantia, ligament nuchae, processus spinosus C7-Th12, processus spinosus lumbar sacral	Lapaluun nosto, retraktio ja kierto ylöspäin. Laskeva osa nostaa hartian luustoa (lapaluut ja solislut) ja säilyttää hartioiden tason painovoimaa tai rasiusta vastaan. Keskimäinen osa vetää lapaluuta kohti selkärankaa. Nouseva osa laskee hartioita.