MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

ASENTOTAJUKOULUTUKSEN MERKITYS ASENTOTAJUN HALLINNASSA

Pro-gradu -tutkielma

Kadettiylikersantti
Jari Sorvari

Kadettikurssi 89
Ilmavoimien ohjaajalinja

Helmikuu 2006

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Kadettikurssi 89	Ilmavoimien ohjaajalinja

Tekijä

Kadettiylikersantti Jari Sorvari

Tutkielman nimi

Asentotajukoulutuksen merkitys asentotajun hallinnassa

Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotilaspedagogiikka	Kurssikirjasto (MpKK:n kirjasto)

Aika: Helmikuu 2006	Tekstisivuja: 110	Liitesivuja: 8

TIIVISTELMÄ

Asentotaju kuvaa ihmisen kykyä määrittää oma asento maanpintaan nähden. Maanpinnalla asentotaju on helppo säilyttää, mutta kun ihminen on ilmassa kolmiulotteisessa ympäristössä, g-voimien alaisuudessa, pilvessä, sumussa, sateessa tai pimeydessä, on asentotajun hallinta huomattavasti vaikeampaa. Ilmassa ihmisen aistit saattavat antaa ohjaajalle virheellisiä harha-aistimuksia. Aistiharhoista johtuva asentotajun menettäminen (SD = spatial disorientation) on merkittävä riski ilmailussa. Se aiheuttaa maailmassa vuosittain lentoonnettomuuksia, joista 90 % on fataaleja.

Tutkimus on laadullinen tutkimus ja tutkimusmetodina käytettiin dokumenttianalyysiä. Tutkimuksessa pyrittiin eri dokumenttien, kirjallisuuden, aikaisempien tutkimusten ja omien kokemusten pohjalta vastaamaan seuraaviin pää- ja alaongelmiin: Miten asentotajun säilyttämistä vaativissa olosuhteissa voidaan harjoitella? Millaisia tuloksia asentotajukoulutuksella on saavutettu? Miten ja millaisella koulutusohjelmalla Suomen ilmavoimien tulisi aloittaa asentotajukoulutus?

Tutkimuksessa selvitettiin sotilaslentäjän toimintakyvyn ja ilmailufysiologian kautta asentotajun muodostumista, eri aistiharhoja ja niiden syntymekanismeja. Tutkimus antaa viitteitä siitä, että asentotajukoulutuksen avulla voidaan parantaa ohjaajan asentotajun hallintaa. Tutkimuksessa pyrittiin asentotajukoulutuksen vaatimusten pohdinnan kautta myös selvittämään, mikä on tehokkain tapa kouluttaa ohjaajien asentotajun hallintaa. Tutkimuksessa perehdyttiin tarkemmin Alankomaiden ja Iso-Britannian ilmavoimien antamaan asentotajukoulutukseen. Tutkimuksessa suunniteltiin em. maiden ilmavoimien asentotajukoulutuksesta saatujen havaintojen ja kokemusten pohjalta Suomen ilmavoimille muutamia asentotajukoulutusvaihtoehtoja.

AVAINSANAT:

Asentotaju, aistiharhat, illuusiot

ASENTOTAJUKOULUTUKSEN MERKITYS ASENTOTAJUN HALLINNASSA

1. JOHDANTO ... 5
1.1. Tutkimusongelma ... 6
1.2. Aiheen rajaus ... 8
1.3. Aikaisemmat tutkimukset ... 8
1.4. Tutkimusmenetelmät ... 11
1.4.1. Kvalitatiivinen vs. kvantitatiivinen tutkimusote ... 11
1.4.2. Laadullinen tutkimusote ... 12
1.4.3. Tutkimusmenetelmien käyttö tutkimuksessa ... 14
1.5. Keskeiset käsitteet ... 16

2. SOTILAAN TOIMINTAKYKY ... 17
2.1. Tutkimuksen viitekehys ... 17
2.2. Toiminta-, suoritus- ja taistelukyky ... 18
2.3. Fyysinen toimintakyky ... 21
2.4. Sotilaslentäjän toimintakyvyn vaatimukset ... 24
2.5. Asentotajun muodostuminen ... 25
2.5.1. Näköaisti ... 26
2.5.2. Tasapainoaisti ... 27
2.5.3. Asentoaisti ... 30
2.5.4. Kuuloaisti ... 31

3. ASENTOTAJUN MENETTÄMINEN ... 32
3.1. Asentotajun menetykseen johtavat tekijät ... 32
3.2. Asentotajuharhat ... 36
3.2.1. Näköharhat ... 38
3.2.1.1. Keskeisnäön harhat ... 38
3.2.1.2. Ääreisnäön harhat ... 44
3.2.2. Tasapainoelimen aiheuttamat aistiharhat ... 47
3.2.2.1. Somatogyyriset aistiharhat ... 48
3.2.2.2. Somatograaviset aistiharhat ... 53
3.2.3. Yhdistelmäharhat ... 55

3.3. Asentotajun menetyksen tyypit ... 57
3.4. Asentotajun säilyttäminen ... 61

4. ASENTOTAJUKOULUTUS ... 69
4.1. Asentotajusimulaattoritutkimus ... 69
4.2. Asentotajukoulutusvaatimukset ... 75
4.3. Alankomaiden ilmavoimien (RNLAF) asentotajukoulutus ... 80
4.4. Iso-Britannian ilmavoimien (RAF) asentotajukoulutus ... 93
4.5. Suomen ilmavoimien asentotajukoulutusvaihtoehtoja ... 96
4.5.1. Asentotajukoulutus Suomessa ... 99
4.5.2. Asentotajukoulutus ulkomailla ... 103

5. JOHTOPÄÄTÖKSET ... 108
5.1. Tulokset ... 108
5.2. Tarkastelu ... 112

TAULUKOT JA KUVIOT ... 115

LÄHTEET ... 119

LIITTEET ... 124

ASENTOTAJUKOULUTUKSEN MERKITYS ASENTOTAJUN HALLINNASSA

1. JOHDANTO

Perjantaina 16. heinäkuuta vuonna 1999 syöksyi Piper Saratoga –lentokone mereen Yhdysvalloissa Massachusettsin rannikolla. Kyydissä oli kolme erittäin tunnettua ja ihailtua julkkista - Yhdysvaltojen entisen presidentin poika John F. Kennedy Jr, hänen vaimonsa Carolyn ja vaimon sisar Lauren Bessette. Kaikki kolme henkilöä menettivät henkensä onnettomuudessa. Tieto tragediasta levisi hetkessä ympäri maailmaa. Myöhemmin julkaistun onnettomuusraportin mukaan lentokoneen verhouksessa, moottorissa, avioniikkalaitteissa tai muissa teknisistä järjestelmissä ei ollut vikaa. Onnettomuus tapahtui yöllä hieman utuisen meren päällä. Hallitsemattoman syöksyn todennäköiseksi syyksi on osoittautunut ohjaajan asentotajun menettäminen. (Roscoe 1999, 22.)

Asentotaju kuvaa ihmisen luonnollista kykyä säilyttää oma asento liikkeen aikana suhteessa ympäristöön. (Antuñano 2003). Alkuaikoina ihmisen selviytymisen elinehto oli kehon tasapainon säilyttäminen. Jos ihminen ei pystynyt säilyttämään tasapainoa, ei hän olisi päässyt ruuan luokse. Ihmiset ovat tottuneet hallitsemaan asentoaan maanpinnalla, mutta ongelmia syntyy siirryttäessä ilmaan, jossa liikkeet tapahtuvat kolmiulotteisessa ympäristössä. Lennettäessä ihmisen aistit kohtaavat haasteita, joihin ne eivät ole ovat maan päällä tottuneet.

”Asentotajulla tarkoitetaan ihmisen kykyä määritellä oma sekä lentokoneen asento, liike ja asema maan vetovoiman (maan pintaan) nähden” (Vapaavuori & Sorsa 2005, 47). Kansainväliset tilastot osoittavat, että noin 5-10 % kaikista lento-onnettomuuksista johtuu asentotajun menettämisestä, ja 90 % näistä onnettomuuksista aiheuttaa ihmishenkien menettämisiä. Durnfordin, Crowleyn, Rosadon, Harperin ja DeRochen vuonna 1995 tekemässä tutkimuksessa (Spatial Disorientation: A survey of U S Army Helicopter Accidents 1987-1992) tutkittiin asentotajun menettämisen osuutta Yhdysvaltojen armeijan helikopterionnettomuuksissa vuo-

sien 1987-1992 aikana. Tutkimus osoitti, että asentotajun menettäminen oli ensisijaisena syynä jopa 32 %:ssa onnettomuuksista. (Durnford, Crowley, Rosado, Harper & DeRoche 1995, 12.) Yhdysvaltojen ilmavoimien mukaan helikopterilentäjät ovat suurimmassa vaarassa joutua asentotajun menettämisestä johtuviin onnettomuuksiin. U S Air Forcen mukaan toiseksi eniten onnettomuuksia tapahtuu hävittäjälentäjille.

1.1. Tutkimusongelma

Asentotajun muodostumisen edellytyksenä keskushermostossa ovat näköaistiin, tasapainoaistiin, asentoaistiin sekä kuuloaistiin perustuva asennon määrittely. Kyseisten aistien tarkoituksena on toimia tehokkaasti maan pinnalla, mutta haasteita näiden aistien toimintaan tuo kolmiulotteinen lentoympäristö. Ilmassa aistit eivät välttämättä toimikaan odotetulla tavalla. Joissain tapauksissa aistit saattavat antaa harhaanjohtavaa informaatiota etenkin, kun visuaaliset edellytykset heikkenevät joko horisontin tai maanäkyvyyden suhteen. Lentäessä asetetaan ihmisen aistit äärirajoille eivätkä ne toimi silloin optimaalisesti. (Helde 2002, 2.) Seuraavassa on esitelty tutkimuksen pää- ja alaongelmat:

Tutkimuksen pääongelma:
Miten asentotajun säilyttämistä vaativissa olosuhteissa voidaan harjoitella?

Tutkimuksen alaongelmat:
Millaisia tuloksia asentotajukoulutuksella on saavutettu?
Miten ja millaisella koulutusohjelmalla Suomen ilmavoimien tulisi aloittaa asentotajukoulutus?

Vaativilla olosuhteilla tarkoitetaan näköaistia rajoittavia tai harhauttavia tekijöitä, kuten pilviä, sumua, sadetta, savua ja pimeyttä. Ilmavoimilla ei ole vielä toistaiseksi varsinaista asentotajukoulutusta. Tutkimuksen pohjaksi on selvitetty asentotajun muodostumista eri aistien avulla ja tutkittu millaisia asentotajun menetykseen johtavia aistiharhoja voi syntyä. Lisäksi on selvitetty asentotajun säilyttämiseen vaikuttavia tekijöitä, tutustuttu asentotajukoulutusvaihtoehtoihin ja lopuksi pyritty kartoittamaan, miten Suomen ilmavoimien tulisi aloittaa asentotajukoulutus. Tutkimuksen tavoitteena on luoda Suomen ilmavoimille eri asentotajukoulutusvaihtoehtoja. Aiheen tärkeyttä kuvaa se, että lähes 90 prosenttia asentotajusta johtuvista onnettomuuksista on kuolemaan johtavia, kuten vuonna 2004 tapahtunut HW -onnettomuus. Erityisesti lentokorkeuden ollessa pieni riski fataaleihin asentotajun menetyksestä johtuviin onnettomuuksiin kasvaa.

Aihetta on tutkittu ulkomailla melko paljon. Yhdysvalloissa on tehty runsaasti asentotajuun liittyviä tutkimuksia. Muun muassa NASA, U S Army, U S Navy ja U S Air Force ovat katsoneet aiheen niin tärkeäksi, että he ovat kehittäneet erilaisia koulutuslaitteita asentotajun hallinnan kehittämiseksi. Suomessa asentotajun tutkiminen on jäänyt melko vähäiseksi. Kuitenkin viime vuosikymmeninä aihe on ymmärretty entistä tärkeämmäksi, koska asentotajun menetysriskin tiedostamisella ja ohjaajan oikeilla toimenpiteillä kyseisissä riskitilanteissa voidaan vaikuttaa onnettomuuksien ehkäisemiseen. Suomen ilmavoimissa erityisesti Tammisaaren onnettomuus oli asentotajuongelmaa herättävä tapaus. Onnettomuuden todennäköisenä syynä oli asentotajun menettämisestä johtunut hallitsematon syöksy. Kyseisessä fataalissa onnettomuudessa MiG-21BIS -hävittäjä syöksyi maahan matalasuunnistustehtävällä näkyvyyden heikennyttyä. (MG-128:n lento-onnettomuuden tutkintapöytäkirjan tutkimuskertomus 1992.)

Tutkimuksen aihe on erittäin ajankohtainen. Sekä sotilas- että siviililentotoiminnassa asentotajun menettämisestä johtuvia onnettomuuksia tapahtuu toistuvasti. Viimeisin Suomessa tapahtunut asentotajun menettämisestä aiheutunut siviili-ilmailun onnettomuus tapahtui Pertunmaalla helmikuussa 2003. Onnettomuudessa potkurikone ajautui jyrkkään hallitsemattomaan syöksyyn, minkä seurauksena sekä koneen ohjaaja että kaksi matkustajaa saivat surmansa. (Lento-onnettomuus Pertunmaalla 23.2.2003, 3.)

Suomen ilmavoimia järkytti Siikaisten lento-onnettomuus syyskuussa 2004. Onnettomuudessa menehtyi Suomen ilmavoimien ohjaaja maahansyöksyn seurauksena. Tutkintalautakunnan mukaan HW-325:n lento-onnettomuuteen myötävaikuttavana tekijänä oli asentotajun menetys. Edellä mainittujen lento-onnettomuuksien lisäksi muita Suomessa tapahtuneita selkeästi asentotajun menettämisestä johtuneita sotilasilmailun onnettomuuksia olivat Fouga Magisterin syöksyminen maahan yölennolla Alahärmässä vuonna 1972 ja MiG-21BIS –hävittäjäkoneen syöksyminen suohon Kiuruvedellä vuonna 1982. Molemmissa onnettomuuksissa ohjaajat saivat surmansa. Näiden onnettomuuksien lisäksi muutamissa muissa lento-onnettomuuksissa on ollut myötävaikuttavana tekijänä asentotajun menettäminen. Tulevaisuudessa Suomen ilmavoimien asentotajukoulutuksen tarvetta lisäävät sekä pimeänäkölaitteiden käyttö (NVG) että siirtyminen kypärätähtäimen käyttöön (HMCS). Molemmissa järjestelmissä asentotajun muodostumista vaikeuttaa ääreisnäön tuottaman informaation heikkeneminen, mikä lisää asentotajuongelmien syntymistä.

Tutkimuksen tekijä on saanut lentokoulutuksessa kokea kuinka helposti asentotajun voi menettää. Hawk-lentokoulutuksessa hän on kokenut eri kiihtyvyysvoimien alla miten asento- ja tasapainoaistin harhauttaminen saattaa johtaa erilaisiin aistiharhoihin etenkin visuaalisten kiintopisteiden kadotessa. Varsinkin mittari- ja osastolentokoulutuksessa syntyy hyvin usein aistiharhoja. Tutkimuksen tekijä on tutustunut sekä Alankomaiden ilmavoimien (RNLAF) että Iso-Britannian ilmavoimien (RAF) asentotajukoulutukseen. Hän on ollut Alankomaissa viikon ajan tutustumassa RNLAF:n asentotajukoulutukseen. Alankomaissa hän sai kattavan kuvan nykyaikaisesta asentotajukoulutuksesta sekä teoriassa että käytännössä. Lisäksi hän on ollut Ruotsissa sentrifugi-koulutuksessa ja kokenut siellä, miten asentotajua voidaan harhauttaa eri suuruisilla kiihtyvyysvoimilla.

1.2. Aiheen rajaus

Asentotajua voidaan määrittää maanpinnalla, vedessä ja ilmassa. Tutkimuksessa käsitellään ainoastaan lentämiseen liittyvää asentotajun hallintaa. Aistiharhat on rajattu näköaistin ja tasapainoaistin aiheuttamiin illuusioihin ja niiden yhdistelmiin. Kaikkein vaarallisimmat illuusiot, jotka johtavat asentotajun menettämiseen, muodostuvat sisäkorvan tasapainoelimessä. Tämän takia on katsottu tarpeelliseksi keskittyä näköaistin aiheuttamien illuusioiden lisäksi tasapainoelimen aiheuttamiin aistiharhoihin. Tutkimus on rajattu käsittelemään ainoastaan Alankomaiden ilmavoimien (RNLAF) ja Iso-Britannian ilmavoimien (RAF) toteuttamaa asentotajukoulutusta.

1.3. Aikaisemmat tutkimukset

Asentotajun menettämisestä johtuvat lento-onnettomuudet ovat saaneet tutkijat syventymään asentotajun hallinnan kehittämiseen. Asentotajututkimuksia on tehty varsin paljon etenkin suurimpien maiden ilmavoimissa. Erityisesti amerikkalaiset tutkijat ovat tutkineet asentotaju-asioita. He ovat laskeneet puutteellisesta asentotajun hallinnasta johtuvien lento-onnettomuuksien aiheuttavan satojen miljoonien dollareiden vuosittaiset menetykset. Ohjaajien kuolemat kyseisissä lento-onnettomuuksissa ovat tietysti korvaamattomia. Suomessa asentotajun tutkiminen on jäänyt melko vähäiseksi. Joitakin yksittäisiä asentotajuun liittyviä tutkimuksia on myös Suomessa tehty. Seuraavassa esitellään lyhyesti asentotajuun liittyviä aikaisempia tutkimuksia.

Holmesin, Buntingin, Brownin, Hiattin, Braithwaiten ja Harriganin vuonna 2003 tekemässä laajassa kyselytutkimuksessa (Survey of spatial disorientation in military pilots and navigators) selvitettiin asentotajun menettämiseen johtavien illuusioiden esiintymistä sotilasilmai-

lussa. Kyselyyn osallistui 752 Royal Air Forcen (RAF) ohjaajaa tai tähystäjää. Tutkimus osoitti mm. sen, että aistiharhat vaakalennosta ja vastakkaissuuntaisesta liikkeestä ovat tavallisimmin esiintyvät illuusiot. Tutkimuksesta ilmeni myös, että asentotajukoulutuksen saaneet ohjaajat raportoivat huomattavasti useammin kokeneensa asentotajuharhoja. Tämä viittaisi siihen, että ohjaajat (varsinkin kouluttamattomat) eivät aina tunnistaneet asentotajuharhoja. (Holmes, Bunting, Brown, Hiatt, Braithwaite & Harrigan 2003, 957.)

Braithwaiten, Douglassin, Durnfordin ja Lucasin vuonna 1998 tekemässä tutkimuksessa (The hazard of spatial disorientation during helicopter flight using night vision devices) pyrittiin selvittämään pimeänäkölaitteiden (pimeänäkölasit ym.) käytön vaikutusta asentotajuharhoihin. Tutkimus toteutettiin vuosien 1987 - 1995 tapahtuneiden U S Armyn helikopterionnettomuuksien pohjalta. Tutkimuksen mukaan lähes puolessa asentotajun menettämisestä johtuneista helikopterionnettomuuksissa oli käytetty pimeänäkölaitteita. Sellaisissa onnettomuuksissa, joissa asentotajuharhat eivät olleet vaikuttavina tekijöinä, vain 13 %:ssa käytettiin pimeänäkölaitteita. Tutkimustulokset osoittavat sen, että pimeänäkölaitteita käytettäessä asentotajuharhojen aiheuttamien onnettomuuksien riski kasvaa moninkertaiseksi. (Braithwaite, Douglass, Durnford & Lucas 1998a, 1038.)

Braithwaiten vuonna 1992 tekemästä tutkimuksesta (The British Army Air Corps in-flight spatial disorientation demonstration sortie) ilmenee se, että asentotajukoulutuksella on ollut merkitystä helikopterionnettomuuksien vähenemisessä. Tutkimus tehtiin brittiläisille helikopterilentäjille. Brittiläisessä asentotajukoulutuksessa maassa järjestetty teoria- ja simulaatiokoulutus on integroitu vuodesta 1982 lähtien helikopterilentäjien lentoympäristöön erityisellä taistelulennolla, jolla kuvataan asentotajuharhoja. Kyseinen taistelulento järjestetään kertauksena aina neljän vuoden välein. Braithwaiten tekemässä tutkimuksessa verrattiin asentotajun menettämisestä johtuneita onnettomuuksia ennen asentotajukoulutuksen aloittamista (vuosien 1971 - 1982 aikana) ja asentotajukoulutuksen aloittamisen jälkeen (vuosien 1983 - 1993 välillä). Asentotajun menettämisestä johtuneita onnettomuuksia tapahtui vuosien 1971 - 1982 välillä keskimäärin 2.04 onnettomuutta 100000 lentotuntia kohden ja vuosien 1983 - 1993 välillä keskimäärin 0.57 onnettomuutta 100000 lentotuntia kohden. Edellä mainittujen onnettomuusanalyysien mukaan asentotajukoulutuksella on selvästi ollut merkitystä asentotajun menettämisestä johtuneiden helikopterionnettomuuksien vähentymisessä. (Braithwaite 1997, 342.)

Jian, Yun, Bin, Wangin, Liun ja Xien vuonna 2001 tekemän tutkimuksen (Ground simulation of the G-excess illusion) mukaan G-ylimäärän harha voidaan kuvata yksinkertaisesti sentrifugiympäristössä. Tutkimuksessa tutkittiin 12 ohjaajan aistihavaintoja kuormituskertoimella G = 1.6. Ohjaajien tuli liikuttaa päätä sekä sivuille että ylös ja alas. Ohjaajien kuvaama kallistus/nokan nousu oli huomattavasti todellista kallistusta/nokan nousua suurempi. Tutkimus osoitti, että huolimatta voimakkaasta coriolis-vaikutuksesta, voitiin G-ylimäärän harha kuvata ohjaajille tehokkaasti sentrifugissa. (Jia, Yu, Bi, Wang, Liu & Xie 2001, 88 - 91.)

Braithwaiten, Durnfordin, Grohn, Jonesin, Higdonin, Estradan ja Alvarezin tekemässä tutkimuksessa (Flight simulator evaluation of a novel flight instrument display to minimize the risks of spatial disorientation) tutkittiin uuden helikopterinäytön vaikutusta asentotajun hallinnan parantamisessa. Tutkimuksessa 16 ohjaajaa lensi UH-60 simulaattorilla mittarilentoja, jotka sisälsivät epätavallisista oikaisuja sekä vanhalla analogisella mittaristolla että uudella tuulilasinäytöllä. Tutkimukset osoittivat, että uudella tuulilasinäytöllä lennettäessä ohjaajien asentotaju säilyi paremmin sekä mittarilennoissa että epätavallisista lentotiloista oikaisuissa. (Braithwaite, Durnford, Groh, Jones, Higdon, Estrada & Alvarez 1998b, 733.)

Bukhtiarovin, Vorobjovin, Khomenkon ja Ushakovin tekemässä tutkimuksessa (The mechanism of spatial orientation in conditions of G-stress) pyrittiin selvittämään g-voimien vaikutusta asentotajun hallintaan. Tutkimus tehtiin sentrifugi-ympäristössä kuuden ohjaajan voimin. Tutkimus osoitti, että g-voimien lisääntyessä ohjaajien asentotajun hallinta vaikeutui. Tutkijoiden mukaan g-voimien alaisuudessa olleet ohjaajat, jotka luottivat mittareiden sijasta pääsääntöisesti näköaistin tuottamiin havaintoihin, altistivat itsensä asentotajuharhoille muita useammin. (Bukhtiarov, Vorobjov, Khomenko & Ushakov 2004, 17 - 20.)

Ercolinen, Selfin ja Matthewsin tekemässä tutkimuksessa (Effects of three helmet-mounted display symbologies on unusual attitude recognition and recovery) pyrittiin selvittämään olisiko nykyisille kypäränäytöissä (Helmet-mounted display, HMD) oleville Head Up Display:n (HUD) symboleille parempia vaihtoehtoja asentotajun säilyttämisen kannalta. Tutkimuksessa järjestettiin yhdeksälle ohjaajalle simulaattoriympäristössä erilaisia epätavallisia lentotiloja, joista heidän piti oikaista kone siivet vaakasuoraan. Simulaattorilentojen aikana tutkittiin ohjaajien reaktioaikoja ja virheliikkeitä erilaisilla kypäränäyttöjen symboleilla lennettäessä. Tutkimus osoitti, että nykyinen sekä HMD:ssä että HUD:ssa käytettävä symboliikka ei ole paras mahdollinen. Uudella grapefruit displaylla (GD) lennettäessä asentotajun säilyminen oli merkittävästi parempi verrattuna nykyiseen symboliikkaan. Grapefruit displayssa on lentokoneen asentoa kuvaava kaari, joka muuttaa asentoaan lentokoneen kallistuksen vaihtuessa. Kaaren

pituus on riippuvainen lentokoneen nousu- tai liukukulmasta. (Liitteessä 2 on selvitetty eri näyttöjen ominaisuuksia tarkemmin.) GD:n symboleilla lennettäessä ohjaajien reaktioajat olivat parempia ja virheliikkeiden määrä oli pienempi verrattuna muilla symboleilla lentämiseen. (Ercoline, Self & Matthews 2002, 1053.)

Hannolan tekemässä tutkimuksessa (Motorinen suorituskyky sotilaslentäjillä: Kaularangan ja vartalon maksimaalinen isometrinen voima, ryhti ja lihastasapaino, anaerobinen teho, aerobinen kunto, räjähtävä voima sekä Aerotrim® kuormituksen vaikutus seisomatasapainoon sotilaslentäjillä) tutkittiin em. tekijöiden vaikutusta sotilaslentäjien motoriseen suorituskykyyn. Tutkimukseen osallistui 21 Suomen ilmavoimien sotilaslentäjää. Tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että sotilaslentäjien tasapainoa ylläpitävien järjestelmien toiminta tehostuu vähäisessä määrin Aerotrim® -tyyppisen kuormituksen jälkeen. (Hannola 2005, 108.)

1.4. Tutkimusmenetelmät

Tässä luvussa on esitelty tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät. Luvun alussa on vertailtu määrällisen ja laadullisen tutkimusotteen eroja. Tutkimus painottuu enemmän laadulliseen tutkimukseen, joten sitä on käsitelty hieman tarkemmin jäljempänä. Tutkimuksessa on pohdittu laadullisen tutkimuksen lajeja ja selvitetty tarkemmin tutkimuksessa käytetyn tutkimusmetodin (dokumenttianalyysi) piirteitä. Lopuksi on kuvailtu, miten tutkimusmenetelmien käyttö ilmenee tässä tutkimuksessa.

1.4.1. Kvalitatiivinen vs. kvantitatiivinen tutkimusote

Tutkimuksen tekemisessä on oleellista päästä lähemmäksi totuutta tutkittavassa asiassa. Sillä, päästäänkö tähän tulokseen kvalitatiivisen (laadullinen) vai kvantitatiivisen (määrällinen) tutkimusmenetelmän keinoin, ei ole merkitystä. Jotkut tutkimukset rajautuvat selkeästi kvantitatiivisiin, kun taas toiset kvalitatiivisiin tutkimuksiin. Monesti lähimmäksi totuutta päästään käyttämällä hyväksi kumpiakin lähestymistapoja. Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen ei katsota olevan toisiaan poissulkevia menetelmiä vaan toisiaan täydentäviä suuntauksia.

Määrällisen tutkimuksen voidaan karkeasti sanoa käsittelevän numeroita ja laadullisen merkityksiä. Määrällisen tutkimuksen havaintoaineisto soveltuu numeeriseen mittaukseen, jota analysoidaan tilastollisin menetelmin. Saaduista tuloksista voidaan tehdä loogisia päätelmiä. Määrällisen tutkimuksen keskeisiä piirteitä ovat johtopäätökset aikaisemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat ja hypoteesien esittäminen. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara 2003, 129.)

Laadullisen tutkimuksen ideana on kuvailla jotakin ilmiötä seikkaperäisesti, saada jokin asia ymmärrettäväksi ja kehittää todellisuutta vastaavasta aineistosta uutta teoriaa. Laadullinen tutkimus pyrkii antamaan teoreettisesti mielekkään tulkinnan jollekin ilmiölle. Laadullinen tutkimus kuvaa yleensä todellista elämää ja siinä pyritään tutkimaan kohdetta mahdollisimman laajasti. (Hirsjärvi ym. 2003, 152.) Se, millaista tietoa tarvitsemme, vaikuttaa tutkimusmenetelmän valintaan. Toisinaan tarvitsemme tarkkaa numeerista tietoa ja joskus taas laatua sisältävä tieto on mielekkäämpää.

Tässä tutkimuksessa painotutaan enemmän kvalitatiivisen suuntauksen puolelle. Havaintoaineisto koostuu aikaisemmista tutkimuksista, kirjoituksista, dokumenteista ja omista havainnoista. Käytettävä aineisto ei ole numeerista eikä tutkimuksen tekijällä ole käytännössä mahdollisuutta järjestää empiiristä koetilannetta tutkittavasta aiheesta. Tutkimuksen tekijä on katsonut tarpeelliseksi tutustua tarkemmin laadulliseen tutkimusotteeseen ja sen lajeista dokumenttianalyysin tutkimiseen. Tutkimuksen tekijän mielestä dokumenttianalyysi vaikuttaa sopivimmalta tutkimusmetodilta. Siinä käytetään havaintoaineistona valmiita dokumentteja ja aikaisempia tutkimuksia.

1.4.2. Laadullinen tutkimusote

Laadullisessa tutkimuksessa ei pyritä tilastollisiin yleistyksiin vaan ideana on kuvailla jotakin ilmiötä seikkaperäisesti, saada jokin asia ymmärrettäväksi ja kehittää todellisuutta vastaavasta aineistosta uutta teoriaa. Laadullisessa tutkimuksessa kerätään aineistoa yleisimmin haastattelulla, kyselyllä, havainnoinnilla ja erilaisista dokumenteista. Niitä voidaan käyttää joko vaihtoehtoisina, rinnakkain tai eri tavoin tutkittavan ongelman ja tutkimusresurssien mukaan. (Tuomi & Sarajärvi 2004, 73.) Laadullinen tutkimusote etenee käytännön ilmiöstä ja havainnoista yleiselle tasolle eli empiriasta teoriaan.

Ihminen tiedon kerääjänä

Kvalitatiivisessa tutkimusotteessa ihminen toimii yleensä tiedon kerääjänä. Mittausvälineillä hankittavan tiedon sijasta luotetaan enemmän tutkijan omiin havaintoihin. Lähtökohtana ei ole jonkin teorian tai hypoteesin testaus, vaan tutkijan tavoitteena on paljastaa uusia, odottamattomia seikkoja. (Hirsjärvi ym. 2003, 155.) Kvalitatiivisen tutkimuksen keskeiset tutkimusmetodit ovat havainnointi, tekstianalyysi, haastattelu ja litterointi. Näitä metodeja suositaan, jotta tutkittavan näkökulmat tulisivat mahdollisimman hyvin esille. Havainnointi on perustava menetelmä toisen kulttuurin ymmärtämisessä ja tekstianalyysin avulla ymmärretään jäsenten käyttämiä kategorioita. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa haastattelulla esitetään avoimia kysy-

myksiä valituille henkilöille tai ryhmille. Litterointia, puhtaaksi kirjoittamista, käytetään sen ymmärtämiseen kuinka tutkittavat organisoivat puheensa tai kirjoituksensa. (Metsämuuronen 2003, 167.) Laadullisessa tutkimuksessa tutkittavia tapauksia käsitellään ainutlaatuisina ja aineistoa tulkitaan sen mukaisesti. Tutkimus etenee joustavasti ja suunnitelmia muutetaan olosuhteiden mukaisesti.

Tapaustutkimus osana laadullista tutkimusta

Laadulliseen tutkimukseen kuuluu lukuisia tutkimusmetodeja. Yinin (1983) mukaan laadullinen tutkimus on luonteeltaan tyypillisesti tapaustutkimusta, jossa ilmiötä pyritään kuvailemaan tiiviisti. Tapaustutkimus on empiiristä tutkimusta, joka monipuolisia tietoja hyväksi käyttäen tutkii tapahtumaa tai ihmistä tietyssä ympäristössä. (Metsämuuronen 2003.) Laadullisen tutkimusmetodologian käyttö on yleistynyt eri tieteenaloilla erityisesti eurooppalaisessa, mutta myös suomalaisessa tutkimuskäytännössä.

Tutkimuksen tekijä on tutustunut useimpiin laadullisen tutkimuksen lajeihin. Erityisesti hän on tutustunut aineistolähtöiseen sisällönanalyysiin ja dokumenttianalyysiin. Aineistolähtöinen sisällönanalyysi on menetelmä, joka luokittelee ja tiivistää valittua aineistoa. Aineisto pyritään luokittelemalla tuomaan tutkijalle helpommaksi hallita ja tehdä johtopäätöksiä. Aineistolähtöinen sisällönanalyysi ei vaadi välttämättä jo olemassa olevaa teoriaa. Dokumenttianalyysissä tutkitaan eri dokumentteja ja pyritään niiden avulla ratkaisemaan asetettuja tutkimusongelmia. Tutkijan mielestä kummallakin tutkimusmenetelmällä voitaisiin hyvin tutkia käsiteltävää aihetta. Saatavilla olevasta aineistosta johtuen hän on katsonut dokumenttianalyysin menetelmän sopivan työhönsä hieman paremmin. Seuraavassa käsitellään hieman dokumenttianalyysin keskeisiä piirteitä.

Dokumenttianalyysi

”Dokumenttianalyysi tarkoittaa kaiken sellaisen todennettavissa olevan, usein sosiaalisia tekijöitä sisältävän tutkimusaineiston analyysia, jota ei saada kokoon suorien, välittömien havaintojen teolla” (Anttila 1998). Se voi olla suullisia, painettuja tai käsinkirjoitettuja selontekoja tutkittavasta aiheesta. Haastatteluin tai kyselyin kerätyn aineiston sijaan voidaan tutkimusaineistona käyttää valmiita dokumentteja. Joskus saadaan tietoa kerättyä jostakin asiasta ainoastaan valmiin aineiston pohjalta. (Anttila 1998.) Tämän tutkimuksen tekijällä ei ole mahdollisuutta järjestää tutkittavasta aiheesta empiiristä koetilannetta tutkimusvälineiden ja resurssien puutteen vuoksi. Dokumenttianalyysi sopiikin hyvin sellaiseen tutkimukseen, jossa uuden aineiston kokoaminen on taloudellisesti suorastaan mahdotonta. Joskus on käytännössä helpompaa ja järkevämpää tukeutua valmiisiin dokumentteihin, mikäli ne ovat hyvin saatavilla

esimerkiksi kirjallisuudesta, tutkimuksista, lehtiartikkeleista, asiantuntijoilta tai tilastoista. Varsinkin silloin, kun tutkittava asia on uusi eikä siitä juurikaan tiedetä, ovat valmiit dokumentit usein hyvin antoisia. Tällöin on hyvä tutkia mitä muut ovat saaneet tutkittavasta ilmiöstä irti ja millä menetelmillä. (Anttila 1998.)

Dokumenttiaineisto jaetaan usein primaari- ja sekundaarilähteisiin. Mayn (1994) mukaan primaari- eli alkuperäislähteet ovat peräisin siltä henkilöltä tai taholta joka on asian saanut aikaan, laatinut, tallentanut tai kokenut. Sekundaari- eli toisen käden lähde toistaa alkuperäistä dokumenttia. Sekundaarilähteiden tulkinnassa täytyy tutkijan olla lähdekriittinen ja mielellään pyrkiä alkuperäislähteelle. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista. Joidenkin lähteiden ääreen pääsee helpommalla kuin toisten. Jotkut tutkijat jakavatkin dokumenttiaineiston sen saatavuusasteen mukaan neljään kategoriaan: suljettu aineisto, rajoitetusti saatavilla oleva aineisto, avoin arkistoitu aineisto ja avoin julkaistu aineisto. (Metsämuuronen 2003.)

Dokumenttianalyysin huonona puolena on se, että kaikki aineisto on aikaisemmin koottu ja mahdollisesti aivan muuhun tarkoitukseen. Dokumentteja voidaan kuitenkin käyttää ns. triangulaatiossa, eli useamman lähteen samanaikaisessa tarkastelussa. Dokumenttiaineistoa ovat muun muassa lait, asetukset, viranomaisten ohjeet, kirjallisuus, aikakausilehdet, sanomalehdet, yritysten tai laitosten tiedotusmateriaali, tilastot, videot, nauhoitteet, arkistot ym. Dokumenttianalyysissä on otettava erityisesti huomioon lähdekritiikki. Tässä tutkimuksessa on suhtauduttava varauksella etenkin asentotajusimulaattoreiden laitevalmistajien aineistoon, sillä artikkelit ja tutkimustyöt on tarkoitettu tuotteen mainostamiseksi. Kaupalliset yritykset puhuvat tietenkin tuotteestaan parhain päin.

1.4.3. Tutkimusmenetelmien käyttö tutkimuksessa

Laadullisen tutkimusotteen käyttö

Tutkimusmenetelmäksi on valittu laadullinen tutkimusote saatavilla olevan aineiston perusteella. Aineisto on verbaalista, mikä rajaa jo määrällistä tutkimusotetta pois. Tutkimuksessa pyritään vertailemaan useampia aikaisempia tutkimuksia, keräämään tietoa dokumenteista ja peilaamaan niitä omiin kokemuksiin. Tämän vuoksi laadullinen tutkimusote soveltuu hyvin tutkimukseen. Tutkimuksen lähtökohtana ei ole minkään teorian tai hypoteesin testaaminen vaan aineiston monitahoinen ja yksityiskohtainen tarkastelu.

Laadullisen tutkimuksen tekoon ryhdyttäessä on tärkeää, ettei tutkijalla ole suuria ennakkooletuksia, jotka voisivat ohjata haluttuun lopputulokseen. Tämän työn tekijä on aidosti kiin-

nostunut mahdollisuuksista tutkia eri asentotajukoulutusmenetelmiä ja niistä saatuja tuloksia. Hänellä ei oikeastaan ole ennakko-oletuksia tutkittavasta aiheesta, sillä ennen tutkimuksen tekoa hän ei ole tiennyt asentotajukoulutusmenetelmistä ja niiden tuloksista paljoakaan. Suomessa ei toistaiseksi ole varsinaista asentotajukoulutusta, joten kokemukset, jotka voisivat ohjata työn tuloksia, ovat luonnollisesti olemattomat.

Dokumenttianalyysin käyttö

Tutkimuksen tekijä uskoo ratkaisevansa asettamansa tutkimusongelmat parhaiten dokumenttianalyysin keinoin. Se on hyvä vaihtoehto sille, että aineisto kerättäisiin esimerkiksi kyselyin tai haastatteluin. Tutkimuksessa pyritään hyödyntämään valmiita tutkimusaineistoja, artikkeleita sekä asiantuntijoiden antamia haastatteluita. Tässä tutkimuksessa tiedon hankkiminen on ollut melko sirpaleista. Aiheella on liittymäpintoja niin moneen osa-alueeseen, ettei esimerkiksi pelkkä kirjallisuuden tutkiminen riitä. Asentotajun muodostumisen ymmärtäminen vaatii tuntemusta lääketieteestä, ilmailufysiologiasta ja jopa psykologiasta. Tutkija on pyrkinyt saamaan haltuunsa eri osa-alueisiin liittyviä dokumentteja. Hän on pyrkinyt pääsemään primaarilähteille ottamalla suoraan yhteyttä henkilöihin, jotka ovat olleet käsiteltävän asian kanssa tekemisissä. Lisäksi hän on tutustunut eri maiden asentotajukoulutusmenetelmiin haastattelemalla asiantuntijoita ja seurannut asentotajun hallinnan koulutusta Alankomaissa.

Tutkimuksen havaintoaineistosta suljetun aineiston luokkaan kuuluvat Suomen ilmavoimien lento-onnettomuustutkintaraportit, asentotajukoulutusvaatimuksista kertovat maailman johtavien ilmavoimien yhteisen komitean ASCC:n viranomaisohje ja NATO:n STANAG -asiakirja. Rajoitetusti saatavilla olevaa aineistoa ovat osa tutkimuksessa käytetyistä aikaisemmista tutkimuksista sekä tietyt lentokoulutusohjelmat. Tutkimuksessa käytettyä avoimen julkaistun aineiston luokkaan kuuluvaa aineistoa ovat kirjallisuus, aikakausilehdet, julkaistut tutkimukset sekä laitevalmistajien materiaali. Dokumentteja on pyritty käyttämään useampia rinnakkain, jotta saataisiin mahdollisimman laaja kuva käsiteltävästä aiheesta.

Amerikkalaiset tutkijat ovat tutkineet asentotajun hallintaa paljon. Muun muassa U S Air Forcen, U S Armyn ja U S Navyn virallisilta internet-sivuilta on saatu tärkeää informaatiota tutkimukseen. Amerikkalaisista erityisesti asentotajututkimuksessa on kunnostautunut ASMA:n (Aerospace Medical Association) Melchor J. Antuñano. Brittiläisistä asentotajun tutkijoista mainittakoon Malcolm Braithwaite. Hän on tehnyt paljon asentotajuun liittyviä tutkimuksia. Asentotajuun liittyviä tutkimuksia ovat tehneet edellä mainittujen lisäksi mm. hollantilaiset, saksalaiset, itävaltalaiset, venäläiset, intialaiset ja japanilaiset tutkijat. Joitakin tutkimuksia on esitelty aikaisemmat tutkimukset -luvussa.

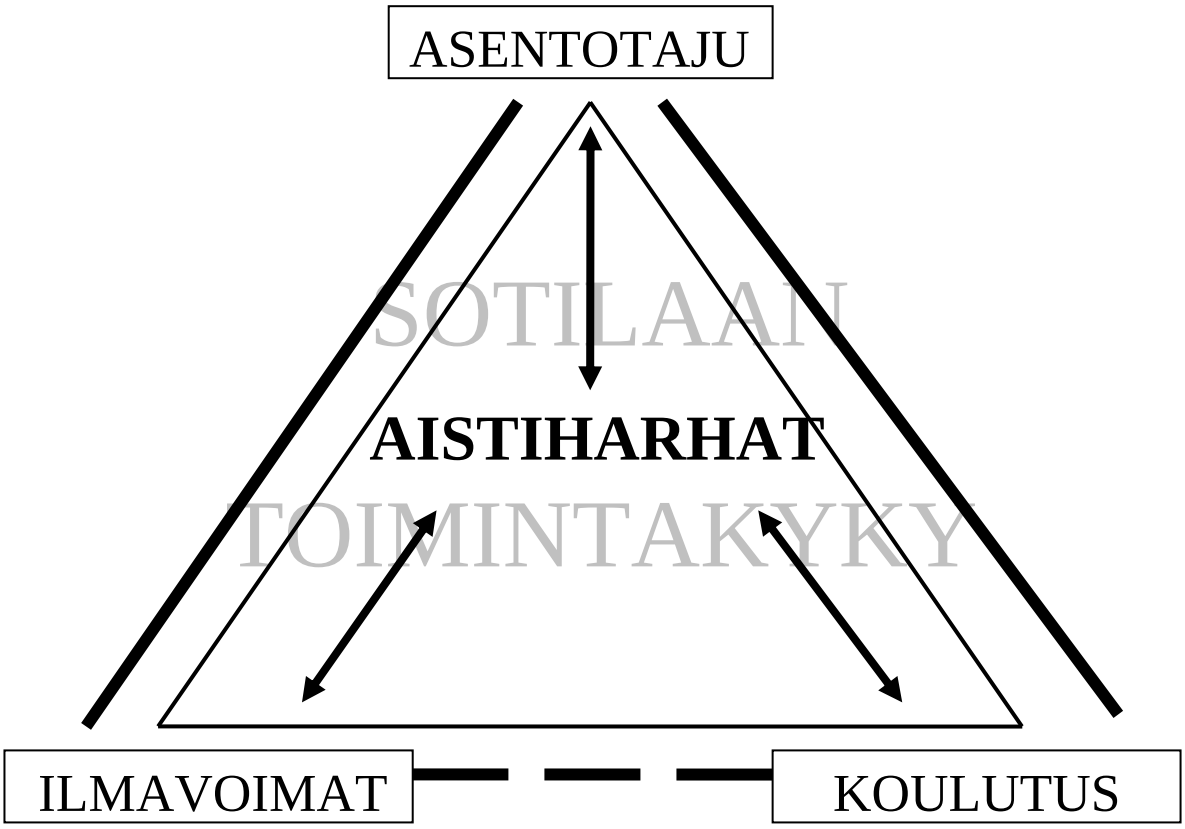
1.5. Keskeiset käsitteet

Asentotaju	Ihmisen kyky määritellä oma asento maanpintaan nähden
Aistiharhat	Harhoja, jotka voivat johtaa asentotajun menettämiseen
Illuusiot	Harhakuvia
Keskeisnäkö	Näköaistin osa, jota ihminen käyttää ensisijaisesti kohteiden havaitsemiseen ja tunnistamiseen
Orientaatio	Asennon määrittely
Somatogyyriset harhat	Harhoja, jotka syntyvät tasapainoelimen kaarikäytävien aistimuksista
Somatograaviset harhat	Harhoja, jotka syntyvät sisäkorvan asentoreseptoreiden aistimuksista
Ääreisnäkö	Näköaistin osa, jota ihminen käyttää asennon määrittelyyn

2. SOTILAAN TOIMINTAKYKY

Tässä luvussa on syvennytty teoriaan, johon tutkimus pohjautuu. Tutkimuksen teoria koostuu sotilaan (sotilaslentäjän) toimintakyvystä ja erityisesti sen fyysisestä osa-alueesta. Tässä luvussa on myös selvitetty tarkemmin fyysiseen osa-alueeseen kuuluvaa asentotajun teoriaa. Asentotajun muodostumista ja eri aistijärjestelmien toimintaa on lähestytty ilmailufysiologian näkökulmasta. Asentotajun hallinta on osa sotilaslentäjän fyysistä toimintakykyä. Seuraavassa on pyritty havainnollistamaan tutkittavaa aihetta ja tutkimuksen kohdetta viitekehyksen avulla.

2.1. Tutkimuksen viitekehys



KUVIO 1. Tutkimuksen viitekehys

Tutkimuksen viitekehyksen kolmiossa aistiharhat pyrkivät purkautumaan edellä kuvatusta kolmiosta ulos. Asentotajun menettäminen tai sen puutteellisuus johtuu usein aistiharhoista. Asentotajun koulutuksella pyritään tunnistamaan aistiharhat ja niiden aiheuttajat. Koulutuk-

sella pyritään vähentämään aistiharhojen aiheuttamia vaaratilanteita ja lento-onnettomuuksia. Asentotajun ja Suomen ilmavoimien välinen viiva kuvaa tietoisuutta vakavasta asentotajun menettämisen vaarasta. Ilmailufysiologian kirjallisuudessa on selvitetty asentotajun menettämisen vaaroja hyvin laajasti. Suomen ilmavoimissa ollaan hyvin tietoisia asentotajuasioissa lentoturvallisuusorganisaation, tutkijoidensa ja ilmailulääkäreidensä ansiosta. Asentotajun ja koulutuksen välinen viiva kuvaa hyvin kehittyneitä asentotajun koulutusmenetelmiä. Kaikki suurimmat ilmavoimat maailmassa kokevat tärkeäksi lentäjien asentotajun hallinnan koulutuksen ja panostavat asentotajun hallinnan tutkimiseen lentoturvallisuuden kehittäjänä. Suomen ilmavoimien ja koulutuksen välinen katkoviiva kuvaa Suomen ilmavoimien mahdollisuuksia kouluttaa lentäjät asentotajun hallintaan lentoturvallisuuden parantamiseksi. Uskon, että kolmiosta ulos pyrkivät aistiharhat pysyisivät paremmin kolmion sisällä, mikäli Suomen ilmavoimien ja koulutuksen välinen katkoviiva saataisiin yhtenäiseksi. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena on selvittää miten ja millaisella ohjelmalla Suomen ilmavoimien tulisi aloittaa asentotajukoulutus. Viitekehyksessä oleva sotilaan toimintakyky on asetettu taustalle kuvaamaan tutkittavan aiheen yläkäsitettä.

2.2. Toiminta-, suoritus- ja taistelukyky

”Sotilaan toimintakyky on sitä, että yksilö pystyy – yksin tai yhdessä toisten kanssa – toimimaan määrätietoisesti ja tilanteen mukaisesti sodan tai sitä alemman asteisten kriisien erilaisissa ympäristöissä” (Toiskallio 1998a, 25). Kun tarkoitetaan joukon kykyä toimia, puhutaan joukon suorituskyvystä. Taisteluissa menestyminen edellyttää tehokasta joukkojen suorituskykyä. Suorituskykyinen joukko taas edellyttää toimintakykyisiä yksilöitä. Sodan aikaisesta joukon suorituskyvystä puhutaan usein joukon taistelukykynä. Se koostuu sotilaiden taistelutahdosta, joukkojen koulutustasosta sekä aseistuksesta ja varustuksesta. Maanpuolustuksen tehoon vaikuttaa kaikki edellä mainitut seikat. Niiden kaikkien tulisi olla korkeatasoista, jotta saavutettaisiin mahdollisimman tehokas maanpuolustus. Jonkin ominaisuuden vähäinen esiintyminen tai puuttuminen kokonaan heikentää joukon taistelukykyä paljon. Vaikka joukolla olisi kaikkein nykyaikaisin varustus, viimeisimmän teknologian mukainen aseistus ja korkealaatuinen koulutus takanaan, mutta siltä puuttuisi tahto taistella, olisi joukon suorituskyky luultavasti melko heikko.

Sotilaskoulutuksessa pyritään joukon suorituskyvyn kasvattamiseen. Joukon suorituskyky on riippuvainen sen yksilöiden toimintakyvyn tasosta. Näin ollen joukon suorituskyvyn kasvattaminen edellyttää yksilöiden toimintakyvyn kasvamista. Toimintakykyä voidaan kehittää siten, että yksilöt saadaan toimimaan ja ajattelemaan tavalla, jota taistelukenttä, tehtävät ja

välineet edellyttävät yksilöltä tai joukolta. (Toiskallio 1998a, 25.) Tarvittava toimintakyky saattaa vaihdella sodankäynnin muuttuessa. Toimintakyvyn vaatimuksia ohjaa nykymaailmassa monet sodan kuvan muuttuneet piirteet:

> – Sodan ja rauhan välinen raja ei ole enää niin selkeä. Sodankaltainen tilanne saattaa alkaa siviileihin kohdistuvalla terroritoiminnalla.
> - Sodan alun merkitys on kasvanut. Vihollisen pyrkimyksenä on saada aikaan nopea alkuvaikutus korkeaa teknologiaa, erikoisjoukkoja ja ilma-asetta käyttäen.
> - Taistelukenttä on fyysisesti ja henkisesti erittäin raskas. Se vaatii määrätietoista johtajuutta sekä asioiden erinomaista hallintaa. Joukkojen yhteistyöllä on suuri merkitys taistelukentällä menestymiseen.
> (Toiskallio 1998a, 26.)

Yksilöiden toimintakyvylle ja joukkojen suorituskyvylle asettavat omat vaatimuksensa sodassa tapahtuvat käänteet. Joukon on kyettävä jatkamaan toimintaansa vaikka yhteydet johtoportaisiin ja naapureihin katkeavat. Joukon täytyy säilyä suorituskykyisenä miehistö- ja kalustotappioista huolimatta. Sodan olosuhteissa on paljon tekijöitä, jotka vaikuttavat sotilaan toimintakykyyn. Kuolemanpelko, kuolleiden ja haavoittuneiden näkeminen, anarkia, voimakkaat äänet ja savu, väsymys ja nälkä vaikuttavat yksilöihin eri tavalla. Ne saattavat heikentää yksilön toimintakykyä huomattavasti. (Toiskallio 1998a, 26.)

Toiminta

Sotilaskoulutus perustuu toiminnan opettamiseen. Ilmassa tapahtuvaa toimintaa on esimerkiksi hävittäjälentäjänä toimiminen. Toiminta koostuu teoista, esimerkiksi viholliskoneiden pudottamisesta. Teot puolestaan koostuvat useista perustaidoista (esim. lentokoneen ohjaaminen). ”Jotta toiminta opittaisiin, on osattava sen sisältämät teot. Jotta teot opittaisiin, on osattava niiden sisältämät perustaidot.” (Toiskallio 1998a, 26.) Tehokas toiminta saavutetaan sillä, että keskeiset perustaidot saadaan automaatiotasolle. Esimerkiksi hävittäjäkoneen lentäminen on toimintaa, jossa mm. ohjaussauvan, kaasuvivun ja polkimien käytön tulee olla automaattisesti hallittua. Tämä mahdollistaa ajattelun vapauttamisen tärkeiden, sekuntiluokan päätösten tekemiseen. Toimintojen automatisoinnilla mahdollistetaan yksilön kapasiteetin riittäminen harkinnan ja päätösten tekemiseen yllättävissä ja muuttuvissa tilanteissa. Toiminnan automatisoinnissa on kuitenkin omat vaaransa. Jos toiminta on muuttunut kokonaan automaattiseksi rutiiniksi, on vaarana, että vakiokaavalla toimittaessa ei oteta tilanteen ja ympäristön erityispiirteitä huomioon. (Toiskallio 1998a, 27.)

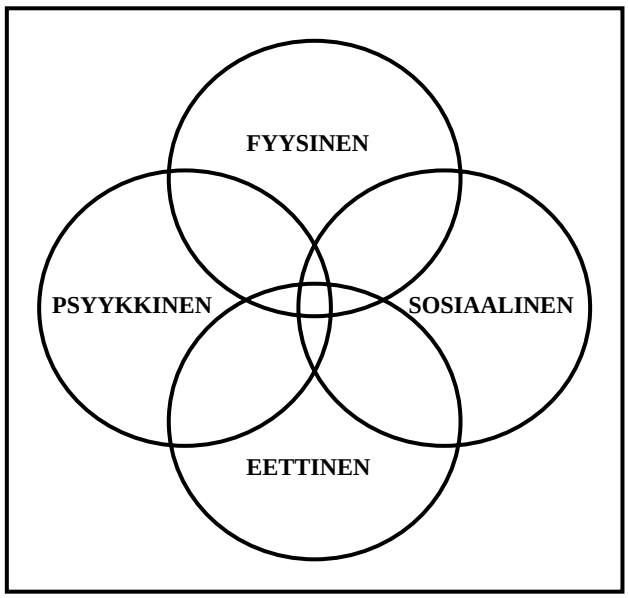
Toiminnan perustana on laaja tiedollinen osaaminen. Tietojen ja taitojen voidaan katsoa olevan vahvasti yhteydessä toisiinsa. Huipputason hävittäjälentäjäksi kehittyminen edellyttää sekä oman että vihollisen hävittäjäkoneen suorituskyvyn tuntemista ja järjestelmien toimintaperiaatteiden hallintaa. Menestyäkseen ilmataistelussa täytyy hävittäjälentäjän osata käyttää hävittäjäkoneen järjestelmiä tilanteiden edellyttämillä tavoilla sekä tietää ilmataistelussa optimaalisen taktiikan kuhunkin tilanteeseen.

Sotilaan toimintakyvyn kokonaisuus

Toiskallio (1998a) on havainnollistanut sotilaan toimintakyvyn olevan useiden tekijöiden kokonaisuus. Näistä tärkeimmät on lueteltu seuraavassa:

– keskeisten tietojen ja taitojen hallinta
– fyysinen kunto
– motivaatio, tahto ja rohkeus tehtävien suorittamiseen
– henkisen paineen sietokyky
– vastuuntunto
– asia- ja tilannekokonaisuuksien tajuaminen
– tavoitteiden ja eri toimintamahdollisuuksien harkittu yhteen sovittaminen
– kyky tehdä eettisiä päätöksiä
– luottamus itseensä, taistelutovereihin, esimiehiin ja taisteluvälineisiinsä

(Toiskallio 1998a, 27.)



KUVIO 2. Sotilaan toimintakyvyn osa-alueet (Toiskallio 1998a, 27).

Sotilaan toimintakyvyn voidaan katsoa koostuvan neljästä pääalueesta – fyysisestä, psyykkisestä, sosiaalisesta ja eettisestä. Nämä kaikki liittyvät kiinteästi toisiinsa. Yhtenäisyyttä on kuvattu ympyröillä, joilla on vahvasti yhteistä pinta-alaa. Fyysisessä toimintakyvyssä on kyse yksilön fyysisistä ominaisuuksista ja kyvyistä toimintojen suorittamisessa (kunto). Psyykkisessä toimintakyvyssä on kyse mm. informaation käsittelystä. Fyysisen ja psyykkisen toimintakyvyn katsotaan liittyvän hyvin läheisesti toisiinsa. Sosiaalisen toimintakyvyn osa-alueeseen kuuluu mm. ihmissuhteet ja vuorovaikutus. Vastuullisuuden ja oikeustajun voidaan katsoa liittyvän eettiseen toimintakykyyn. (Toiskallio 1998b, 9.) Esimerkiksi jonkin ilmataisteluun liittyvän tilanteen tajuaminen (tilannetietoisuus) on pääasiassa psyykkistä toimintaa. Tilanteen havaitsemiseen vaikuttaa esim. asentotaju. Tilanteiden kulkuun ja päätöksiin vaikuttaa sosiaalinen ympäristö (esim. lento-osaston yhteistyökyky) ja eettinen tietoisuus omasta vastuusta joukossa.

2.3. Fyysinen toimintakyky

Tässä tutkimuksessa on syvennytty tarkemmin fyysisen toimintakyvyn osa-alueeseen. Fyysisen toimintakyvyn pohja määrittyy kehon rakenteellisten tekijöiden mukaan. ”Toimiminen ja annetun tehtävän suorittaminen vaatii teknistä ja taktista osaamista, mutta ilman riittävän hyvää fyysistä toimintakykyä parhaimmankin taktiikan toteuttaminen voi olla mahdotonta” (Kyröläinen 1998, 25). Parhaan mahdollisen toimintakyvyn saavuttamiseksi tulisi kaikkien sotilaan toimintakyvyn osa-alueiden olla mahdollisimman hyvin tasapainossa keskenään.

Fyysinen toimintakyky tarkoittaa ihmisen fyysistä kykyä suorittaa jokin toiminta. Fyysinen toiminta-/suorituskyky mielletään usein fyysiseksi kunnoksi. Fyysinen kunto perustuu elimistön aerobiseen ja anaerobiseen energiantuottoon sekä lihasvoimaan ja lihastoimintojen ohjaukseen. Kuntoon vaikuttaa monet tekijät. Näitä ovat mm. terveydentila, perintötekijät, sukupuoli, ikä ja fyysinen aktiivisuus. Fyysistä kuntoa mitataan suorituskyvyn eri osa-alueilla. Nämä osa-alueet ovat kestävyys, voima ja nopeus. Seuraavassa on tarkasteltu hieman tarkemmin fyysisen toimintakyvyn osa-alueita.

Kestävyys

Kestävyys on sitä, miten kauan henkilö jaksaa vastustaa väsymystä. Jaksaminen riippuu työtä tekevien lihasten energian saannista ja sen riittävyydestä. Sydämen sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta ovat ihmisen kestävyyden kannalta erittäin tärkeässä asemassa. Kestävyyden ansiosta ihminen jaksaa toimia fyysisen ja henkisen kuormituksen alla siten, että

suorituskyky ei oleellisesti heikkene. Psyykkistä kestävyyttä voidaan parantaa kehittämällä fyysistä kestävyyttä. (Kanninen, Kuronen, Rintala, Eloranta, Myllyniemi, Santala & Paalimäki 1996, 23.)

Kestävyys voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen energia-aineenvaihdunnan perusteella – aerobiseen ja anaerobiseen. Aerobisessa lihastyössä teho on hyvin alhainen ja energiantuotto saadaan hiilihydraatteja ja rasvoja hapettamalla. Aerobinen lihastyö muuttuu anaerobiseksi silloin, kun suoritteen teho nousee niin korkeaksi, että hapellinen energiantuotto ei riitä työn tekemiseen. Anaerobinen energiantuotto perustuu välittömien energialähteiden (kreatiinifosfaatti ja adenosiinitrifosfaatti, ATP) pilkkomiseen tai välilliseen anaerobiseen glykoosin käyttöön. Anaerobisen energiantuoton yhteydessä elimistöön syntyy lihastoimintaa hidastavia maitohappoja. (Kyröläinen 1998, 27.)

Fyysisen kestävyyden romahtaessa, vaikeutuu yksilön toimintakyky oleellisesti. Sotilaslentäjiltä vaaditaan hyvää fyysistä kestävyyttä varsinkin ilmataistelulentojen aikana, sillä lentäminen suurten kuormituskertoimien alla väsyttää elimistöä huomattavasti. Sotilaslentäjän täytyy olla valmis säilyttämään fyysinen toimintakykynsä melko kauan jatkuvien g-voimien alaisuudessa. Fyysisen kestävyyden hetkellinen heikkeneminen saattaa pahimmillaan aiheuttaa ohjaajalle tajunnan menetyksen. Sotilaslentäjiltä vaaditaan kestävyyttä myös siksi, että ammatin vaatimaa henkistä kuormitusta kestettäisiin paremmin. Hyvän kestävyyden ansiosta sotilaslentäjä kykenee palautumaan nopeasti uusiin ja toistuviin tehtäviin, mutta myös selviytymään fyysisestä ja psyykkisestä paineesta paremmin. Fyysisen kestävyyden merkitys kasvaa varsinkin silloin, kun suuria G-kuormituksia sisältäviä lentoja on monta päivässä, useana päivänä peräkkäin. Tällöin muodostuu tärkeäksi tekijäksi ohjaajan kyky kestää ja palautua kovista anaerobisista kuormituksista. (Kanninen ym. 1996, 24.)

Voima

Liikkeen aikaansaamisen lisäksi on lihasten tehtävänä tukea ja suojata luustoa, niveliä ja hermokudosta. Lihasten voimantuottoa edeltää elimistössä tapahtuva sarja toimintoja. Aivot lähettävät lihakselle supistuskäskyn, joka etenee aivoista hermoratoja pitkin selkäytimeen. Sieltä sähköinen käsky siirtyy motorisia liikehermoja pitkin lihakseen. Kehon lihaksissa on erilaisen solujakauma. Lihaksissa on nopeita ja hitaita lihaksia, joiden keskinäinen suhde voi vaihdella eri lihasten kesken. Solusuhde määräytyy perimän mukaan ja se on erilainen eri ihmisten kesken. (Kyröläinen 1998, 28.) Sellainen henkilö, joka omaa paljon nopeita lihassoluja on yleensä nopeampi verrattuna henkilöön, jolla on paljon hitaita lihassoluja.

Voima voidaan jakaa maksimi- nopeus- ja kestovoimaan. Maksimivoimalla tarkoitetaan lihasjännitetason nousua maksimaaliseksi. Nopeusvoima kuvaa lyhyessä voimantuottoajassa tapahtuvaa suurta voimantuottonopeutta tai lihasten supistusnopeutta. Kestovoimasta puhutaan silloin, kun tiettyä voimatasoa ylläpidetään kauan tai tiettyjä voimatasoja toistetaan peräkkäin useita kertoja lyhyillä palautusjaksoilla.

Yksilön toimintakyky vaatii sopivaa voimantuottoa. Joissakin tehtävissä vaaditaan suurempia yksilöllisiä voimavaroja verrattuna toisiin tehtäviin. Lihaskunnolla on suuri merkitys sotilaslentäjän fyysiseen suorituskykyyn. Varsinkin alaraajojen, vartalon, käsivarsien ja niskan lihasten tulisi olla hyvässä kunnossa, jotta vastaponnistus voidaan suorittaa tehokkaasti. Vastaponnistuksen lisäksi, sotilaslentäjän lihaskuntoa tarvitaan pään ja raajojen hallitsemiseen suurien g-voimien alla, ehkäisemään g-voimien elimistölle aiheuttamia vaurioita sekä vähentämään lihaksiston kipeytymistä lennon aikana. (Kanninen ym. 1996, 28.)

Vastaponnistuksen avuksi on kehitetty g-housut, jotka pullistuessaan auttavat ohjaajaa estämään liian veren pakkautumisen alaraajoihin. Maksimi- ja nopeusvoimaa tarvitaan sellaisissa tilanteissa, missä joudutaan äkillisesti ponnistelemaan suuria g-voimia vastaan. Kestovoimaa taas tarvitaan silloin, kun vastaponnistusta joudutaan jatkamaan kauan tai sellaisissa tilanteissa, missä joudutaan hankkimaan vastaponnistukseen tarvittava voimataso lyhyiden palautusjaksojen välillä.

Nopeus

Nopeuden on sanottu olevan hyvin pitkälti periytyvä ominaisuus, varsinkin hermolihasjärjestelmän osalta. Se on usein jaettu perus- ja lajikohtaiseen nopeuteen. Perusnopeutta tarvitaan esimerkiksi 100 metrin juoksussa ja se kuvaa hermolihasjärjestelmän toimintakykyä nopeutta vaativissa lajeissa. Lajikohtainen nopeus koostuu reaktionopeudesta, räjähtävästä nopeudesta, liikenopeudesta ja nopeustaitavuudesta. Räjähtävä nopeus kuvaa lyhytaikaista, mahdollisimman nopeaa liikesuoritusta. Reaktionopeudella tarkoitetaan ärsykkeen ja toiminnan alkamisen välistä aikaa. Liikenopeus kuvaa maksimaalista nopeutta suorituksen jossain vaiheessa. Sillä voidaan tarkoittaa myös suorituksen kannalta optimaalista nopeutta. (Kyröläinen 1998, 29.) Nopeudella on tärkeä rooli sotilaan toimintakyvyn arvioinnissa. Sotilaslentäjiltä edellytetään nopeaa reagointia ilmassa tapahtuviin äkillisiin tilanteiden muutoksiin. Nopean reagoinnin yhteydessä pitäisi usein tehdä järkeviä päätöksiä rajoitetun tiedon pohjalta hyvin vaikeissa olosuhteissa.

2.4. Sotilaslentäjän toimintakyvyn vaatimukset

Lentoympäristö asettaa muiden taisteluympäristöjen tavoin omat vaatimuksensa sotilaslentäjien toimintakyvylle. ”Lennettäessä suorituskyvyltään erittäin tehokkailla hävittäjäkoneilla, saattaa ohjaajalle aiheutua vaikeita psykofysiologisia ongelmia” (Kanninen ym. 1996, 11). Pitkään kestävä ja usein nopeasti alkava suuri kiihtyvyys, yhdessä monien muiden tekijöiden kanssa, kohdistaa ohjaajaan kovan fyysisen ja psyykkisen kuormituksen. Pahimmillaan nämä tekijät saattavat aiheuttaa äkillisen, ilman ennakkovaroitusta tulevan tajuttomuuden. Suuret kiihtyvyydet ja raju ilmataisteluliikehdintä altistavat aistiharhoille ja siten häiritsevät asentotajun säilyttämistä. (Kanninen ym. 1996, 11.) Edellisessä luvussa pohditun fyysisen osa-alueen lisäksi lentoympäristö vaatii sotilaslentäjältä erikoisolosuhteisiin mukautuvaa psyykkisen, sosiaalisen ja eettisen osa-alueen toimintakykyä.

Henkinen kuormittavuus

Hävittäjäkoneen tekniikan, ergonomian ja lentovarusteiden kehittymisestä huolimatta, ohjaajan tiedonkäsittelykapasiteetti kuormittuu entistä enemmän. Lennonseuranta- ja asejärjestelmien kehittyminen on lisännyt ohjaajan henkistä kuormittavuutta. Nykypäivän lentoympäristö on ohjaajalle niin vaativa, että kokeneenkin ohjaajan tiedonkäsittelykapasiteetti saattaa ylittyä jopa normaaleissa olosuhteissa. (Kanninen ym. 1996, 20.) Hyvä tiedonkäsittelykyky on edellytys tilannetietoisuuden luomiselle.

Sotilaslentäjältä vaaditaan suurta simultaanikapasiteettia. Sillä tarkoitetaan kykyä tehdä monta asiaa samanaikaisesti. Ohjaajan tulee lentokoneen hallinnan lisäksi ottaa vastaan tietoa useilla eri aistikanavilla. Ohjaajan tulee hoitaa radioliikenne (lennonjohtaja, taistelunjohtaja tms.) oikean radiofraseologian mukaisesti. Ohjaajan tulee hallita koneen järjestelmien käyttö, jotta hän voi käyttää esim. tutkaa tehokkaasti. Lentokoneen mittareiden seuraamisen ja tutkan käytön lisäksi ohjaajan pitäisi pystyä tarkkailemaan ilmatilaa havaitakseen omat ja viholliskoneet. Tilannetietoisuuden ylläpitämisen lisäksi ohjaajan pitäisi tuntea viholliskoneiden suorituskyky sekä toimintaperiaatteet menestyäkseen ilmataistelussa.

Parven (4 konetta) ja parin (2 konetta) johtajien tulee johtaa siipikoneita, määrittää niille maalit, luoda sopivat puolustus/hyökkäysgeometriat jne. Kaiken toiminnan tulisi olla sekä kansainvälisten että kansallisten viranomaismääräysten mukaisia. Kaiken edellä kuvatun lisäksi ohjaajan tulee poimia suuresta määrästä monimutkaista ja ristiriitaista informaatiota oikeita asioita päätöksentekoon. Sekuntiluokan päätöksiä joudutaan tekemään suurten g-voimien alai-

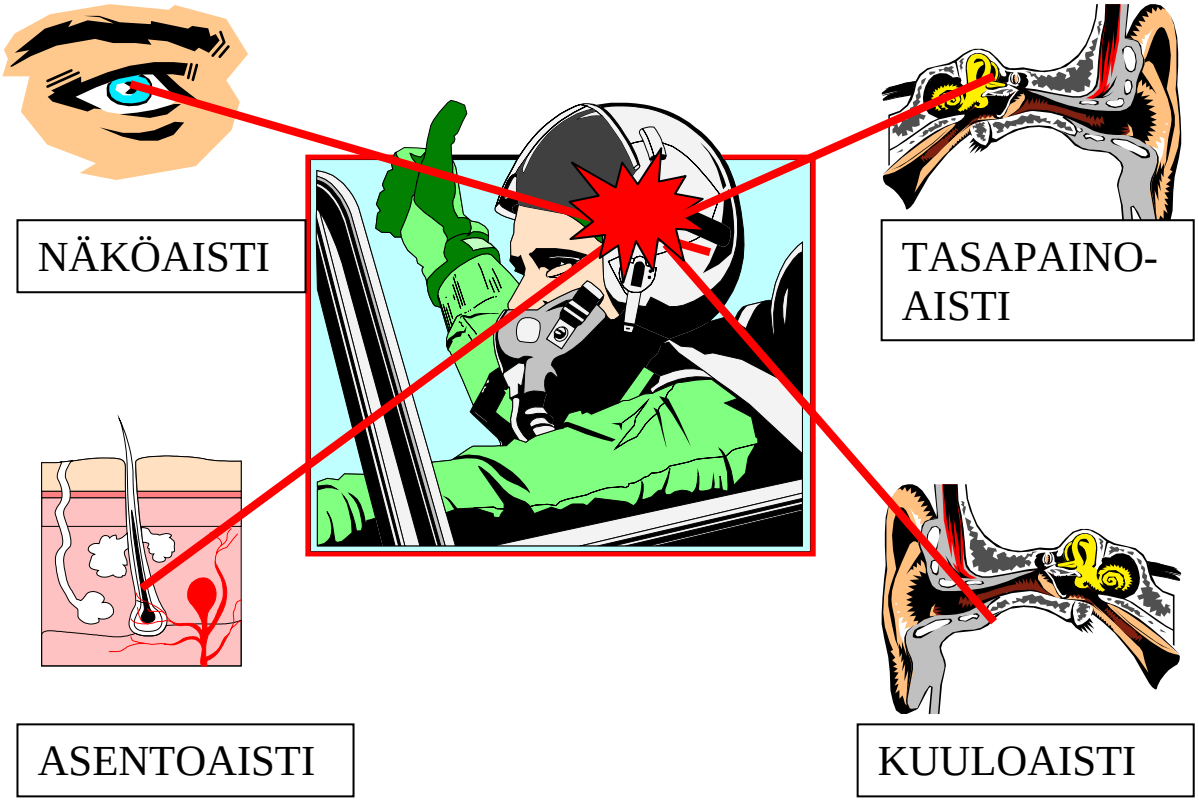
suudessa ja mahdollisesti häirityissä olosuhteissa. Lisäksi näkyvyyttä rajoittavat sääolosuhteet saattavat vaikuttaa toimintaan siten, että ohjaaja joutuu keskittämään osan kapasiteetistaan mittareiden avulla tapahtuvaan asentotajun säilyttämiseen. Sotilaslentäjän toimintakykyyn saattaa olla sotatilanteessa vaikuttamassa myös väsymys, huoli perheestä tai tovereista, mahdollinen siipimiehen menettäminen, kuolemanpelko tms.

Suurta tarkkaavaisuutta vaativa työ ja stressiä aiheuttava ympäristö vaativat henkisen vireyden ja suorituskyvyn perustaksi hyvää fyysistä kuntoa. Ohjaamisen muuttuminen enemmän epäsuoraksi, erilaisten hydraulisten ja sähköisten laitteiden vuoksi, on aiheuttanut sen, ettei voimaa enää tarvita niin paljon ainakaan ohjaamiseen. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 82.) Toisaalta hävittäjien suorituskyvyn kasvu ja tekniikan kehittyminen mahdollistavat jatkuvan lentämisen suurien kuormituskertoimien alla pidempään. G-voimien aiheuttamien ongelmien pienentämiseksi on löydetty ratkaisuja mm. g-housuista ja ylipainehengitysjärjestelmästä.

Keskeisten tietojen ja taitojen hallinta, hyvä fyysinen kunto, riittävä tilannetietoisuus, nopea päätöksentekokyky, tavoitteiden ja toimintamahdollisuuksien tunteminen ovat sotilaslentäjän toimintakyvyn ominaisuuksia, joita edellytetään tehtävien suorittamiseen. Näiden lisäksi sotilaslentäjältä vaaditaan suurta henkisen paineen sietokykyä, lujaa itseluottamusta, luottamusta tovereihin ja järjestelmiin, vastuuntuntoa sekä motivaatiota, tahtoa ja rohkeutta tehtävien suorittamiseen.

2.5. Asentotajun muodostuminen

Asentotajun hallinta on osa sotilaslentäjän toimintakyvyn edellyttämistä vaatimuksista. Asentotajun muodostuminen on keskushermostotason toiminto, joka edellyttää eri aistien tehokasta yhteistoimintaa. Näkö-, tasapaino-, asento- ja kuuloaisti tuottavat aivoille informaatiota vallitsevasta asennosta. Tämä informaatio prosessoidaan keskushermostossa ja se synnyttää arvion asennosta (orientaatio).



KUVIO 3. Asentotajun muodostuminen (muokattu lähteestä Lahin 2004).

2.5.1. Näköaisti

Näköaisti on kaikista tärkein asentotajuun vaikuttavista aisteista. Sekä mittari- että näkölentosäännöillä lennettäessä muodostuu suurin osa asentotajusta näköaistin avulla. Näköaisti on aisteista kaikkein dominoivin sellaisissa tilanteissa, missä eri aistien välillä on ristiriitaa. Näköaisti on altis erilaisille harhoille, jotka voivat johtaa asentotajun menettämiseen. (Watson 1992, 2.)

Näköaisti voidaan jakaa kahteen erilliseen toimintaan: keskeisnäköön ja ääreisnäköön (sentraalinen ja perifeerinen näkö). Ihminen käyttää tavallisessa elinympäristössään tiedostamattaan ääreisnäköä asennon määrittelyyn. Keskeis- ja ääreisnäkö toimivat yhtä aikaa tasapainon säilyttämiseksi. Yksinkertainen esimerkki osoittaa, että ihminen pystyy lukemaan kirjaa kävellessään ja samalla säilyttämään tasapainonsa. Edellä mainitussa tilanteessa keskeisnäkö on kohdistunut kirjaan ja ääreisnäön avulla ihminen säilyttää tasapainon.

Tilanne on aivan sama lentämisessä niin kauan kuin ulkopuoliset kiintopisteet ovat näkyvissä. Näistä tärkein on horisontti. Ääreisnäkö toimii enemmän alitajuisella tasolla ja sen tuottama

informaatio on epätarkkaa verrattuna keskeisnäköön. Ihminen käyttää keskeisnäköä ensisijaisesti kohteiden havaitsemiseen ja tunnistamiseen. Keskeisnäkö vaatii huomattavan paljon aivojen kuorikerroksen toimintaa. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 48.)

Watson (1992) erottaa keskeisnäön ja ääreisnäön yksinkertaisesti; keskeisnäkö vastaa kysymykseen “mitä”, ja ääreisnäkö kysymykseen “missä”. (Watson 1992, 2) “Mittarilentoolosuhteissa käytetään lähes yksinomaan keskeisnäköä perusmittarien seuraamiseen, lukemiseen ja tulkintaan. Kun ulkopuoliset kiintopisteet häviävät näkyvistä sumun, sateen, pilvien tai pimeyden vuoksi, asentotajun säilyttämiseksi on siirryttävä ääreisnäöstä keskeisnäköön.” (Vapaavuori & Sorsa 2005, 48.) Lentäjän on totuttava säilyttämään asentotajunsa mittariolosuhteissa keskeisnäköönsä luottaen. Mittarilentäminen vaatii suurta keskittymistä ja ihmisen aivot joutuvatkin silloin tekemään suuren työn.

Näköorientaatio on tehokas ja useimmiten ihmisen tiedostamatonta toimintaa. Se on maassa luotettava, vaikka joitakin harhoja saattaakin esiintyä. Ilmassa näköaistin tuottama informaatio on useimmiten luotettavaa, vaikka harhojen mahdollisuuksia onkin paljon. Kiintopisteiden ja vertailukohtien puute, etäisyydet, sää ja kirkkauserot saattavat vaikeuttaa näköaistin toimintaa ilmassa. Lisävarusteet, kuten pimeänäkölaitteet ja kypärätähtäin, aiheuttavat lisäksi omat ongelmansa näköaistin tuottamaan asentotajun muodostumiseen. Tällöin ääreisnäön tuottama informaatio vähenee ja asentotaju joudutaan muodostamaan yhä enemmän keskeisnäön tuottaman informaation pohjalta.

2.5.2. Tasapainoaisti

Tasapainoelin on herneen kokoinen, sisäkorvassa sijaitseva asento- ja liikereseptoreita sisältävä elin. Se antaa tietoa sekä liikkeestä että painovoimasta. Lennettäessä tasapainoelintä usein harhautetaan vaihtelevilla g-voimilla, täten se voi helposti aiheuttaa asentotajun menettämisen. (Helde 2002, 2.)

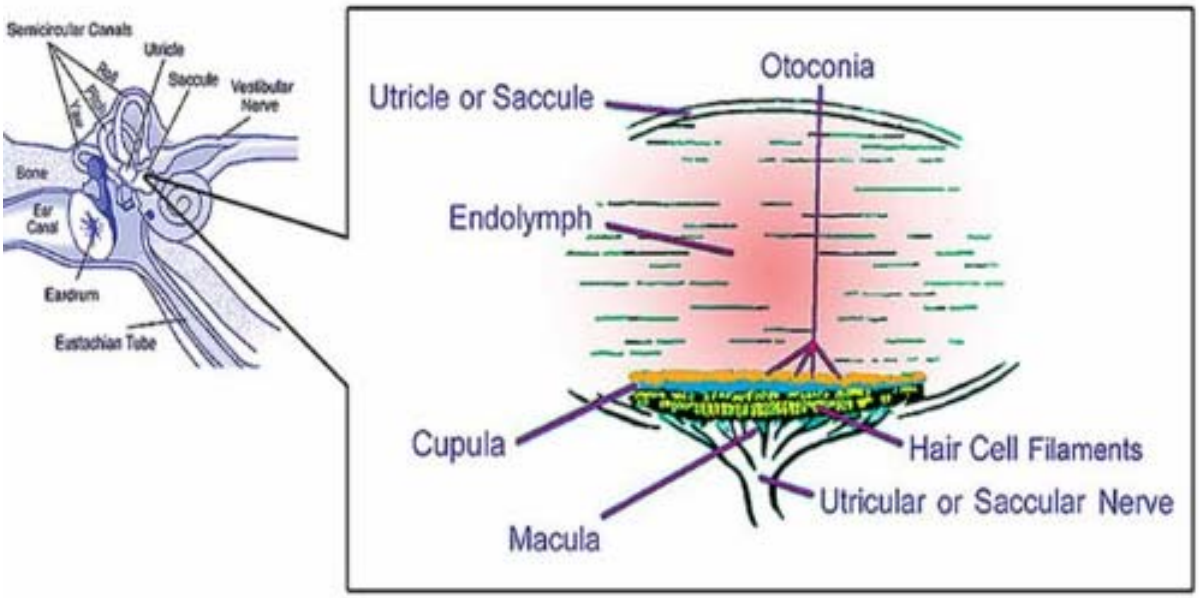
Asentoreseptorit

Sisäkorvan asentoreseptorit ovat pieniä karvasoluja, joihin vaikuttaa suoraviivainen kiihtyvä ja hidastuva liike. Näitä reseptoreita on sisäkorvan kalvosokkelon soikeassa rakkulassa (utriculus) ja myös pyöreässä rakkulassa (sacculus) (ks. kuvio 4). Karvat ovat osa kalvomaista hyytelökerrosta, jossa on tasapainokiviä. (statoconia). Nämä ovat raskaampia kuin niitä ympäröivä neste, ja siksi ne vetävät, työntävät tai vääntävät karvoja johonkin suuntaan. Karvasoluista lähtee impulsseja eri tavoin aina pään asennon mukaan.

Painovoima omalta osaltaan vaikuttaa ihmiselimistöön ja kaikkiin muihinkin kappaleisiin samalla tavalla kuin kiihtyvä liike. Asentoreseptorit välittävät tietoa pään asennosta painovoimakentässä; siis siitä, mikä suunta on alas- ja mikä ylöspäin. (Benson 1999, 429.)

Pään ollessa pystyssä tasapainokivet painavat koko painollaan karvasoluja, mutta pään kallistuessa johonkin suuntaan paine karvasoluja vastaan muuttuu. Näin ollen karvasolut ja tasapainokivet antavat tietoa pään asennosta painovoimakentässä. (Ahonen, Lahtinen, Sandström, Pogliani & Wirhed 1995, 70.) Ongelmana asentoreseptoreiden toiminnassa on se, että ne eivät erota pään kallistamista ja nopeuden muutosta toisistaan. Nopea kiihdyttäminen vaikuttaa asentoreseptoreihin siten, että niiden karvat taipuvat taaksepäin, ja saatu informaatio on sama kuin päätä olisi kallistettu taaksepäin. Sama toimii toisinpäin nopeutta hidastettaessa. Silloin reseptorit antavat tunteen kuin pää olisi kallistunut eteenpäin. (Flight safety foundation 1997, 4.)

Maan pinnalla asentoreseptorien orientaatio on suhteellisen luotettava. Kiihtyvyyksien alaisena saattaa kuitenkin syntyä väärä tuntemus painovoiman suunnasta. Ilmassa asentoreseptorien orientaatio on epäluotettava muuttuvien kiihtyvyyksien takia. Varsinkin puutteellisella näköaistimuksella saattaa asentoreseptorien tuottama informaatio aiheuttaa vaarallisia illuusioita.



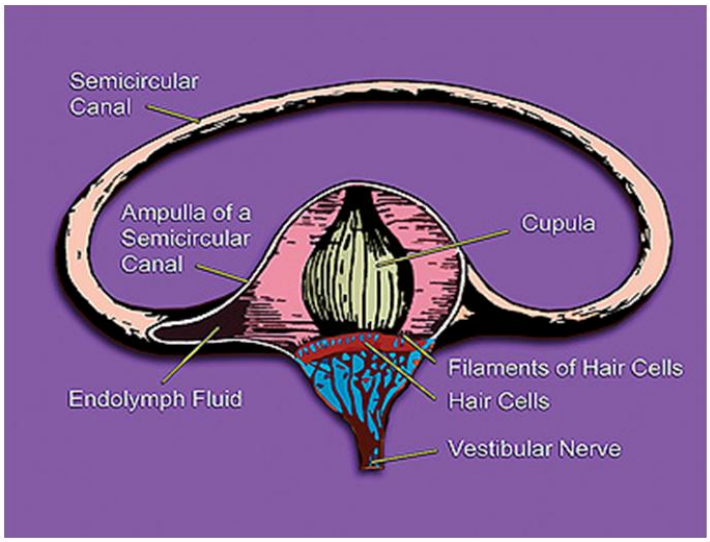
KUVIO 4. Sisäkorvan asentoreseptori (Antuñano 2003).

Liikereseptorit

Sisäkorvan liikereseptorit vaikuttavat pään kiihtyvään ja hidastuvaan kiertoliikkeeseen, kallistuksiin. Liikereseptorit ovat sisäkorvan kaarikäytävissä, ja niitä on kolme kummassakin sisäkorvassa. Kaarikäytävät ovat puoliympyrän muotoisia tiehyitä, jotka ovat toisiinsa nähden suorakulmassa kaikissa kolmessa avaruussuunnassa. Näin ollen ainakin yksi niistä kummassakin korvassa reagoi jokaiseen koneen kallistukseen. Kaarikäytävissä on nestettä, mikä pyrkii hitautensa vuoksi jatkamaan aikaisempaa liiketilaansa liikkeelle lähdettäessä, liikesuunnan muutoksissa tai pysähdyttäessä. Kussakin kaarikäytävässä on laajentuma (ampulla), jossa on pienen kummun päällä reseptoreina toimivia karvasoluja (ks. kuvio 5). Nesteen liikkuminen kaarikäytävässä saa aikaan karvojen liikkeen ja tämä viestitetään eteenpäin aivoille hermoradan avulla. (Benson 1999, 426.)

Lentämistä ajatellen ongelmana liikereseptorien toiminnassa on se, että hidas tai tasaisena jatkuva liike ei aiheuta aistimusta. Jatkuva liike saa aikaan liikereseptoreissa nesteen tasautumisen. Näin ollen ampullan karvasolut eivät enää lähetä aktiopotentiaalia aivoille kallistuksesta. Kun kallistuksesta oikaistaan, välittävät liikereseptorit aivoille väärän informaation pään kallistumisesta vastakkaiseen suuntaan. (Aeromedical training for flight personnel. 2003, 7.)

Maan pinnalla liikereseptorien orientaatio on luotettava. Pienikin pään kallistus havaitaan nopeasti. Sen sijaan ilmassa suunnan muutosten yhdistelmät häiritsevät kaarikäytävien toimintaa. Varsinkin hitaissa ja pitkään kestävissä suunnan muutoksissa kaarikäytävien tuottama informaatio on epäluotettavaa. Tällöin syntyy helposti aistiharhoja, jotka voivat johtaa asentotajun menettämiseen.



KUVIO 5. Sisäkorvan kaarikäytävä (Antuñano 2003).

Tarkka näkeminen edellyttää sitä, että silmät kohdistuvat tiettyyn kohteeseen. Liikereseptorien ärtyminen saa aikaan silmävärveen eli nystagmuksen, joka perustuu tasapainoelimen ja silmän väliseen heijasteeseen (vestibulo-okulaarinen refleksi). Kaartojen ja pyörimisliikkeiden aikana liikereseptoreiden ärtyminen aiheuttaa sen, että silmät pyrkivät pysymään kohdistuneena esim. mittaristoon siten, että silmät kääntyvät nopealla nykäyksellä liikkeeseen nähden vastakkaiseen suuntaan ennakoiden liikettä. Silmät seuraavat sitten kohdetta hitaammin liikkeen suunnassa. Kun kiertoliike tulee niin nopeaksi, etteivät silmät enää pysy mukana, ei kohdetta pystytä enää pitämään tarkan näkemisen keskuksessa ja näköaistiin perustuva orientaatio menetetään. Se voi helposti aiheuttaa myös koko asentotajun menetyksen. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 48.)

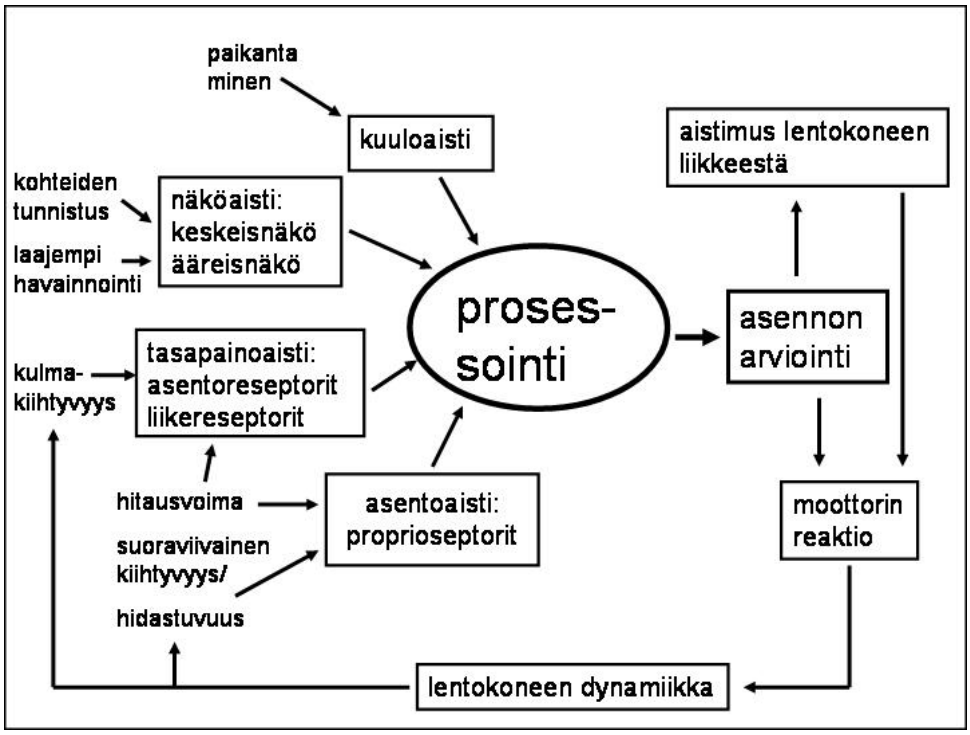
2.5.3. Asentoaisti

Asentoaistin avulla ihminen pystyy määrittelemään kehonsa raajojen asennon toisiinsa nähden sekä pään asennon raajoihin nähden (Helde 2002, 3). Eräät lihasten, jänteiden, ihon ja nivelpussien reseptorit, joita sanotaan proprioseptoreiksi, välittävät tietoa vartalon ja jäsenten asennosta sekä liikkeistä. Asentoaisti välittää tietoa ihmisen ja lentokoneen asennosta vain maan vetovoiman suuntaan tai maan pintaan nähden (Vapaavuori & Sorsa 2005, 49). Asentoaisti tekee tiiviisti yhteistyötä asentotajun määrittämiseksi yhdessä näköaistin ja tasapainoaistin kanssa. Asentoaistin merkitys kasvaa lennettäessä pimeällä. Tietyn kytkimen tai mittarin löytäminen mittaripaneelista pimeällä mahdollistuu kun reseptorit aistivat käden asentoa ja ohjaavat sen liikettä välillisesti.

Harjoittelun ja kokemuksen myötä lentäjä voi melko helposti erottaa lentokoneen selkeän liikehdinnän istuimen ja kehon välisen paineen avulla. Tätä painetta kutsutaan istuinpaikka-aistiksi (“seat of the pants”, ”perstunto”) (Aeromedical training for flight personnel. 2003, 7). Kuten nimikin jo kertoo, on istuinlihaksissa ja pakaraseudun lihaksissa asentoaistia välittäviä reseptoreita, jotka reagoivat kuormituskertoimen muutoksiin sekä tärinään. Asentoaistin orientaatio on maassa hyvin luotettava vaikka kiihtyvyydet saattavat sitä vähän häiritäkin. Sen sijaan ilmassa asentoaistin tuottama informaatio on melko epäluotettavaa. Kiihtyvyydet saattavat antaa vääriä aistimuksia koneen asennosta ja kiihtyvyysmonikerran suunnasta maahan tai horisonttiin verrattuna. Istuinpaikka-aistin antaman asentotajun perusteella lentäminen on erittäin vaarallista ja johtaa helposti asentotajun menetykseen.

2.5.4. Kuuloaisti

Kuuloaistilla pyritään paikallistamaan ääniä. Maassa kuuloaisti on hyvin luotettava ja toimii herätteenä. Kuullessaan jonkin äänen ihminen yleensä havahtuu ja kääntää katseensa kohti ääntä tarkkaillakseen äänen lähdettä näköaistin avulla. Vaikka maanpinnalla kuuloaistilla on suuri merkitys asentotajun muodostumisessa, on ilmassa kuuloaistin osuus verrattuna muiden aistien merkitykseen varsin vähäinen. Lennettäessä kuuloaistin tuottama vähäinen informaatio on luotettavaa, mutta usein häirittyä. Ohjaamon suhteellisen korkea melutaso vaikeuttaa yksittäisten äänien paikantamista. Kuuloaisti voi toimia kuitenkin muutoksien ilmaisijana. Äänen voimakkuus, suunta ja liike saattavat antaa tietoa koneen asennosta ympäristöön nähden. Kuuloaistin avulla voidaan tarkkailla ilmanopeuden ja moottoritehon vaihteluita. (Watson 1992, 6.) Kuuloaistin merkitys asentotajun muodostajana saattaa tulevaisuudessa kasvaa, sillä tekniikan kehityksen myötä uusimpiin hävittäjiin kehitelty ääneen perustuva tilannetietoa parantava järjestelmä; voice, throttle and stick. (VTAS). Kolmiulotteisessa ääniympäristössä voidaan hävittäjälentäjälle antaa esim. ohjusvaroitus vaaran tulosuunnasta.



KUVIO 6. Asentotajun muodostuminen. Näkö-, tasapaino-, asento- ja kuuloaistin antamaa informaatiota prosessoidaan aivoissa ja sen tuloksena syntyy arvio asennosta (muokattu lähteestä Cheung. s.2).

3. ASENTOTAJUN MENETTÄMINEN

Asentotajun menetys tarkoittaa tilannetta, jossa lentäjä ei enää tiedä missä asennossa hänen lentokoneensa on maanpintaan nähden. Hän on menettänyt kykynsä määrittää oma sekä lentokoneen asento, liike ja asema maanpinnan ja maan vetovoiman suhteen. Asentotajun menettämisen tapahtuessa, lentäjä ei mahdollisesti pysty tulkitsemaan, näkemään tai uskomaan mittareiden tuottamaa informaatiota todeksi, vaan hän luottaa omien aistien tuottamaan väärään asentotajuun. Asentotajun menettäminen johtuu tavallisimmin näköaistin tai tasapainoelimen aistiharhoista, joita syntyy aistinelinten toimintarajoitusten seurauksena, kun virheaistimusta ei tiedosteta. Ihmisen aistit eivät toimi ilmassa kolmiulotteisessa ympäristössä yhtä tehokkaasti kuin maassa. Ne saattavat antaa erilaisten kiihtyvyys- ja hidastuvuusvoimien alla harhaanjohtavaa informaatiota lentäjälle, mikä voi johtaa kokeneenkin lentäjän asentotajun menettämiseen. Asentotajun menettäminen on hyvin mahdollista ulkopuolisten näkövihjeiden puuttuessa, jouduttaessa pilveen, pimeyteen, sumuun tai sateeseen.

3.1. Asentotajun menetykseen johtavat tekijät

TAULUKKO 1. Asentotajun menetykseen johtavat tekijät

Virheelliset aistimukset	**Näköaisti:** – ulkopuoliset kiintopisteet – suhteelliset liikkeet (vektiot) – siirtyminen ääreisnäöstä keskeisnäköön – mittariston seuraaminen keskeisnäön avulla – näköaistimuksen esteet, heikentävät tekijät – kuvan pysyminen keskuskuopassa (tärinä, nystagmus) **Tasapaino / asentoaisti:** – kiihtyvyys ja voimavektorien tulkinta – riittämättömät aistimukset – selvästi virheelliset aistimukset (aistiharhat)

(jatkuu)

TAULUKKO 1. (jatkuu)

Keskushermoston virheet	– kokemukseen ja odotuksiin perustuvat tulkinnat – oikeiden aistimusten väärät tulkinnat – kiihtymystilan ym. keskushermostoperäisten tekijöiden vaikutus
Asentotajun menetykselle altistavat tekijät	– ulkopuolisten kiintopisteiden katoaminen näkyvistä – siirtyminen ääreisnäöstä keskeisnäköön – fyysiseen ja psyykkiseen suorituskykyyn vaikuttavat tekijät

(Vapaavuori & Sorsa. 2005, 50.)

Hyvin erilaiset syyt saattavat aiheuttaa asentotajun menettämisen joko erikseen tai yhdessä. Edellä on mainittu asentotajun menettämiseen johtavat syyt kolmessa pääryhmässä. Ensimmäisessä ryhmässä (virheelliset aistimukset) aivot joutuvat käsittelemään virheellisiä tai riittämättömiä aistihavaintoja. Toisen ryhmän (keskushermoston virheet) harhoja syntyy, kun aivot tulkitsevat oikeita ja riittäviä aistimuksia väärin. Kolmannessa ryhmässä on kuvailtu asentotajun menetykseen altistavia tekijöitä, joista lentäjän tulisi olla tietoinen.

Virheelliset aistimukset

Näkö-, tasapaino- ja asentoaistin tuottama informaatio voi olla oikeaa, mutta riittämätöntä tai selkeästi virheellistä. Virheellisestä informaatiosta aiheutuvat aistiharhat voidaan hallita niin kauan, kuin ulkopuoliset kiintopisteet ovat näkyvissä. Silloin kun horisontti ja maan pinta ovat näkyvillä, on asentotajun säilyttäminen ääreisnäön avulla helppoa. Joissain tilanteissa asentotajun säilyttäminen voi olla kuitenkin vaikeaa, vaikka ollaankin täysin näkölentoolosuhteissa. Tyyni vesi, tasainen hiekka-aavikko, yhtenäinen pilvi- tai lumipeite saattaa vaikeuttaa asentotajun säilyttämistä. Näkölentämisestä siirtyminen mittarilentämiseen, eli ääreisnäöstä siirtyminen keskeisnäköön, vaatii lentäjältä tottumusta ja harjoittelua. Antuñano (1992) kirjoittaa artikkelissaan, ettei asentotajun säilyttäminen ilman mittareita ole edes mahdollista, jos näköedellytykset kadotetaan. Lentäjä ei saa luottaa liikaa omiin aistimuksiinsa, sillä ne saattavat olla vääriä. Hänen pitää oppia luottamaan mittareihinsa säilyttääkseen asentotajun vaativissa olosuhteissa. (Antuñano 1992, 2.)

Suhteelliset liikkeet (vektiot) ovat kuviteltua omaa liikettä, jonka saa aikaan ympäristön suoraviivainen tai pyörivä liike. Esimerkkinä rotatoorisesta vektiosta on pilvestä heijastuva pyrstömajakan valo. Tällöin lentäjä saattaa saada aistimuksen, että kone pyörii vastakkaiseen suuntaan. Lineaarisen vektioharhan kokee ehkä tavallisimmin asemalle pysähtyneessä junassa. Viereiseltä raiteelta liikkeelle lähtevää junaa katsoessa saattaa tulla aistimus siitä, että ollaan itse liikkeessä. Todellisuudessa juna, jossa istutaan, onkin paikallaan ja viereinen juna liikkuu.

Virheellisiä näköaistimuksia saattavat aiheuttaa myös silmän ja kohteen välillä olevat näkyvyyttä heikentävät seikat, kuten savu, sumu tai tuulilasin pinnalla oleva lika. Tyypillinen asentotajun säilyttämistä vaikeuttava tilanne helikopterilla voi syntyä leijunnassa, lentoonlähdössä tai laskussa, kun lumi tai hiekka alkaa pöllytä roottorin virrassa. Tällöin lentäjälle saattaa syntyä virheellinen harha-aistimus helikopterin asennosta tai liikesuunnasta. Tällaisissa olosuhteissa on tapahtunut useita onnettomuuksia. Harha-aistimusta pyritään vähentämään siten, että laskualueelle heitetään kaksi neon-väristä tolppaa ennen laskeutumista. Laskun aikana tolpat toimivat kiintopisteinä ja helpottavat näin asennon ja korkeuden määrittämistä.

Tarkka näkeminen edellyttää sitä, että kuva pysyy verkkokalvon keskuskuopassa riittävän kauan (Vapaavuori & Sorsa 2005, 52). Tutkimuksen tekijällä on joskus epätavallisista lentotiloista oikaisuja harjoiteltaessa keskittyminen herpaantunut kovien kuormituskertoimien alla. Tällöin asentotaju katoaa silmävärveen vuoksi muutamaksi sekunniksi ja lentotila on rauhoitettava vakaaksi, jotta asentotaju saadaan palautettua. F-18 Hornet toiminnassa vastaavaa ilmiötä kutsutaan nimellä ”running HUD”

Ilman näköaistia (pelkästään tasapaino ja asentoaistin avulla) asentotajun säilyttäminen onnistuu vain maanpinnalla rauhallisesti liikuttaessa. Kolmiulotteisessa lentoympäristössä tasapaino- ja asentoaistia harhautetaan vaihtelevilla kiihtyvyys- ja hidastuvuusvoimilla sekä inertiavoimilla, joten asentotajun säilyttäminen pelkän asento- ja tasapainoaistin avulla on mahdotonta. Kun ihminen pyrkii tulkitsemaan nämä voimat maan vetovoiman suuntaisiksi, syntyy ristiriita näköaistimuksen suhteen ja uhkaa asentotajun menetys. Tutkimuksen tekijän istuinpaikka-aisti pyrkii huijaamaan häntä joka kerta noustessa pilveen. Useimmiten hän saa aistimuksen lentokoneen kallistumisesta oikealle. Harha-aistimus on heti korjattavissa mittareiden avulla. Etualalle pyrkivät tasapaino- ja asentoaistin virheelliset aistimukset tuntuvat usein hyvin voimakkailta. Mittarilentämiseen onkin keskityttävä, jotta näköaistin dominanssi säilytetään ja harha-aistimukset eivät aiheuta asentotajun menetystä. Pitkään jatkuva ristiriita eri aistien välillä saattaa myös aiheuttaa tottumattomalle ohjaajalle lentopahoinvointia.

Keskushermoston virheet

Näkö-, tasapaino-, asento- ja kuuloaistin tuottama informaatio siirretään aivoille hermoston kautta. Keskushermostossa tapahtuva tiedon käsittely perustuu kokemukseen ja siihen, mitä ihminen odottaa ja toivoo havaittavan. Tarkkaavainen keskittyminen vain yhteen asiaan, esimerkiksi mittarilentämisessä, saattaa aiheuttaa tilanteen, jossa jokin tärkeä asia jää havainnoinnin ulkopuolelle. Keskushermoston virheiksi luetaan myös oikeiden aistimusten väärät tulkinnat. Lähellä pysty- tai vaakasuoraa olevat tasot tulkitaan usein vaaka- tai pystysuoriksi ja näkyvyyden heikentämät etäisyydet arvioidaan usein liian pitkiksi.

Stressin aiheuttama kiihtymystila saattaa myös vaikuttaa lentäjän tekemiin ratkaisuihin. (Leino 1999). Vaikea lähestyminen huonossa säässä saattaa aiheuttaa tilanteen, jossa valaistu maantie tai vieras kenttä tulkitaan toivotuksi kentäksi. Ihminen tavallaan huijaa itseään helpottaakseen ahdistustaan ja saattaa siten aiheuttaa itselleen vaaratilanteen. Tutkimuksen tekijä on kokenut edellä mainitun ilmiön joskus vaativilla suunnistuslennoilla. Jos ollaan epävarmoja tarkasta sijainnista, saatetaan toivoa ja uskotella olevan jossain tietyssä tutussa paikassa. Maastoa verrataan karttaan ja ne tulkintaan yhteneväksi. Tällöin saatetaan eksyä reitiltä. Ihmisen pyrkimys itsensä harhauttamiseen saattaa koitua hyvin kohtalokkaaksi. Tämän tiedostaminen auttaa ehkäisemään pyrkimystä itsensä pettämiseen.

Asentotajun menetykselle altistavat tekijät

Asentotajun menettäminen on vaarana tapahtua useimmiten silloin, kun ulkopuoliset kiintopisteet katoavat näkyvistä. Yllättävä siirtyminen ääreisnäöstä keskeisnäköön, esim. pilveen lentäminen, altistaa ohjaajan asentotajun menetykselle. Toimenpiteen omaksuminen, hyväksyminen ja päätöksen pitäminen saattavat olla lentäjälle vaikeaa. Usein asentotajun menettämisestä johtuvissa onnettomuuksissa on ohjaajan tiedonkäsittelykapasiteetti ollut äärimmillään. Monen asian seuraaminen yhtä aikaa saattaa johtaa tilanteeseen, jossa jokin ratkaiseva asia jää vähemmälle huomiolle. Näin kävi mm. Saab 35FS Draken-onnettomuudessa vuonna 1995 Uuraisilla. Huono sää yhdistettynä stressaavaan yöllä suoritettuun sotaharjoituslentoon sai aikaan tilanteen, missä lentäjän suorituskyky ei riittänyt korkeusmittariasetuksen vaihtamiseen lähestymisen aikana. Huonossa näkyvyydessä kone iskeytyi metsään loppulähestymislinjalla korkeusmittarin standardiasetuksella. Ohjaaja sai onnettomuudessa surmansa.

Mikä tahansa fyysistä ja psyykkistä suorituskykyä heikentävä seikka altistaa asentotajun ja tilannetietoisuuden menettämiselle. Asentotajun menettämisestä muodostuu usein palapelin tavoin kasautuva tapahtumasarja, jonka osatekijöitä on vaikea erottaa toisistaan. (Vapaavuori

& Sorsa 2005, 53.) Asentotaju on perusedellytys tilannetietoisuuden säilyttämiselle. Tilannetietoisuus (situational awareness) on eräs tärkeimmistä hävittäjälentäjän ominaisuuksista (Endsley 1995).

3.2. Asentotajuharhat

On sanottu, että silloin kun liike loppuu, alkavat illuusiot. Asentotajuharhojen esiintyminen ei edellytä lentämistä, vaan harhoja saattavat aiheuttaa kaikki laitteet tai kulkuneuvot, joilla liikutaan. Ihmisen aistijärjestelmä on luotu toimimaan optimaalisesti maan päällä, mutta siirryttäessä liikkumaan millä tahansa kulkuneuvolla, on ihminen aina altis illuusioille. Ihminen ei välttämättä aina tiedä kokevansa illuusioita. Lähes jokainen on kokenut illuusioita esimerkiksi matkustaessaan junalla. Ajatellaanpa matkustajan nukkuvan junassa, joka ajaa pimeää tunneliin. Tunneliin päästyään matkustaja herää. Hän tuntee junan aiheuttaman tärinän, mutta ei todennäköisesti osaa sanoa kumpaan suuntaan juna liikkuu. Ihmisen aistijärjestelmien tottumattomuutta ilmailuun voidaan kuvata vertaamalla ihmisen ”maatunteja” lentotunteihin. Juuri eläkkeelle jäävällä 40-vuotiaalla sotilaslentäjällä saattaa olla jopa 3000 lentotuntia takanaan. Siihen mennessä hän on viettänyt 347400 tuntia maassa. Lentotuntien suhde maatunteihin on tällöin 0,0086 / 1. Voidaanko lentämisen sanoa olevan ihmiselle luontaista toimintaa?

Tutkimuksen tekijä on kokenut paljon erilaisia asentotajuharhoja lentäessään sekä alkeiskoulukoneella että harjoitushävittäjällä. Useimmiten harhoja esiintyy lennettäessä pilveen, missä ulkoista horisonttia ei ole näkyvissä. Aistiharhoja saattaa syntyä lennettäessä melkein mitä tahansa lentolajia. Tyyppikoulutuksessa syöksykierteitä lennettäessä saattaa helposti syntyä tasapainoelimen aiheuttamia aistiharhoja. Mittarilennoilla aistiharhat vaakalennosta tai vastakkaissuuntaisesta liikkeestä ovat hyvin tavallisia. Osastolennoilla liikehdittäessä esiintyy asentotajuharhoja hyvin usein. Joskus osastolennoilla asentotajuharhat aiheuttavat epämiellyttävän tunteen siitä, ettei osaa siivellä lennettäessä arvioida johtokoneen seuraavia liikkeitä, vaikka johtokoneen suorittamat liikkeet olisi tiedossa. Aistiharhat aiheuttavat vaikeuksia arvioida johtokoneen asennon, korkeuden, nopeuden ja suunnan vaihteluita. Yölennoilla aistiharhojen esiintyminen on hyvin yleistä. Ohjaajan olisi hyvä tiedostaa ennen lentoa, onko kyseinen lento otollinen aistiharhojen syntymiselle. Tällainen henkinen valmistautuminen saattaa helpottaa aistiharha-tilanteen tunnistamista ja siitä selviytymistä.

KUVIO 7. HW -osastolentoa. Osastolennoilla aistiharhojen esiintyminen on melko tavallista, etenkin visuaalisten aistihavaintojen puuttuessa (Harri Koskinen 2004).

Lentosotakoulussa tapahtui osastolennolla vaaratilanne joulukuussa 2004. HW –pari oli lentämässä osastomittarilentoa pilvessä ja se liukui tiedostamatta lentotehtävälle asetetun alarajan (1000m) alle. Tajuttuaan olevansa jyrkässä syöksyssä, johtokoneen ohjaaja käski radiolla ylösvedon ja molempien koneiden ohjaajat aloittivat välittömät oikaisutoimenpiteet käyttäen koneen suoritusarvon mukaista maksimivetoa. Koneet kävivät alimmillaan 150 – 200 metrin korkeudella. (HW-355:n ja -334:n vaaratilanne Kauhavalla 17.12.2004. Tutkintapöytäkirja ja –raportti. 2005, 3.) Vaaratilanne syntyi, kun johtokoneen ohjaajan huomio kiinnittyi hetkellisesti muuhun kuin mittarilentämiseen. Johtokoneen ohjaaja oli kuvitellut oikaisseensa koneen heiluriliikkeestä vaakalentoon, mutta todellisuudessa kone olikin ajautunut jyrkkään liukukaartoon. Asentotajun menettäminen pilvessä, etenkin matalalla, on erittäin vaarallista.

Asentotajun aiheuttamat aistiharhat (asentotajuharhat) voidaan jakaa näkö-, tasapaino- ja asentoaistin aiheuttamiin aistiharhoihin tai niiden yhdistelmiin. Näköaistin aiheuttamia harhoja voi syntyä jokapäiväisessä lentämisessä. Ne eivät edellytä ”huonoa” säätä, vaan niitä voi syntyä missä tahansa, lentokoneen lentotilasta riippumatta. Näköaisti on ihmisen aisteista kaikkein suurimmassa roolissa asentotajun muodostamisessa. Se on tehokas ja toimii yleensä tiedostamattomalla tasolla. Näköaisti on maassa melko luotettava vaikka joitakin näköharhoja saattaa maanpinnalla esiintyäkin. Ilmassa näköaisti on useimmiten luotettava, mutta siellä on huomattavasti enemmän mahdollisuuksia harhojen muodostumiselle verrattuna maanpintaan.

Tasapainoelimen aiheuttamat aistiharhat vaativat kiihtyvyyksien muutoksia. Tasapainoelin toimii maassa tehokkaasti antaen oikean tuntemuksen ihmisen asentojen muutoksista. Ilmassa tasapainoelimen tuottama informaatio on sen sijaan epäluotettavaa vaihtelevien kiihtyvyysvoimien takia, varsinkin puutteellisilla näköedellytyksillä. Tässä luvussa käsitellään yksityiskohtaisesti sekä näkö- että tasapainoaistin aiheuttamia aistiharhoja, jotka voivat johtaa asentotajun menettämiseen.

3.2.1. Näköharhat

Vaikka näköaisti on ihmisen aisteista luotettavin, voivat jotkut aistiharhat syntyä näköaistin tuottaman informaation pohjalta. Näköharhat voidaan luokitella niiden syntymekanismin mukaan keskeisnäön ja ääreisnäön harhoihin. Suurin osa asentotajun kannalta vaarallisista näköharhoista on keskeisnäön harhoja. Näköaistin harhat muodostuvat erityisen vaarallisiksi loppulähestymisen ja laskun aikana. Tällöin ei ole aikaa eikä korkeutta virheen korjaamiseen enää jäljellä. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 55.) Näköharhat voivat syntyä hyvän näkyvyydenkin vallitessa, joten lentäjien tulisi olla tietoisia niistä. Näköharhojen tunnistamisella ja harhoista selviytymisen harjoittelulla voidaan mahdollisesti vähentää niiden aiheuttamia onnettomuuksia.

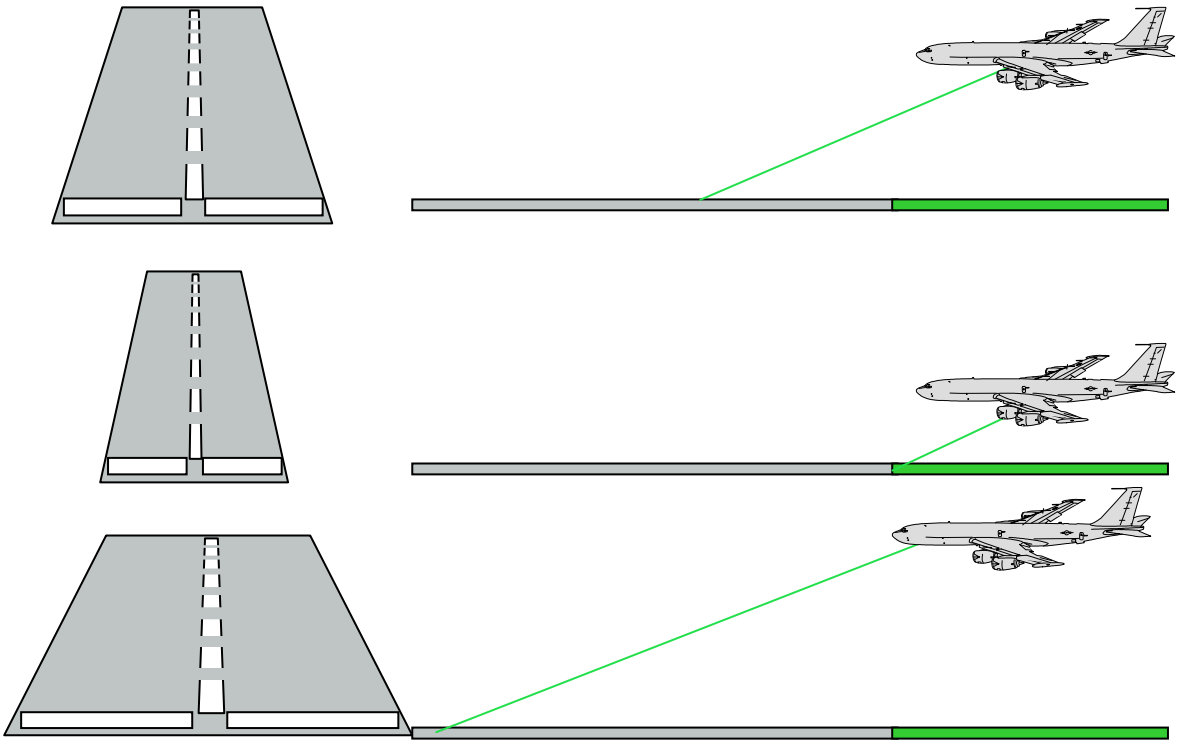
3.2.1.1. Keskeisnäön harhat

Ihminen käyttää keskeisnäköä ensisijaisesti kohteiden havaitsemiseen ja tunnistamiseen. Olosuhteissa, joissa ääreisnäön kiintopisteet puuttuvat, muodostetaan asentotaju pääasiassa keskeisnäön avulla. Koska tällaisissa olosuhteissa keskeisnäöllä on erittäin suuri rooli asentotajun muodostumisessa, ovat keskeisnäön harhat erittäin vaarallisia. Jotkut keskeisnäön harhat voivat myös ilmetä sivunäkökentissä (ääreisnäön alueella). Tällaisia ovat esimerkiksi horisonttiharhat ja autokinesis. Seuraavassa on esitelty lyhyesti tavallisimmat keskeisnäön aiheuttamat näköharhat.

Perspektiiviharhat

Kiitorata nähdään tietyn muotoisena vinoneliönä loppulähestymisen aikana. Kiitoradan muoto muuttuu lentäjän silmissä sen mukaan, miltä korkeudelta ja etäisyydeltä sitä katsotaan. Lentäjillä on kokemuksen myötä syntynyt mielikuva oikeasta lähestymiskulmasta ja kiitoradan muodosta. Vaikka lähestymiskulma olisikin oikea, vaihtelee kiitoradan vinoneliö radan leveyden ja pituuden mukaan. Kokemattomalle lentäjälle tämä saattaa tuottaa vaikeuksia. Le-

veämpi kiitorata näyttää olevan lähempänä, kapeampi kauempana. Tällöin on vaarana, että leveää kiitorataa lähestytään liian korkealta ja kapeaa rataa vastaavasti matalalta, jos loppulähestymislinjalle liitytään suoraan. Laskukierroslentämisessä tilanne on päinvastainen.



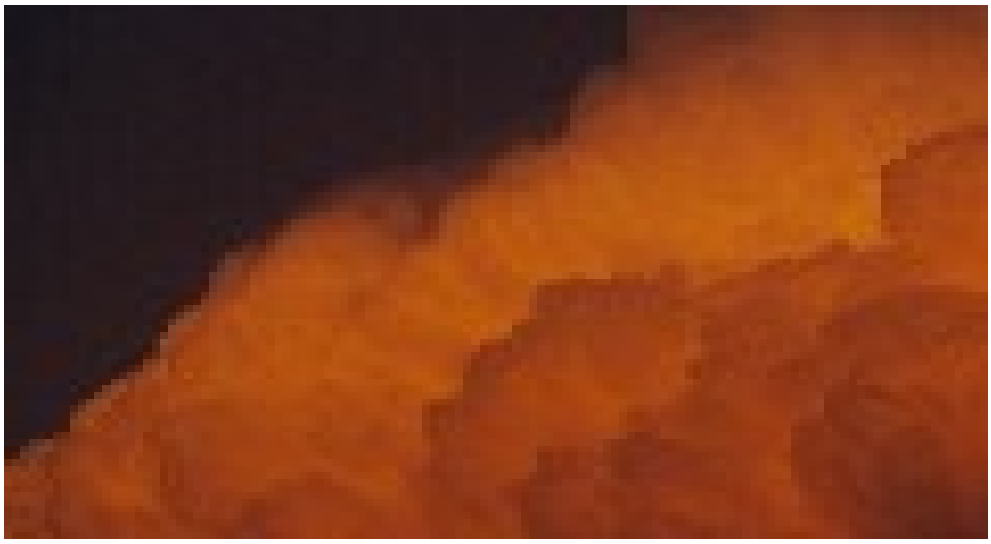
KUVIO 8. Perspektiiviharha lähestymisessä. Ylimmässä kuvassa kiitoradan vinoneliö näyttää oikealta ja liukupolku on sopiva. Keskimmäisessä kuvassa kapeaa kiitorataa lähestytään matalalta ja ”lasku saattaa jäädä lyhyeksi”. Alimmassa kuvassa leveää kiitorataa lähestytään korkealta. Jos loppulähestymislinjalle liitytään suoraan, saattaa lasku tällöin mennä helposti pitkäksi. (Lahin 2004.)

Ihmisellä on tapana kuvitella lähellä pysty- tai vaakasuoraa olevat tasot täysin pysty- tai vaakasuoriksi. Joskus voidaan kuvitella niistä selvästi poikkeavatkin pinnat todella vaaka- tai pystysuoriksi. Vaakatasosta poikkeava kiitorata saattaa tuottaa kokeneellekin lentäjälle näköharhan. Kiitoradan vinoneliö halutaan nähdä samankokoisena, jotta tiedetään olevan oikealla liukupolulla. Jos rata on vaakasuorasta ”ylämäkeen”, saattaa kokeneellekin lentäjälle syntyä harha-aistimus, että kiitorataa lähestytään liian korkealta. Vinoneliö muutetaan mielikuvan mukaiseksi työntämällä lentokoneen nokkaa alaspäin ja tällöin liukupolku voi jäädä vaarallisen loivaksi. Vastaavasti ”rata alamäkeen” tilanteessa toimitaan päinvastoin. Tällöin liukupolku voi mennä liian jyrkäksi.

Liukupolun valintaan saattaa vaikuttaa myös kiitoradan ympärillä oleva maasto. Jos maasto on laskevaa ja kiitorata on vaakasuorassa, saattaa lentäjä kuvitella maaston vaakasuoraksi. Tällöin liukupolku korjataan helposti liian jyrkäksi. Vastaavasti nouseva maasto saattaa aiheuttaa tilanteen, jossa liukupolku valitaan liian loivaksi.

Horisonttiharhat

Horisonttiharhoja syntyy kun lentäjä sekoittaa pilvet horisontin tai maan pinnan kanssa. Horisonttivirheissä tulkitaan sinänsä oikeita näköhavaintoja väärin. Sopivan kaukana olevaa pilvirintaman yläreunaa voidaan usein luulla horisontiksi. Mikäli pilvirintama on kallellaan, saattaa lentäjä korjata lentokoneen asennon vaakasuoraan pilvirintaman kanssa ja lentokone aloittaa kaarron. Tämä aistiharha on usein hyvin salakavala. Se säilyy niin kauan kunnes lentäjä huomaa tilanteen ja tarkistaa asentonsa mittareista. (Aeromedical training for flight personnel. 2003, 9.) Erityisen vaarallisia horisonttiharhat ovat loppulähestymisen aikana. Sopivasti kalteva maasto kiitoradan jatkeella voidaan tulkita horisontiksi ja kone saatetaan kallistaa vaarallisesti sen mukaiseksi. Horisonttiharha saattaa myös syntyä huomaamatta harjoiteltaessa mittarilentämistä. Kun pitkään jatkunut mittarilentäminen vaihtuu laskukierroksessa näkölentämiseen, saattaa kalteva pilvirintama harhauttaa mittarilentäjää luulemaan tätä horisontiksi.



KUVIO 9. Kalteva pilvirintama. Kaltevia pilvipintoja saatetaan joskus luulla horisontiksi (Harald Edens 2005).

Horisonttiharhat ovat erittäin vaarallisia yöllä, kun sivukiintopisteitä ei ole näkyvissä. Kohoava maasto valoineen voidaan helposti tulkita vaakasuoraksi. Ellei aistiharhaa korjata mittareista katsomalla, saattavat seuraukset olla kohtalokkaat. Kun kaltevaan maastoon rakennetun öisen kaupungin valoja luullaan vaakatasoksi, saatetaan painua vaarallisesti liukupolun alapuolelle. Kokematon lentäjä saattaa myös sekoittaa maavalot ja tähdet keskenään. Jos horisontti on kateissa ja maavalot tulkitaan tähdiksi, saatetaan lentokone ohjata jyrkkäänkin syöksyyn. Tähtien, maavalojen ja lentokoneiden vilkkuvalojen sekoittaminen yölennolla ei ole kovinkaan harvinaista. Monet hävittäjälentäjät ovat lähteneet tunnistamaan tähtiä, luullen niitä toisiksi lentokoneiksi.

Rajoitetun näkyvyyden harhat

Näkyvyyttä heikentävät tekijät kuten sumu, sade, savu, pöly, pimeys ja lumi saattavat harhauttaa ilmailijaa. Yleensä kun näkyvyys on rajoitettu jonkin edellä mainitun tekijän vuoksi, näyttävät kiitorata ja muut kiintopisteet olevan kauempana. Tällöin lähestyminen voi tapahtua liian korkealta ja liian suurella nopeudella. Kiitotievalot näkyvät normaalia heikompana yöllä sumun tai sateen vallitessa. Se voi aiheuttaa edellä mainitun aistiharhan suuremmasta etäisyydestä kiitotiehen. On jopa raportoitu, että eri vahvuiset kiitotien reunavalot saattavat aiheuttaa aistiharhan koneen kallistumisesta valojen puolelle. (Spatial Disorientation Countermeasures 2005.) Toinen tämän tyyppinen illuusio saattaa syntyä erityisesti yöllä tehtäessä lähestymistä sumussa. Sumuisissa yöolosuhteissa pystynäkyvyys säilyy yleensä parempana kuin pituusnäkyvyys. Kauempana olevat kiitotievalot katoavat näkyvistä ja se voi aiheuttaa harhan nokan noususta. Jos illuusioon vastataan työntämällä nokkaa alaspäin, joutuu lentokone vaaralliseen syöksyyn.

Rajoitetun näkyvyyden harha saattaa syntyä joskus ILS-mittarilähestymisen aikana huonon näkyvyyden vallitessa. Mikäli lentäjä alkaa ohjata lentokonetta loppulähestymisen aikana pelkästään PAPI-valojen avulla, saattaa tarkan informaation puute kiitotien tasosta ja sijainnista aiheuttaa tilanteen, missä ajaudutaan oikean liukupolun yläpuolelle. Tämän vuoksi on hyvin tärkeää seurata myös ILS:n liukupalkin antamaa informaatiota, vaikka PAPI-valot olisivatkin näkyvissä.

KUVIO 10. Näköharha yöllä. Kirkkaampi näyttää olevan lähempänä (Lahin 2004).

Näkövihjeiden puuttuminen

Joissakin tapauksissa ei näköaistille riitä tarpeeksi näkövihjeitä oikean asentotajun säilyttämiseen. Esimerkiksi tyyni vedenpinta, hiekka-aavikko tai lumen peittämä tasainen maasto saattavat vaikeuttaa asentotajun säilyttämistä. Tutkimuksen tekijä on havainnut korkeuden määrityksen ilman mittariston apua edellä mainituissa tilanteissa äärimmäisen hankalaksi. Korkeuden määrittämisen vaikeudesta johtuen vesikoneiden lentäjät rutiininomaisesti asettavat koneensa turvalliseen vajoamisnopeuteen ja vain odottavat koneen laskeutumista veteen. Samoin toimitaan suksikoneilla lennettäessä lumipinnalta. Kun veden pinta on tyyni, on turha yrittää tehdä puhdasta, ”vedettyä” laskua. Vesikoneen saattaa helposti ”vetää hyllylle” ja kone voi sakata korkealtakin veden pinnan yläpuolelta.

Kiitotien peittävä ohut lumikerros voi viedä lentäjältä tarvittavat näkövihjeet korkeuden määrittämiseen ja lähestyminen saattaa muodostua erittäin vaikeaksi. Lähestymiset eivät ole ainoita lennon vaiheita, joissa lumipeite ja tasainen veden pinta aiheuttavat ongelmia. Useampia lentokoneita on syöksynyt maahan arvioituaan taitolennolla korkeutensa väärin tasaisen veden tai lumen päällä. (Spatial Disorientation Countermeasures 2005.) Ilmavoimien Fouga Magister törmäsi tasaiselle jäälle heikoissa näkyvyysolosuhteissa Lohtajalla vuonna 1985. Ohjaaja menehtyi ja tähystäjä loukkaantui vakavasti.

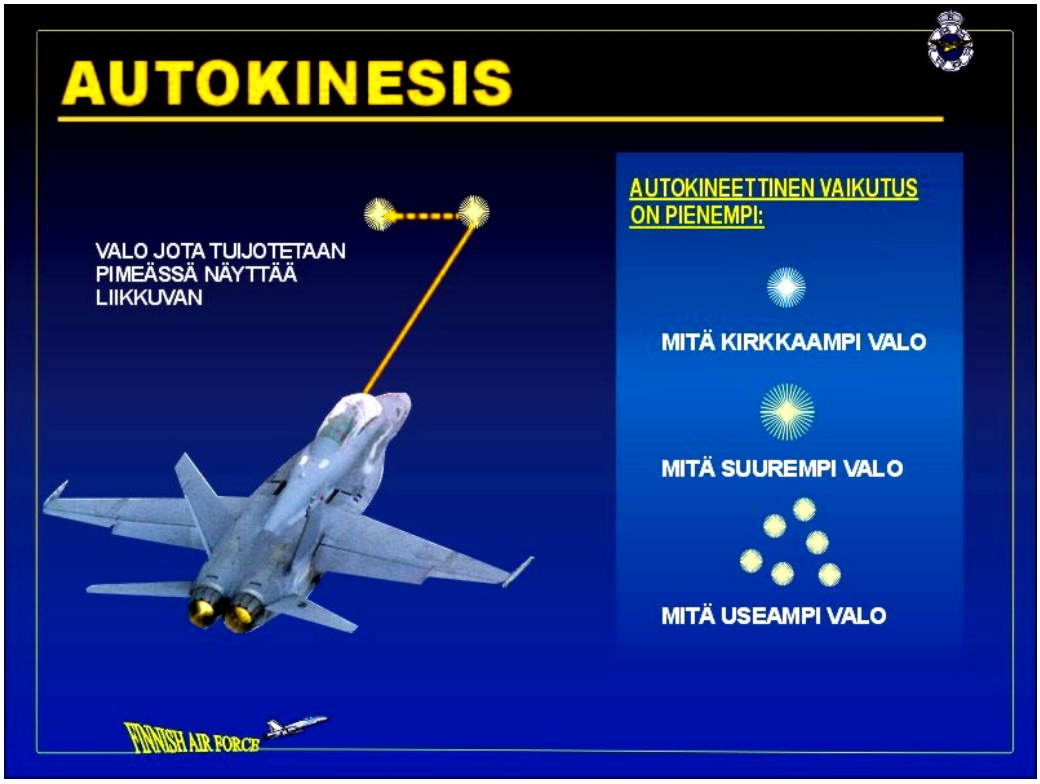
Avaruusmyopia

Jos ohjaajan näkökentässä ei ole mitään kiintopistettä, mihin silmä voisi tarkentua, tapahtuu tarkentuminen lähietäisyydelle lentäjän sitä tiedostamatta. Silmä ei pysty tarkentumaan kuviteltuihin kaukaisiin kiintopisteisiin. Tuulilasin pinnassa olevaa tahraa saatetaan luulla kauempana olevaksi lentokoneeksi. Tämä harha-aistimus saattaa kestää pitkäänkin lennettäessä vakiosuuntaa ja –korkeutta. Ilmiötä kutsutaan avaruusmyopiaksi eli ”tyhjänäkökenttä”-ilmiöksi. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 59.)

Autokinesis-ilmiö

Autokinesis-ilmiö saattaa syntyä etenkin silloin, kun lentäjän näkövihjeet ovat vähäiset. Pieni, hämärä valo tummaa taustaa vasten luo ideaalisen tilanteen autokinesis-ilmiön muodostumiselle. Kun valoa katsotaan 10 sekunnin ajan, se näyttää liikkuvan noin 20º/sek. Autokinesis-ilmiön vaikutus on sitä pienempi, mitä suurempi ja kirkkaampi valo on. Autokinesis-ilmiön fysiologista syntymekanismia ei varmuudella tiedetä, mutta sen epäillään johtuvan silmien liikkeestä. Silmät kääntyvät hitaasti itsestään ja epätarkka vestibulaarinen stabilointi viestittää kuitenkin aivoille silmien olevan paikoillaan. Tämän seurauksena syntyy aistimus, että jos silmät ovat paikoillaan, niin kohteen täytyy liikkua. Autokinesis-ilmiön voi kokea maanpinnallakin melko helposti. Tarkkailtaessa riittävän kauan esimerkiksi jotain hämärää tähteä, saattaa syntyä aistimus että tähti alkaa yhtäkkiä liikkua.

Autokineettisen harhan vaikutukset tulevat esiin tilanteissa, joissa lentäjä näkee tähden tai maavalon liikkuvan. Kiinteää tai liikkuvaa valonlähdettä voidaan helposti luulla lentokoneeksi ja niitä saatetaan operatiivisella lennolla jopa lähteä torjumaan tai tunnistamaan. Autokinesis-ilmiön estämiseksi ja vähentämiseksi lentäjän pitäisi pyrkiä säilyttämään hyvät näkölento-olosuhteet. Tämä ei tietenkään ole mahdollista yöllä, joten silloin pitäisi välttää katsomasta yhteen pisteeseen liian kauaa. Toinen hyvä keino vähentää autokinesis-ilmiötä on katsoa hieman kohteen viereen ja mahdollisuuksien mukaan liikutella silmiään. Autokinesis-ilmiön vähentämiseksi toimitaan yleensä siten, että tukeudutaan tiukemmin mittareihin, sekä tutkahavaintoihin ja verrataan, ovatko kyseiset ”valot” tarkkailtava kohde vai ei. Lentokoneissa olevien useampien valojen ja loistetarrojen uskotaan vähentäneen autokinesis-ilmiön ongelmia. (Spatial Disorientation Countermeasures 2005.) Tärkeää on ymmärtää, että yölennolla yhden valon perusteella on mahdoton arvioida etäisyyttä kohteeseen pelkän näköhavainnon perusteella.



KUVIO 11. Autokinesis-ilmiö. Tarkkailtaessa riittävän kauan esimerkiksi tähteä, saattaa syntyä aistimus, että se alkaa yhtäkkiä liikkua (Lahin 2004).

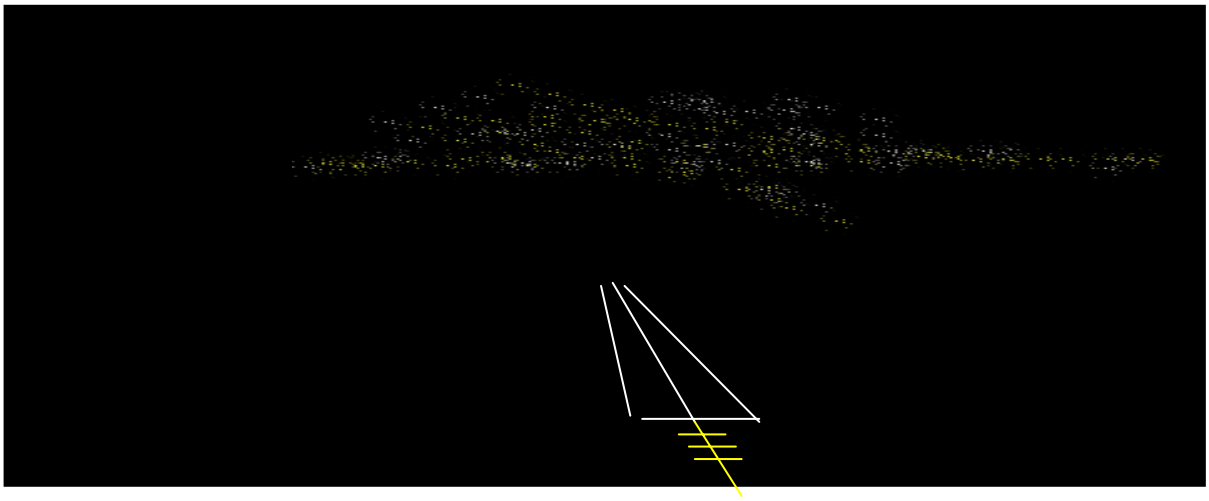
3.2.1.2. Ääreisnäön harhat

Tavallisessa elinympäristössä ääreisnäöllä on merkittävä osuus asentotajun muodostumisessa. Ihminen käyttää tiedostamattaan ääreisnäköä asennon määrittelyyn. Ääreisnäön harhat ovat asentotajun kannalta erityisen vaarallisia juuri sen vuoksi, että ääreisnäön merkitys näköaistin tuottamaan informaatioon on hyvin suuri. Seuraavassa esitellään ääreisnäön aiheuttamat näköharhat.

Musta aukko-lähestyminen

Musta aukko-lähestymiseksi (Black-hole approach) kutsutaan tilannetta, jossa laskeudutaan yöllä pimeän maaston, esimerkiksi veden, ympäröimälle kiitoradalle. Kaikkein vaikeimmaksi lähestyminen voi muodostua silloin, kun kiitotien reunavalot ovat ainoat näkyvät valot. Jos ääreisnäön kiintopisteet eivät ole auttamassa näköaistia asentotajun muodostumisessa, saattaa lentäjälle syntyä aistimus, missä lentokone tuntuu pysyvän paikoillaan ja kiitotie liikkuu. Tällainen illuusio voi tehdä lähestymisestä erittäin vaikean ja se saattaa johtaa siihen, että lentokone osuu maahan huomattavan paljon ennen kynnystä. Musta aukko-lähestyminen saattaa muodostua erityisen kohtalokkaaksi sellaisissa olosuhteissa, joissa maan pinta on tumma, ho-

risontti ei ole näkyvissä ja nousevassa maastossa kiitotien takana sijaitsevan kaupungin valot näkyvät selvästi. Jos lentäjä valitsee horisontaalitasoksi takana olevan kaupungin valot, on hänellä vaarana ajautua liian loivaan liukupolkuun ja kone voi osua maahan ennen kiitotien kynnystä. Liian loivaan liukupolkuun voi johtaa myös se, että lentäjä virheellisesti kuvittelee nousevan maaston tasaiseksi. (Spatial Disorientation Countermeasures 2005.)



KUVIO 12. Musta-aukko-lähestyminen. Takana näkyvän kaupungin valojen oletetaan olevan samassa horisontaalitasossa kentän kanssa (Lahin 2004).

Varjokato

Lähestyminen varjokato-olosuhteissa (white-out) voi olla yhtä vaikeaa kuin musta-aukko-lähestyminen. Kummatkin edellä mainituista näköharhoista johtuvat ääreisnäön puutteellisista kiintopisteistä. Varjokadolla tarkoitetaan tilannetta, jossa lumisessa ympäristössä ei tietyissä olosuhteissa maan pinnalle muodostu näkyviä varjoja tai ääriviivoja (Vapaavuori & Sorsa 2005, 59). Varjokadon aikana saattaa näkyvyys olla rajoittamaton, mutta silti lentäjä ei näe muuta kuin kiitotien. Tällaisissa tilanteissa on mahdotonta arvioida korkeutta ja maan pinnan muotoja, koska ääreisnäön aiheuttama liikeparalaksi puuttuu. Varjokato-olosuhteissa on tukeuduttava mittareihin turvallisen korkeuden ja asentotajun säilyttämiseksi. Edellä mainitun varjokadon lisäksi on olemassa samantapainen lumen pöllyämisestä aiheutuva tilanne, blowing-snow white-out. Siinä lumisade tai tuulen, potkurin tai helikopterin roottorin nostattama lumi häiritsevät näkyvyyttä. Laskeutuvan helikopterin lentäjä pyrkii tietysti säilyttämään näkyvyyden maahan. Tällöin hän saattaa menettää asentotajun hetkeksi, jolloin kopteri pääsee kallistumaan ja lopulta kaatuu koskettaessaan maata.

Lähestyttäessä kiitotietä olosuhteissa, joissa varjokato on mahdollinen, täytyy lentäjän olla tietoinen aistiharhan mahdollisuudesta varsinkin, jos horisontti ei ole näkyvissä. On myös huomioitava, että varjokato tapahtuu tavallisimmin näkölento-olosuhteissa. Kun sivukiinto-pisteet katoavat näkyvistä lumen pöllyämisen vuoksi, joudutaan asentotajun kannalta tärkeästä ääreisnäöstä siirtymään keskeisnäön tuottamaan informaatioon. Tällöin joudutaan turvautumaan perusmittareihin korkeuden ja koneen asennon määrittämiseksi. Tällaisissa tilanteissa pelkkä visuaalinen korkeuden arvioinnin yrittäminenkin on vaarallista.

KUVIO 13. Varjokato. Lumisessa ympäristössä ei tietyissä olosuhteissa maan pinnalle muodostu näkyviä varjoja tai ääriviivoja, joista lentäjä voisi arvioida korkeutta ja maanpinnan muotoja.

Vektioharhat

Vektioharhat syntyvät siten, että sivunäkökentässä (ääreisnäön alueella) havaittu liike kuvitellaan omaksi vastakkaissuuntaiseksi liikkeeksi. Liikennevaloissa viereisen auton liike voidaan kuvitella omaksi vastakkaissuuntaiseksi liikkeeksi. Lineaarinen vektio on tekijä, mikä vaikeuttaa osastolentämistä. ”Siipimies” ei voi koskaan olla varma liikkuuko hänen lentokoneensa suhteessa toiseen vai päinvastoin.

Toinen vektiotyyppi, angulaarinen vektio, syntyy kun sivunäkökentässä havaittu pyörivä liike kuvitellaan omaksi vastakkaissuuntaiseksi pyörimiseksi. Ajatellaan tilannetta, jossa ihminen laitetaan suuren pyörivän raidallisen sylinterin sisään. Muutaman sekunnin kuluttua hän on lähes varma, että sylinteri pysyy paikallaan ja hän pyörii. Samaisen harhan voi kokea ilmassa, jos esimerkiksi pyrstömajakan valo heijastaa pyörivän liikkeensä pilveen. Tällöin lentäjä voi kuvitella pyörivänsä vastakkaiseen suuntaan. Lennettäessä pitkään pilven alarajassa voi vektioharhan välttää sammuttamalla beaconin. Vektioharhat eivät onneksi ole kaikkein vaarallisimpia harhoja. Nykypäivänä voidaan vektioharhoja harjoitella tehokkaasti turvallisessa ympäristössä, sillä uusimmilla simulaattoreilla pystytään luomaan lentäjälle hyvin todentuntuinen sekä lineaarisen että angulaarisen vektion harha.

Sivu- tai etukulman harha

Alaviistossa suoraan edessä tai sivulla näkyvien kiintopisteiden avulla arvioidaan sekä etäisyyttä että korkeutta. Tämä arviointi tapahtuu kiintopisteiden kohti tai ohi ”virtaavan” liikkeen perusteella. Koneen asennon muuttuessa muuttuu myös kulma, jossa kiintopisteet nähdään. Jos samalla korkeus muuttuu, saattaa syntyä vaarallinen aistiharha, jossa kuvitellaan korkeuden pysyvän ennallaan. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 60.) Sivukiintopisteiden (ääreisnäön) avulla arvioidaan korkeutta ja nopeutta laskeutumisen aikana. Normaalia leveämmälle tai kapeammalle kiitoradalle laskeuduttaessa saattaa ohjaajalla olla vaikeuksia korkeuden arvioinnissa, sillä kiitotien leveys vaikuttaa totutun sivukulman suuruuteen. Totuttua leveämmällä kiitoradalla kuvitellaan korkeutta helposti pienemmäksi mitä se todellisuudessa on. Tällöin on vaarana aloittaa loppuveto liian aikaisin ja lentokone saattaa sakata kiitotielle. Sama tilanne voi ilmetä yölennolla, jolloin laskuvalonheittimen valaisema kiitotie saattaa aiheuttaa ”hyllylle vedon” arvioitaessa korkeus todellista pienemmäksi.

3.2.2. Tasapainoelimen aiheuttamat aistiharhat

Lennettäessä g-voimat saattavat aiheuttaa illuusioita. Kuormituskertoimen vaihtelu saattaa harhauttaa sekä asentoaistia että tasapainoaistia. Ongelmia syntyy, kun g-voimat eivät kohdistu pystysuorasti vartaloon nähden, kuten maanpinnalla. (Helde 2002, 5.) Tasapainoelimen aiheuttamat illuusiot syntyvät usein tilanteissa, joissa näkölentosäännöillä lentäminen on mahdotonta.

Oletetaan lentäjän tekevän lähestymistä huonossa säässä. Hän joutuu tekemään ylösvedon ja moottorin aiheuttama kiihdytys liikuttaa sisäkorvan asentoreseptoreita taaksepäin. Lentäjä aistii tämän nokan nousuksi. Mikäli hän ei tarkista aistimustaan mittareista, vaan korjaa har-

ha-aistimuksen nokan laskulla, on maahan törmääminen hyvin todennäköistä. Ohjaaja, joka on tehnyt lentokoneellaan ylösvedon ensimmäisen mittarilentoluokan määrittämästä ratkaisukorkeudesta, on hyvin lähellä maan pintaa ja matalan lentokorkeuden vuoksi virhekorjauksille ei ole varaa.

3.2.2.1. Somatogyyriset aistiharhat

”Sisäkorvan tasapainoelimen kaarikäytävät, joita kutsutaan myös liike-elimeksi, aistivat lähes yksinomaan pyörivien liikkeiden yhteydessä esiintyviä kulmakiihtyvyyksiä, -hidastuvuuksia ja hitaus- eli inertiavoimia” (Vapaavuori & Sorsa 2005, 61). Somatogyyriset aistiharhat ovat tasapainoelimen liikereseptoreiden aiheuttamia aistiharhoja. Ne ovat hyvin yleisiä lentämiseen liittyviä tuntemuksia, varsinkin lennettäessä pilvessä, mutta ne myös voivat muodostua erittäin vaarallisiksi asentotajun menettämiseen johtaviksi harhoiksi.

Aistiharha vaakalennosta

Aistiharha vaakalennosta syntyy helposti kun kaartoon lähdetään niin hitaasti, ettei kulmakiihtyvyys ylitä kaarikäytävien ärsytyskynnystä (2°/s²). Tällöin ollaan todellisuudessa jatkuvassa kaarrossa, mutta lentäjä ei aisti sitä. Hän kuvittelee olevansa edelleen vaakalennossa, mikäli keskeis- ja ääreisnäön näkövihjeet puuttuvat. Jos vaakakaartoa jatketaan samalla nopeudella riittävän kauan (n.10 -12 sek.), tasaantuvat kaarikäytävien nesteet ja ne välittävät aivoille harha-aistimuksen vaakalennosta. (Benson 1999, 441.)

Sentrifugi-koulutuksessa huomaa selvästi, kuinka g-voimien lisääminen normaalitilanteesta (1G) aiheuttaa kaarikäytävien nesteiden liikkeen. Tällöin lentäjä aistii g-voimien lisäyksen kaartona. Kun g-voimat vakiinnutetaan johonkin lukemaan noin 10 sekunniksi, tasaantuvat kaarikäytävän nesteet ja ihminen aistii sen vaakalennoksi. Tällöin todellisuudessa g-voimia on kuitenkin enemmän kuin vaakalennossa (1G).

Aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä

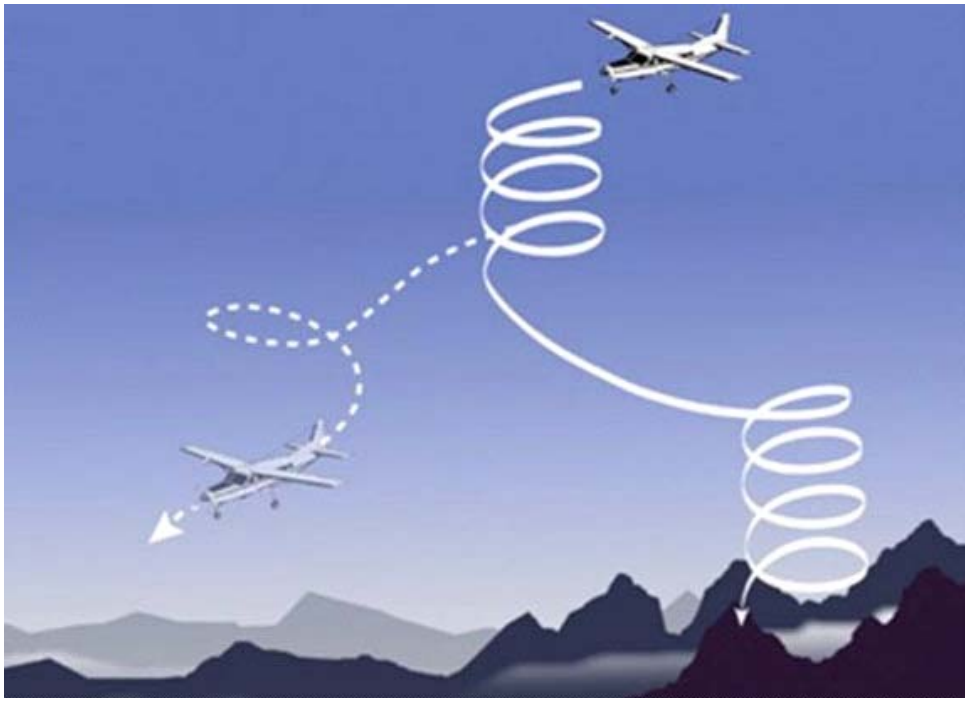
Aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä syntyy, kun jatkuvasta tasaisesta kaarrosta oikaistaan äkillisesti takaisin vaakalentoon. Oikaisu vaakalentoon jatkaa kaarikäytävien nesteiden liikettä niiden hitautensa vuoksi ja tällöin syntyy harha-aistimus vastakkaissuuntaisesta liikkeestä. Harha-aistimus vaimenee kuitenkin yleensä hyvin nopeasti, mutta joissakin olosuhteissa tunne vastakkaissuuntaisesta kallistuksesta voi jatkua jopa useita minuutteja. Lentäjän suorittama kyseisen illuusion korjaus tapahtuu alkuperäisen liikkeen suuntaan, jolloin esimerkiksi syöksykierteestä oikaisu johtaakin uuteen syöksykierteeseen. (Benson 1999, 441.)

KUVIO 14. Aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä (Antuñano 2003).

Hautausmaakierre

Hautausmaakierre ja -spiraali ovat nimensä mukaan erittäin vaarallisia. Nimi tulee siitä, että moni lentäjä on joutunut tuhoisaan onnettomuuteen yrittäessään korjata harhaa alkuperäisen liikkeen suuntaan. Hautausmaakierre on illuusio, mikä voi syntyä kun lentäjä joko tarkoituksella tai tahtomattaan ajautuu kierteeseen.

Antuñano (2003) selventää hautausmaakierrettä yksinkertaisella esimerkillään. Ajatellaan lentäjän joutuvan vasemmanpuoleiseen kierteeseen. Hän saa välittömän aistimuksen vasemmanpuoleisesta kierteestä. Vasemmanpuoleisen kierteen jatkuessa aistimus kierteessä olemisesta kuitenkin vähenee sisäkorvan kaarikäytävien nesteiden tasaantuessa. Lentäjä oikaisee kierteen oikeaa jalkaa painamalla, mutta samalla hän saa aistimuksen oikeanpuoleisesta kierteestä, sillä nesteet kaarikäytävässä lähtevät taas liikkeelle. Jos lentäjä uskoo olevansa oikeanpuoleisessa kierteessä ja korjaa tämän harha-aistimuksen painamalla vasenta jalkaa, hän ajaa itsensä uudelleen vasemmanpuoleiseen kierteeseen ja pian hautausmaalle. (Antuñano 2003.)

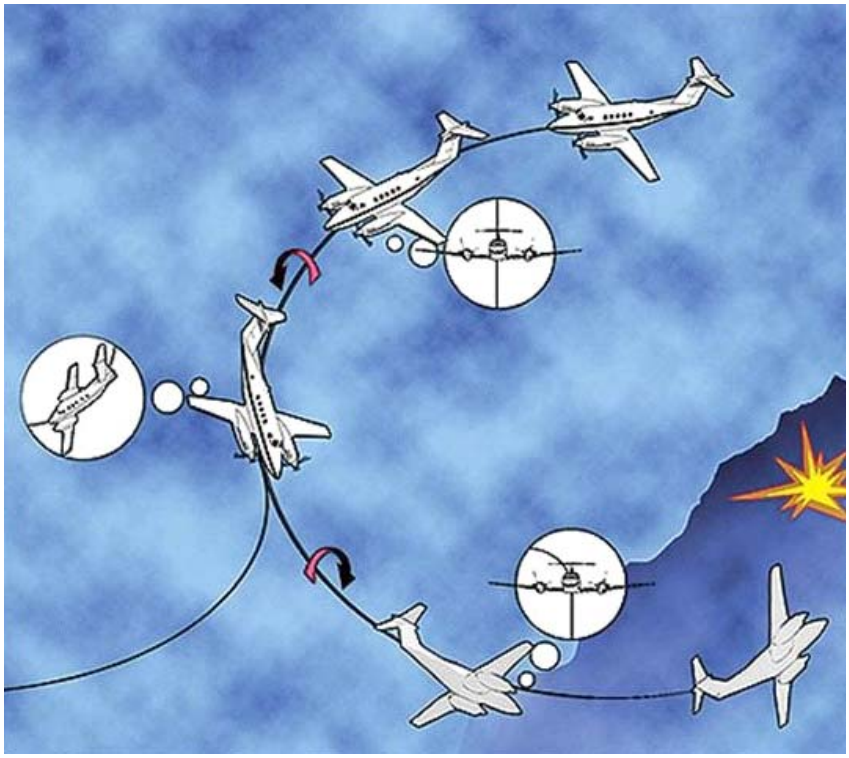


KUVIO 15. Hautausmaakierre (Antuñano 2003).

Tutkimuksen tekijä on lentokoulutuksessa saanut kokea syöksykierteen mittarilennon aikana. Kierteestä oikaisu tuntui erittäin epätodelliselta näköaistin puuttuessa. Kallistuksen tunne vastakkaiselle puolelle kierrettä oli erittäin voimakas ja ilman mittareiden apua tutkimuksen tekijä olisikin todennäköisesti jatkanut oikaisun jälkeen korjausta uuteen kierteeseen. Vapaavuori ja Sorsa (2005) kertovat mittariluottamuksen oppimisen ja säilyttämisen olevan tärkein asentotajun säilymisen perusedellytys (Vapaavuori & Sorsa 2005, 72).

Hautausmaaspiraali

Hautausmaaspiraali on nykyään huomattavasti yleisempi kuin hautausmaakierre. Se on hyvin samantyyppinen kuin harha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä. Se saattaa syntyä, kun kone oikaistaan jyrkästä kaarrosta vaakalentoon. Ajatellaan koneen kaartavan jyrkästi oikealle. Yli 20 sekuntia kestävä kaarto saa kaarikäytävän nesteet tasaantumaan. Kun kaarrosta oikaistaan, lähtevät kaarikäytävän nesteet jälleen liikkeelle ja lentäjälle syntyy illuusio kaarrosta vasemmalle. Mikäli tämän harha-aistimuksen korjaa oikeanpuoleisella kaarrolla, on hyvin todennäköistä, että kone joutuu oikeanpuoleiseen jyrkkään spiraaliin.



KUVIO 16. Hautausmaaspiraali (Antuñano 2003).

Tammisaaressa 1992 tapahtunut MIG-onnettomuus vaati yhden Suomen ilmavoimien lentäjän hengen. Tutkintalautakunta raportoi onnettomuuden aiheutuneen todennäköisesti hautausmaaspiraalin alkuvaiheeseen joutumisesta. Lentäjä oli joutunut matalasuunnistuslennolla huonoon säähän ja hänen mahdollisuutensa muodostaa ulkoisista kiintopisteistä riittävä asentotaju olivat olleet erittäin heikot. Sääolosuhteet ja ohjaajan kokemus huomioon ottaen kyseinen lento oli ollut liian vaativa.

Menehtynyt lentäjä oli lentänyt oikeaa nousukaartoa käyttäen maksimissaan 2,5 G:n vetoa. Kaarron jatkuessa aistimus kaarrosta vähenee kaarikäytävien nesteiden tasaantuessa. Ohjaaja oli oikaissut kaartoa hieman ja saanut ilmeisesti harha-aistimuksen vasemmanpuoleisesta kaarrosta. Ohjaajan huomion oli täytynyt keskittyä hetkeksi johonkin muuhun kuin mittarilentämiseen, sillä hän oli korjannut kyseisen illuusion oikeanpuoleisella kaarrolla ja joutunut jyrkkään oikeanpuoleiseen hautausmaaspiraalin alkuun. Ohjaaja oli aloittanut oikaisutoimenpiteet näkölento-olosuhteissa erittäin matalalla, mutta liian myöhään. Kone syöksyi loivalla kulmalla maahan ohjaajan vetäessä voimakkaasti sauvasta saadakseen lisää korkeutta. (MG-128:n lento-onnettomuuden tutkintapöytäkirjan tutkimuskertomus. 1992, liite 10.)

Coriolis-ilmiö

Coriolis-ilmiön sanotaan olevan tasapainoelimen aistiharhoista kaikkein vaarallisimman. Se saattaa tulla sotilaslentäjälle esimerkiksi pilvisessä säässä suoritettavassa tiukassa kaartotaistelutilanteessa, jossa lentäjä joutuu kääntelemään päätä nähdäkseen vihollisen. ”Coriolis-ilmiöksi tai –harhaksi kutsutaan liike-elimen kaarikäytävien peräkkäisestä ärsytyksestä johtuvaa sekavaa harha-aistimusta” (Vapaavuori & Sorsa 2005, 63). Jos lentäjä kääntää päätä 90° kaartoon nähden, loppuu kaarron suunnassa olleen kaarikäytävän kulmakiihtyvyys ja syntyy vastakkaissuuntaisen liikkeen aistimus. Kaarron vaikutuksesta johtuva kiihdytysvoima vaikuttaa kuitenkin edelliseen kaarikäytävään kohtisuorassa olevaan kaarikäytävään ja syntyy oikea aistimus kaarrosta siinä tasossa, missä tämä kaarikäytävä on. Kun pää käännetään takaisin alkuperäiseen asentoonsa, tapahtuvat aistimukset päinvastaisessa järjestyksessä. Tämä aiheuttaa niin sekavan ja ristiriitaisen olon, että asentotaju on erittäin helppo menettää. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 63.)

Antuñanon (2003) mukaan pään kääntely kaarron aikana aiheuttaa aistimuksen, missä kone tuntuu kallistelevan kaikkien kolmen akselinsa ympäri. Ilmiöstä aiheutuvaa olotilaa voi verrata alamäessä suoritettavien kuperkeikkojen sarjaan. (Antuñano 2003.) U S Navy kouluttaa ohjaajiaan asentotajusimulaattorissa lennolla, jossa aluksi lennetään mittarilento-olosuhteissa taitolentoa. Tämän jälkeen tutkavektoroinnin aikana päätä käännetään nopeasti kahdessa tasossa ja aistitaan voimakas coriolis-harha

Sentrifugi-koulutuksessa tutkimuksen tekijä sai kokea coriolis-ilmiön käytännössä. Kohtalaisella kuormituskertoimella suoritetun tiukan kaarron aikainen pystysuuntainen pään liikuttelu aiheutti välittömän aistimuksen kallistumisesta sivulle. Jos taas päätä liikutti sivusuunnassa, tuntui kuin olisi liikkunut pystysuunnassa. Asentotajun säilyttämiseksi oli pidettävä päätä suorassa vartaloon nähden. Coriolis-ilmiön voi myös kokea matkustajana istuessa turvallisesti mittarilentoonlähdössä. Jos katsoo koneen siipeä pää kallellaan lähtökiidon ajan ja palauttaa pään pystyasentoon pilvessä, syntyy välitön aistimus koneen olemisesta 90º kallellaan. Mittareista voidaan kuitenkin todeta lentokoneen olevan suorassa nousussa.

KUVIO 17. Coriolis-ilmiö. Kaarron aikainen pään kallistelu saa aikaan kaarikäytävien nesteiden erisuuntaisen liikkeen ja tästä syntyvä aistimus on erittäin sekava (Antuñano 2003).

3.2.2.2. Somatograaviset aistiharhat

Somatograaviset harhat liittyvät sisäkorvan asentoreseptoreihin. Kyseisiä harhoja syntyy, kun koneella suoritetaan nopeuden kiihdytyksiä ja hidastuksia vaakatasossa. Asentoreseptorit aistivat lähes yksinomaan suoraviivaisia kiihtyvyys-, hidastuvuus- ja hitausvoimia. Ihminen on tottunut määrittelemään pään ja kehon asennon pystyasennossa maanpinnalla suhteessa maan vetovoimaan. Kun ihminen nostetaan lentokoneen avulla ilmaan kolmiulotteiseen ympäristöön ja siihen lisätään kaikissa kolmessa avaruussuunnassa vaikuttavia voimia, muuttuu asennon määrittely huomattavasti hankalammaksi. Ihminen pyrkii luonnostaan tulkitsemaan kaikissa suunnissa vaikuttavia voimia maan vetovoiman suuntaisiksi. Tästä on seurauksena monenlaisia harha-aistimuksia, joita kutsutaan somatograavisiksi harhoiksi. (Benson 1999, 438.)

Aistiharha vaakalennosta

Asentoreseptoreilla on luonnollinen raja (<0,1 G) aistia nopeuden ja suunnan muutoksia. Jos muutos on niin pieni, ettei aistihavaintoa synny, kuvittelee lentäjä olevansa vaakalennossa. Harha vaakalennosta on erityisen vaarallinen silloin, kun lennetään matalalla suurilla nopeuksilla. Puut vilisevät nopeasti vastaan, mikäli joudutaan pieneen liukuun siten, ettei huomata korkeuden menetystä.

Aistiharha nokan noususta

Aistiharha nokan noususta tapahtuu usein lentoonlähdön yhteydessä. Kiihdytys aiheuttaa asentoreseptoreissa karvojen taakse taipumisen, saman tapahtuman, mikä aiheutuu kun päätä kallistetaan taaksepäin tai kun kone vedetään nousuun. Kun lentäjä vetää koneen nousuun irtoamishetkellä, kiihdyttämisen aiheuttama aistiharha nokan noususta ja todellinen nousu yhdistyvät suureksi nokan nousun tunteeksi. Harha-aistimus voi olla niin voimakas, että lentäjä pyrkii korjaamaan sitä laskemalla nokkaa. Tällöin kone joutuu todellisuudessa syöksyyn ja maahan törmääminen on todennäköistä. (Helde 2002, 6.)

Leibowitzin (1988) mukaan aistiharhan nokan noususta kokee todennäköisimmin silloin, kun näköedellytykset ovat huonot, esimerkiksi pimeällä. Mikäli maa ja horisontti ovat hyvin näkyvissä, ei kyseisestä illuusiosta muodostu ongelmaa. (Helde 2002). Aistiharhan nokan noususta saattaa kokea myös tavallinen matkustaja ollessaan matkustajakoneen kyydissä. Mikäli silmät pidetään suljettuna lähtökiidon ajan, saattaa lentokoneen lineaarinen kiihdytys aiheuttaa matkustajalle harha-aistimuksen koneen nokan nousemisesta ylöspäin. F-18 Hornet lentoonlähdöissä merellä lentotukialukselta käytetään lentoautomatiikkaa katapulttilähdöissä somatograavisen aistiharhan vuoksi.

Aistiharha nokan laskusta

Aistiharha nokan laskusta on edellä kuvattua harhaa vastaava, mutta suunnaltaan päinvastainen. Nopeuden hidastuminen esimerkiksi tehon vähennyksen yhteydessä aiheuttaa aistimuksen koneen nokan laskusta. Lentäjän suorittama korjausliike on luonnollisesti vedolla aiheutettu nokan nostaminen, mikä saattaa johtaa koneen sakkaustilaan. Aistiharha nokan laskusta on hyvin vaarallinen matalalla esimerkiksi laskukierroksessa, jolloin sakkauksesta oikaisuun ei ole paljoa korkeutta.

Inversioharha

Inversioharhan edellytyksenä on suhteellisen hyvän suorituskyvyn omaava lentokone. Harha voi syntyä, kun esimerkiksi noususta oikaistaan vaakalentoon. Tällöin ulkopuolisen liikkeen (g-voimat<0) ja nopeuden kasvun yhteisvaikutuksesta istuinpaikka-aistin tuntema voimavektori kääntyy taaksepäin. Kun tätä vektoria pidetään maan vetovoiman kiihtyvyytenä, syntyy aistimus, että kone kallistuu taaksepäin ja lopulta ylösalaisin (inversio). (Vapaavuori & Sorsa 2005, 66.) Luonnollinen korjaus tälle illuusiolle on voimakas työntö, mikä aiheuttaa todellisuudessa koneen jyrkän syöksyn.

KUVIO 18. Inversioharha (Antuñano 2003).

3.2.3. Yhdistelmäharhat

Edellisessä luvussa on mainittu useita harhoja, joihin liittyy sekä tasapainoaistin että asentoaistin tuntemuksia. Joihinkin harhoihin liittyy vielä näköaistikin mukaan, kun silmät pyrkivät ennakoimaan liikkeeseen nähden päinvastaiseen suuntaan (nystagmus). Seuraavassa on esitelty lyhyesti muutama asentotajun menetykselle altistavista yhdistelmäharhoista.

Okulograavinen aistiharha

Somatograavisista aistiharhoista kuvaavassa luvussa mainittiin jo silmien liikkeestä johtuva okulograavinen (sisäkorvan asentoreseptoreiden) aistiharha. Sisäkorvan asentoreseptoreiden aiheuttamissa aistiharhoissa suoraviivaiset kiihdytykset/hidastukset aiheuttavat tasapainoaistin välityksellä harha-aistimuksen joko eteen tai taaksepäin kallistumisesta. Todennäköisesti silmien pyrkimyksestä ennakoida tulevaa liikettä sen vastakkaiseen suuntaan (vestibulo-okulaarinen refleksi) vaikutuksesta silmät pyörähtävät siten, että mittaritaulu ja ulkopuolinen näkökenttä siirtyvät vastaavasti joko ylös- tai alaspäin. Tämä voi yhdessä tasapaino- ja asentoaistin tuntemusten kanssa aiheuttaa voimakkaan harha-aistimuksen nokan noususta tai laskusta. (Benson 1999, 440.)

Hissiharha

Hissiharhaa voidaan myös pitää okulograavisena aistiharhana. Sen aiheuttavat vaakasuorien suoraviivaisten kiihtyvyyksien sijasta pystysuorat kiihtyvyydet, kuten esimerkiksi äkilliset turbulenssin aiheuttamat voimakkaat pystyvirtaukset. Äkillinen kiihtyvyys ylös- tai alaspäin ja siitä johtuva hetkellinen vastakkainen hitausvoima aiheuttavat pakaraseudun istuinlihaksien tunteman kuormituksen muutoksen, joka voidaan tulkita koneen nousuksi tai laskuksi. Tämä ns. hissiharha on voimakkaampi kevyellä lentokoneella lennettäessä. Silmät pyrkivät ennakoimaan liikettä sen vastakkaiseen suuntaan, minkä vaikutuksesta silmät pyörähtävät jälleen siten, että mittaritaulu ja ulkopuolinen näkökenttä siirtyvät vastaavasti joko ylös- tai alaspäin. Hissiharha ei yleensä muodostu ongelmaksi näkölento-olosuhteissa lennettäessä, mutta ulkopuolisten kiintopisteiden puuttuessa kokonaan tai niiden ollessa heikkoja (esimerkiksi yöllä), saattaa aistimuksen aiheuttama vastakkaissuuntainen korjausliike johtaa vaaratilanteeseen etenkin silloin, kun lennetään matalalla.

Okulogyyrinen aistiharha

Okulogyyrinen (sisäkorvan liikereseptoreiden) aistiharha liittyy somatogyyrisiin aistiharhoihin. Se johtuu ns. vestibulo-okulaarisen refleksin aiheuttamista silmien liikkeistä. Harha syntyy kun liikereseptoreiden aistimus lakkaa kaarron päätyttyä, mutta kaarron vaikutus silmiin jatkuu vielä jonkin aikaa. Tällöin esimerkiksi kiintopisteenä käytetty valo näyttää jatkavan liikettä. Samantapainen harha saattaa syntyä kun esimerkiksi yöllä joudutaan hitaaseen kaartoon, joka ei ylitä liikereseptoreiden ärsytyskynnystä (kaarto alle 2º/sek.) Kaartoa ei tällöin havaita ja ulkopuoliset kiintopisteet näyttävät silloin liikkuvan.

Ylösalaisin lentämisen aistiharha (Upside-down illusion)

Lennettäessä korkealla tasaisen pilvipeitteen yläpuolella, valo heijastuu alapuolelta pilven pinnasta. Kun samalla taivas yläpuolella on hyvin tumma eikä horisontti ole näkyvissä, saattaa lentäjä kuvitella olevansa pää alaspäin. Ohjatessaan koneen oikein päin pelkkien aistimusten perusteella, joutuukin hän todellisuudessa selkälentoon ja saattaa tällöin menettää asentotajunsa. Osastolennoilla saattaa joskus esiintyä ylösalaisin lentämisen aistiharhaa.

KUVIO 19. Ylösalaisin lentämisen aistiharha. Se saattaa syntyä tietyissä sääolosuhteissa. (Danish Aviation Photo 2005.)

Varsinkin visuaalisten näköedellytysten ollessa heikot, saattaa osastolla liikehtiminen aiheuttaa siipikoneen ohjaajalle tunteen lentämisestä ylösalaisin, vaikka todellisuudessa hän on vaakalennossa. Tunne on hyvin epämiellyttävä, mutta aistiharha on korjattavissa helposti katsomalla koneen todellinen asento keinohorisontista.

3.3. Asentotajun menetyksen tyypit

Yksinkertaisesti ajateltuna asentotajun menettäminen tapahtuu silloin, kun ihmisen aistit antavat virheellisen aistimuksen ohjaajan ja lentokoneen asennosta. Jos lentokone onkin todellisuudessa aivan muussa asennossa, mitä aistit antavat ymmärtää, on asentotaju jo menetetty. Asentotajun menettämisen vaarat eivät uhkaa pelkästään hävittäjälentäjiä tai kokemattomia ilmailijoita. Asentotajun menetys voi tapahtua kenelle tahansa, millä tahansa ilma-aluksella lennettäessä, siviili tai sotilasilmailussa, pienellä tai suurella lentokoneella, kiinteä- tai pyöriväsiipisellä. Pitkäkään kokemus ilmailusta ei takaa immuunisuutta asentotajun menettämiselle. Sanotaan että on kahdenlaisia lentäjiä: on niitä, jotka ovat kokeneet asentotajun menettämisen, ja niitä, jotka eivät tiedä, että he ovat kokeneet asentotajun menettämisen.

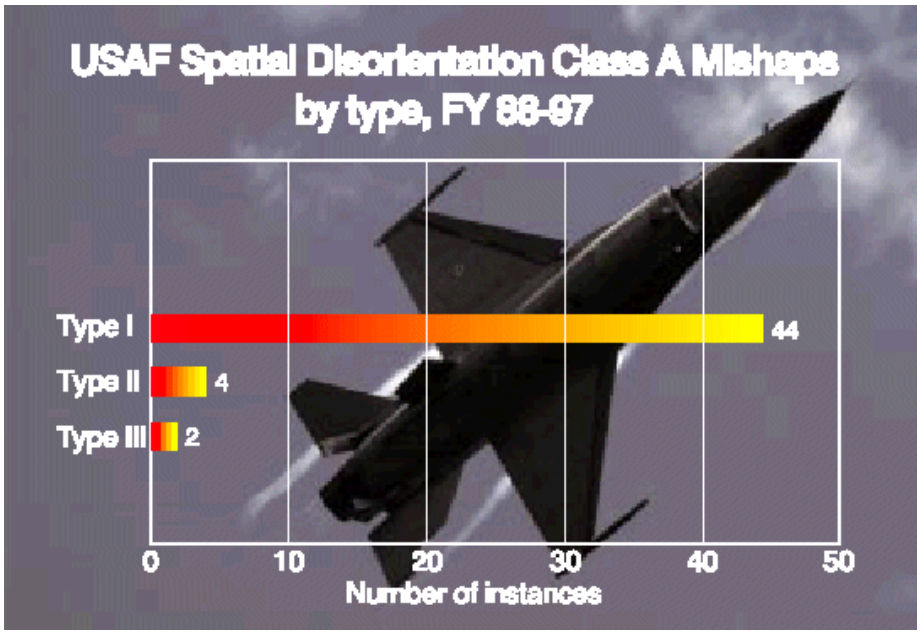
Asentotaju voidaan menettää hyvin monenlaisissa olosuhteissa. Tavallisesti asentotajun menettäminen uhkaa yöllä, kun horisontti ei ole selkeä. Asentotaju voidaan myös menettää helposti pilvisellä ilmalla tai muuten huonossa säässä, kun siirrytään näkölento-olosuhteista mittarilento-olosuhteisiin. Asentotajun menettäminen voi kuitenkin tapahtua myös kirkkaalla ilmalla, täysin näkölento-olosuhteissa. (Baker 1998.) Asentotajun menettäminen voidaan jakaa kolmeen eri pääryhmään: 1) tiedostamaton asentotajun menetys, 2) tiedostettu, hallittu asentotajun menetys ja 3) hallitsematon asentotajun menetys.

I Tiedostamaton asentotajun menetys

Tiedostamaton asentotajun menetys on kaikkein vaarallisin asentotajun menetyksen kolmesta tyypistä. Tiedostamaton asentotajun menetys saattaa syntyä kun kokematon lentäjä, jolla ei ole mittarikelpuutusta, joutuu pilveen tai olosuhteisiin, missä horisontti tai ulkopuoliset kiintopisteet eivät ole näkyvissä. Tällöin lentäjä saattaa menettää tiedostamattaan asentotajunsa hyvin nopeasti. Jos lentokoneen asennon muutokset ovat niin hitaita, etteivät tasapaino- ja asentoaisti havaitse niitä, voi lentäjä kuvitella olevansa vaakalennossa, vaikka todellisuudessa hän onkin joutumassa yhä jyrkkenevään kaartoon tai syöksyyn. Kun tämä havaitaan, saatetaan virhe korjata istuinpaikka-aistin antaman tunteen mukaisesti väärin ja tilanne vain pahenee entisestään. Tehokas mittareiden ristiin tarkkaileminen, ehdoton mittariluottamus ja välitön

lentokoneen asennon muuttaminen keinohorisontin mukaan halutuksi ehkäisevät edellä mainituissa tilanteissa asentotajun menettämistä.

Tiedostamaton asentotajun menettäminen tapahtuu usein heikosti suoritetussa siirtymisestä näkölento-olosuhteista mittarilento-olosuhteisiin, mutta se voi kuitenkin syntyä melkein millaisissa olosuhteissa tahansa. Tavallisimpia tiedostamattoman asentotajun menettämiseen johtavia harhoja ovat tasapainoelimen aistiharhat: harha vaakalennosta, harha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä, hautausmaakierre ja -spiraali sekä aistiharha nokan noususta/laskusta. Hävittäjälentäjille saattaa syntyä tiedostamaton asentotajun menetys äkillisten kiihtyvyys-, hidastuvuus ja hitausvoimien vaikutuksesta esimerkiksi ilmataistelussa täysin näkölento-olosuhteissa. Tällöin äkilliset lentokoneen asennon muutokset voivat tehdä tasapaino- ja asentoaistin tuntemukset niin voimakkaiksi ja yllättäviksi, että lentäjä tekee vaistomaisen virheellisen korjausliikkeen ”istuinpaikka-aistin” mukaan. (esim. Coriolis- ja G-ylimäärän harhat) (Vapaavuori & Sorsa 2005, 69.)



KUVIO 20. US Air Forcen vuosina 1988 - 1997 asentotajusta johtuneiden onnettomuuksien jako kolmeen pääryhmään. Tiedostamaton asentotajun menetys oli selkeästi kaikkein tavallisin onnettomuuden syy. (Baker 1998, 8.)

II Tiedostettu, hallittu asentotajun menetys

Lentäjälle voi syntyä ristiriita omien aistimusten ja mittariston antaman informaation välille. Asento- ja tasapainoaistin tuottamat voimakkaat virheelliset aistimukset saattavat aiheuttaa tilanteen, jossa tuntuu, että mittarit valehtelevat. Ohjaajasta saattaa tuntua myös siltä, että lentokone pyrkii hakeutumaan johonkin aivan muuhun lentotilaan kuin mihin sitä yritetään ohjata. Havaitessaan ristiriidat ajoissa, voi kokenut lentäjä ottaa tilanteen haltuun oikeilla ja rauhallisilla ohjainliikkeillä. Mikäli lentäjä tiedostaa asentotajun menettämisen, on hän jo puolivälissä siitä selviytymässä. Oleellista on huomata aistiharhat ajoissa, luottaa mittareihin ja ottaa lentokone hallintaan määrätietoisilla, rauhallisilla ohjainliikkeillä.

Esimerkkinä tiedostetusta ja hallitusta asentotajun menettämisestä on hautausmaakierre-illuusio. Siinä lentäjä ajautuu syöksykierteeseen, joka vakiintuessaan tasoittaa sisäkorvan kaarikäytävien nesteet. Tajutessaan tilanteen lentäjä keskittää ohjaimet syöksykierteen oikaisemiseksi. Kun syöksykierre oikenee, lähtevät kaarikäytävän nesteet jälleen liikkeelle antaen virheellisen aistimuksen lentokoneen joutumisesta vastakkaisen puoleiseen syöksykierteeseen. Kaarto- ja kallistusmittari kertoo lentokoneen olevan vaakalennossa, kun taas tasapainoaisti aistii vastakkaissuuntaisesta syöksykierteestä. Lentäjän on tällöin päätettävä kumman järjestelmän tuottamaan informaatioon luottaa. Yleensä lentäjä valitsee mittareiden tuottaman informaation oikeaksi ja vakiinnuttaa tilanteen hallitusti sen koommin ajattelematta, että kyseessä oli aistiharha. Jos taas lentäjä luottaa mittareiden sijaan omiin aistimuksiinsa, ajaa hän itsensä uudelleen alkuperäiseen kierteeseen, nyt hautausmaakierteeseen. (Heinle & Ercoline 2002.)

Niin sanottu jättiläiskäsi-ilmiö (*giant hand-illusion*) voidaan luokitella kuuluvaksi tiedostetun asentotajun menetys -ryhmään. Siinä lentäjä saa vahvan aistimuksen, missä jokin ulkoinen voima pyrkii estämään lentäjän ohjaamista johonkin suuntaan tai jopa muuttamaan lentokoneen lentotilaa. Jättiläiskäsi -ilmiö voi olla vaarallinen, jos se ilmenee jossain mittarilennon kriittisessä vaiheessa, esimerkiksi loppulähestymisen aikana. Vaikka puhutaankin tiedostetusta asentotajun menettämisestä, ei lentäjä aina tiedosta kokevansa asentotajun menettämistä. Hänellä saattaa olla vaikeuksia ohjata ja hallita lentokoneen liikettä, mutta hän ei välttämättä tiedä vaikeuksien johtuvan asentotajun menettämisestä ja sen aiheuttamista virheliikkeistä. Oikeana toimenpiteenä jättiläiskäsi-ilmiöstä selviytymiseen on ottaa ”pinsettiote” sauvasta, jolloin oikea lentotila on helpompi saavuttaa ohjainliikkeillä.

KUVIO 21. Jättiläiskäsi-ilmiö. Se saattaa aiheuttaa virheellisen aistimuksen, missä tuntuu kuin jokin ulkoinen voima pyrkisi vastustamaan ohjaamista (Heinle & Ercoline 2002).

Tutkimuksen tekijä on kokenut lentokoulutuksessa melko usein tiedostettuja asentotajun menettämisiä. Yleensä ne ilmenevät mittarilentämisessä ja kestävät vain vähän aikaa. Lentotilojen muutokset visuaalisen dominanssin puuttuessa harhauttavat helposti asento- ja tasapainoaistia. Joskus asentoaistin ja tasapainoaistin tuottamat virheelliset aistimukset ovat olleet niin voimakkaita, että on ollut hyvin vaikeaa uskoa niiden antamaa informaatiota todeksi. Tällöin on tärkeää rauhoittaa tilanne ja luottaa mittareihin voimakkaista harha-aistimuksista huolimatta. Mittareiden ristiin tarkkailulla voidaan varmistaa eri mittareiden parametrien oikeellisuus.

III Tiedostettu, hallitsematon asentotajun menetys

Tiedostettu, hallitsematon asentotajun menetys on edellä mainituista ryhmistä harvinaisin ja myös vähiten tunnettu. Sitä on tutkittu hyvin vähän, mutta tutkijat ovat vakuuttuneita sen olemassaolosta lentäjien kokemuksen ja raportointien mukaan. Ohjaaja saattaa joutua tilanteeseen, missä hän tiedostaa asentotajun menetyksen, mutta ei voi tehdä asian korjaamiseksi mitään. Joissakin olosuhteissa lentäjä saattaa myös menettää kyvyn tulkita mittareiden tuottamaa informaatiota. Esimerkiksi jokin pyörimisliike voi olla niin raju, etteivät silmät ehdi siihen mukaan ja mittaritaulu tai HUD näyttää ”vilisevän ohi”. Jos mittarien tuottamaa informaatiota

ei pystytä seuraamaan, ei asentotajun säilyttämiselle ole enää edellytyksiä. Lentäjä saattaa kokea, ettei lentokone vastaa sauvan liikkeisiin. Hänestä saattaa jopa tuntua, että sauvan liikkeitä vastustetaan. Joissakin rajuissa virheliikkeissä saatetaan menettää myös kyky ohjata lentokonetta, jos keskipakoisvoima estää lentäjää käyttämästä riittäviä ohjainpoikkeutuksia.

3.4. Asentotajun säilyttäminen

Asentotajun menetystä ei voida täysin eliminoida. Lentäjien pitäisi kuitenkin tiedostaa, että ihmisen aistijärjestelmät aiheuttavat harhaanjohtavaa informaatiota, mikä voi johtaa koneen maahansyöksyyn. Asentotajun menettämiseen johtavia harha-aistimuksia voi syntyä kenelle tahansa, sillä ihmisen aistien toiminta on hyvin rajoittunutta ilmassa. Ensiarvoisen tärkeää on tiedostaa, milloin asentotaju on menetetty tai milloin ollaan vaarassa menettää se. Tämän jälkeen pitää pystyä lukemaan mittareita oikein ja oikaisemaan lentokone keinohorisontin mukaan. Kaikkein vaarallisinta on se, jos ei tiedosteta asentotajun menettämistä. Tällöin on huomattavasti suurempi riski ajautua kohtalokkaaseen onnettomuuteen. Jos asentotajun menettämisen tiedostaa, ”on jo puolimatkassa selviämässä siitä.” (Vapaavuori & Sorsa 2005, 70.) U.S. Air Forcen asentotajun menettämisestä johtuvista onnettomuuksista lähes 90 prosenttia kuuluvat ryhmään ”tiedostamat asentotajun menettämiset” (ks. kuvio 20, s. 58). Muun muassa tämän vuoksi Yhdysvaltojen ilmavoimissa on panostettu asentotajukoulutukseen yhä enenevissä määrin.

On kahdenlaisia tekijöitä, jotka aiheuttavat altistumista asentotajun menettämiselle: olosuhteet ja fysiologiset tekijät. Baker (1998) selventää artikkelissaan hyvin olosuhteiden ja fysiologian vaikutuksia asentotajun säilyttämiseen. Vaikka lentäjä ei paljoakaan pysty vaikuttamaan olosuhteiden tuomiin ulottuvuuksiin, kuten säähän, lentotehtävään, lentopäivään, lennon kestoon, ohjaamoergonomiaan, voi hän kuitenkin vaikuttaa moniin fysiologisiin tekijöihin. Henkinen ja fyysinen väsyminen, nestevajaus, lääkkeet, alkoholin käyttö ja krapula lisäävät asentotajun menettämiselle altistumista. Sairaudet ja runsas alkoholin käyttö aiheuttavat väsymistä ja nestevajausta ja siten altistavat asentotajun menettämiselle edelleen.

Terveelliset elämäntavat ja lentäminen ainoastaan silloin, kun on fyysisesti ja psyykkisesti hyvässä kunnossa vähentävät haavoittuvuutta asentotajun menettämiselle (Baker 1998). Tärkeitä asioita asentotajutietoisuuden lisäksi taistelussa asentotajun menettämistä vastaan on ymmärtää näkö- ja tasapainoaistin rajoittuneisuus. Asentotajun menettämiselle otollisten olosuhteiden vallitessa pitäisi olla tietoinen siitä, että aistiharhoja saattaa esiintyä. Asentotajun menettämiseen altistumista voidaan vähentää ehkäisevin keinoin. Tällaisia ovat 1) lentäjien

valinta ja koulutus, 2) altistavien olosuhteiden ja muiden tekijöiden tiedostaminen ja/tai välttäminen, 3) ehdoton mittariluottamus ja 4) ohjaamoergonomian kehitys.

Lentäjien valinta ja koulutus

Sotilaslentäjien valinnassa otetaan huomioon sisäkorvan tasapainoelimen toiminta pyörimisliikkeissä. Suomen ilmavoimat testaa hakijansa ns. Hortmannin tuolilla. Se on parturituolia muistuttava moottoroitu tuoli, jolla voidaan pyörittää henkilöä. Tuoli on asetettu pyörähtämään yhden kierroksen kahdessa sekunnissa ja testeissä hakijaa pyöritetään 60 sekunnin ajan. Tämän jälkeen hakijan silmänvärve (nystagmus) mitataan. Mikäli silmänvärve on yli 20 sekuntia kestävä, harkitaan vakavasti, onko hakija kelvollinen hävittäjälentäjäksi. Sellaiset hakijat karsitaan pois, joilla ilmenee pyörityksessä luonnostaan taipumusta voimakkaisiin reaktioihin, pahoinvointiin, huimaukseen, pyörtymiseen, voimakkaaseen hikoiluun, kalpenemiseen tai tasapainohäiriöihin. Testi kertoo sisäkorvan reagointivoimakkuudesta ja keskushermoston asennonsäätelykyvystä.

Useat eri maiden ilmavoimat testaavat hakijansa lisäksi sentrifugin avulla. Sillä karsitaan hakijoista pois sellaiset yksilöt, joilla syntyy suurten kuormituskertoimien aiheuttamissa rasituksissa tasapainoelimen häiriöitä, pahoinvointia tai huimausta. Koulutuksessa oleville sotilaslentäjille järjestetään lentokoulutuksen ohessa sentrifugi-koulutusta, missä harjoitellaan oikeaa vastaponnistustekniikkaa suurien g-voimien hallitsemiseksi sekä oikeaa toimintatapaa g-ympäristössä.

Yhä useammat ilmavoimat ovat hankkineet itselleen myös asentotajusimulaattoreita, joilla he voivat kouluttaa ohjaajiaan tunnistamaan aistiharhat ja vähentämään niiden aiheuttamia asentotajun menettämisiä. Monien maiden ilmavoimat järjestävät sotilaslentäjilleen asentotajun peruskoulutuksen lisäksi kertauskoulutuksen määrävuosittain. Tällä varmistetaan, ettei annettu oppi pääse unohtumaan.

Jokaisen lentäjän olisi hyvä tuntea sekä teoriassa että käytännössä tavallisimmat aistiharhat, jotka voivat johtaa asentotajun menettämiseen. Teoria voidaan opiskella luennoilla, mutta käytännön havainnollistuksiin simulaattori, jolla aistiharhat voitaisiin kuvata turvallisesti, on välttämätön. Uusimmilla simulaattoreilla pystytään tuottamaan lähes kaikki asento-, tasapaino- ja näköaistin harhat.

KUVIO 22. ETC:n valmistama Gyrolab GL-1500 -asentotajusimulaattori. Asentotajun hallintaa voidaan harjoitella maassa turvallisesti simulaattoriympäristössä (ETC 2005).

Altistavien olosuhteiden ja muiden tekijöiden välttäminen

Joitakin asentotajun menetykselle altistavia tekijöitä on mahdollista pyrkiä välttämään. Varsinkin sellaisiin olosuhteisiin lentäminen, missä on vaarana menettää asentotaju, voidaan yrittää välttää. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista, varsinkaan sotilasilmailussa. Hävittäjätorjunnan pitää olla mahdollista toteuttaa joka säällä. Varsinkin yölennoilla on ohjaajan oltava hyvin varuillaan ja tietoinen siitä, että aistiharhoja saattaa esiintyä. Ohjaajien olisi hyvä kuitenkin tiedostaa ennen jokaista lentoa, onko kyseinen lento otollinen aistiharhojen syntymiselle. Tällainen henkinen valmistautuminen saattaa helpottaa aistiharha-tilanteen tunnistamista ja siitä selviytymistä. Pelkkä aistiharhan tunnistaminen ja mittareihin luottaminen ei riitä, vaan tilanteesta pitää pyrkiä pois mahdollisimman nopeasti. Lentokonetta pitää käskeä keinohorisontin mukaan haluttuun lentotilaan. Mittareiden ristiin tarkkailu on erittäin tärkeää aistiharhasta selviytymisessä. Tarkkailemalla useamman mittarin parametreja yhtä aikaa, voidaan varmistaa lentokoneen todella olevan halutussa lentotilassa.

Näkölento-olosuhteista siirtyminen mittarilento-olosuhteisiin on kokeneellekin lentäjälle haastavaa, etenkin jos se tapahtuu yllättäen. Koskaan ei saisi lentää yhtä aikaa visuaalisten merkkien ja mittariston mukaan. Päätettäessä siirtyä mittareiden mukaiseen lentämiseen on pidettävä päätös ja unohdettava visuaalinen lentäminen. Lähdettäessä lentämään pilveen, yöllisiin olosuhteisiin, meren tai puuttoman lumilakeuden, hiekka-aavikon, yhtenäisen pilvipeit-

teen jne. yläpuolelle, on oltava varuillaan mahdollisten aistiharhojen syntymisestä. Sotilas- ja taitolentäjillä on lisäksi oltava ennen ilmataistelu- tai taitolentoa selvänä, että rajut kiihdytykset, nopeat suunnan ja korkeuden muutokset, oikaisut syöksykierteistä ja jyrkistä kaarroista ym. saattavat aiheuttaa aistiharhoja jopa täysin pilvettömällä taivaalla. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 71.) Lääkkeiden ja alkoholin välttäminen on lentoturvallisuuden kannalta äärettömän tärkeää, sillä ne altistavat voimakkaasti asentotajun menettämiselle.

Ehdoton mittariluottamus

Oikean mittariluottamuksen oppiminen on elintärkeää selviytymisessä asentotajun menettämistilanteista. Nykypäivän lentokoneiden mittarit ovat niin kehittyneitä, että ne ovat harvoin väärässä. Taitolennossa ja kovassa liikehdinnässä ne saattavat ”ryömiä” näyttämään virheellisiä parametreja, mutta huomattavasti mittareita helpommin menevät lentäjän ”omat hyrrät” sekaisin. Ellei lentokoneen sähköntuotossa ole ongelmia, näyttävät mittarit pääsääntöisesti aina oikein. Tasapaino- ja asentoaistin tuottamat harha-aistimukset saattavat kuitenkin tuntua ohjaajasta niin voimakkailta, että hänelle syntyy aistimus, jossa mittarit tuntuvat valehtelevan. Jos ohjaaja luottaa tällaisissa tilanteissa mittareiden sijasta omiin aisteihinsa, on hyvin todennäköistä, että hän joutuu vaaralliseen syöksyyn.

Purjelentämisessä asentotajun säilyttäminen pilvessä on oma haasteensa. Purjekoneella lennettäessä on tavallista lentää sellaiseen pilveen, missä on hyvät nosteet. Pilvessä lentäminen on kuitenkin melko haastavaa, sillä purjekoneessa ei ole asennon arviointia helpottavaa keinohorisonttia, vaan pelkästään kaarto- ja kallistusmittari sekä variometri. Purjekoneella voidaan suorittaa vain hyvin rauhallisia liikkeitä pilvessä viikseen, kuulaan ja variometriin tukeutuen. Pilvessä lentäviltä purjelentäjiltä vaaditaankin erityinen pilvilentokelpuutus. Mikäli purjekoneella menetetään asentotaju pilvessä, on todella vaikeaa yrittää määrittää oma asento pelkän kuulan, viiksen ja variometrin avulla. Tällaisissa tilanteissa purjekoneet saattavat syöksyä epätavallisessa asennossa pilvessä ja oikea korjausliike on päästää irti ohjaimista.

Mittareiden ristiin tarkkailua painotetaan aina puhuttaessa mittarilentämisestä. Sitä ei voi koskaan korostaa liikaa. Se on erittäin tärkeä ase taistelussa omien aistien tuottamia virheellisiä aistimuksia vastaan. Jos ohjaajalle syntyy tunne, että esimerkiksi lentokoneen asentoa ilmaiseva keinohorisontti valehtelee, nopealla mittareiden ristiin tarkkailulla voi ohjaaja varmistua aistimuksen paikkansa pitävyydestä. Koskaan ei saisi lentää ilman visuaalisia kiintopisteitä, olkoonpa se oikea horisontti tai mittareiden tuottama keinotekoinen horisontti. Tällä varmistetaan asentotajun säilyminen kaikissa tilanteissa. Jos lennolla on kahden ohjaajan miehistö, aistiharhojen poistamiseksi kannattaa vaihtaa ohjausvastuu toiselle ohjaajalle, sillä kummat-

kin ohjaajat harvoin kokevat asentotajun menettämisen yhtä aikaa. Siipimiehen tai toisen ohjaajan varmistaminen mittareiden tuottaman informaation oikeellisuudesta nopeuttaa selviytymistä aistiharhoista. Pään liikkeiden minimointi ja mittareiden ristiin tarkkailu vähentävät sekaisin menneen tasapainojärjestelmän virheellisiä aistimuksia.

Lentäminen ei ole ihmiselle luonnollista toimintaa, vaan on vain hyväksyttävä se tosiasia, että ihmisen aistit saattavat ”valehdella” missä tahansa lennon vaiheessa. Kaarrot, nousut, liu’ut, kiihdytykset ja hidastukset voivat helposti harhauttaa herkkää tasapaino- ja asentoaistia. Kun ”omat hyrrät” ovat sekaisin, ainoa mihin voi tällöin luottaa ovat mittarit. Ehdottoman mittariluottamuksen oppiminen ei ole itsestään selvyys, vaan se vaatii koulutusta ja jatkuvaa harjoittelua.

Mittariston ja ohjauslaitteiden kehittäminen

Lentokoneiden mittariston ja ohjauslaitteiden kehittämisellä voidaan parantaa asentotajun säilyttämistä, sillä suurin osa asentotajun menetyksistä tapahtuu mittarilento-olosuhteissa. Mittareiden pitäisi olla helposti luettavia ja tärkeimpien mittareiden tulisi olla sijoitettu keskeiselle paikalle, ettei ohjaajan tarvitse tarpeettomasti kääntää päätä. Mittareiden luotettavuus alkaa olla erittäin korkealla tasolla, mutta mittareita voitaisiin kehittää kuvaamaan vielä loogisemmin oikeita kiinnepisteitä, kuten horisonttia. Paremmalla mittariympäristöllä voitaisiin helpottaa vaativaa näkölento-olosuhteista mittariolosuhteisiin siirtymistä.

Mittariston suunnittelussa pyritään minimoimaan tarkkaavaisuuden siirtomatka tärkeiden mittareiden välillä. Mittaristoa tarkkailtaessa joutuu ohjaaja siirtämään katsetta mittarista toiseen. Tämän siirtomatkan tulisi olla mahdollisimman lyhyt, sillä siirtoon kuluva aika on pois tehokkaasta mittarin tarkkailusta. Mittareiden läheisyys ei määrity pelkästään avaruudellisesta läheisyydestä, vaan myös muut tekijät tuovat eri informaatiolähteet lähelle toisiaan. Esimerkiksi samojen värien käytöllä voidaan tuoda eri näyttöjen elementtejä lähelle toisiaan. Ohjaamon suunnittelussa käytetään yleensä ns. T-BAR sijoittelua, missä lentämisen kannalta tärkeimmät mittarit on sijoitettu T:n muotoisesti keskeiselle paikalle ohjaamoon. Tällöin mittareiden ristiin tarkkailussa katseen ei tarvitse kiertää ympäri ohjaamoa, vaan jotta silmän rasittuminen olisi minimaalista, on keinohorisontti, nopeus- ja korkeusmittari sekä HSI sijoitettu lähelle toisiaan keskeiselle paikalle. Mittarinäyttöjä ei saisi sijoittaa kuitenkaan liian tiiviisti yhteen. Liian tiiviit ja täyteen ahdetut näytöt heikentävät tarkkaavaisuutta. Hävittäjien digitaalisissa näytöissä saattaa esiintyä ns. clutter-ongelmaa, missä liika informaatio aiheuttaa sen, että tieto ”puuroutuu” ja tietyn näytön tarkkaileminen on tällöin vaikeaa.

KUVIO 23. Tavanomainen potkurikoneen ohjaamo. Ohjaamon suunnittelussa käytetään yleensä ns. T-BAR sijoittelua, missä tärkeät mittarit on sijoitettu lähelle toisiaan keskeiselle paikalle (muokattu lähteestä Luiz Tena Orozco 2003).

Mittariston suunnittelun periaatteita

Sellaiset mittarit, joita ei tarvitse tarkkailla jatkuvasti, on usein sijoitettu samaan ryhmään. Tällaisia mittareita ovat esimerkiksi moottorinvalvontamittarit. Ryhmittyneenä kaikkien mittareiden tarkkaileminen on helppoa, mutta taas jonkin tietyn mittarin tarkkaileminen vaikeampaa, sillä ryhmä häiritsee yksittäisen mittarin tarkkailemista. Tämän vuoksi sellaisia mittareita, joita joutuu tarkkailemaan usein, ei kannata sijoittaa liian tiiviisti samaan ryhmään. Pääperiaatteena mittareiden suunnittelussa ja sijoittelussa on ajatus, että jos tehtävä vaatii useiden tietojen yhtäaikaista havainnointia tai yhdistämistä, niin sellaiset näytöt on sijoitettu mahdollisimman lähelle toisiaan. Jos taas tehtävä vaatii tietojen erikseen tarkkailua (ns. valikoivaa tarkkaavaisuutta), pitäisi näyttöjen olla fyysisesti mahdollisimman erilaisia. Mittarien havainnoinnin helpottamiseksi on eri mittareiden nollakohdat pyritty sijoittamaan samaan paikkaan. Varsinkin korkeus- ja nopeusmittareissa on nollakohta määritetty hyvin usein kello 12 kohtaan. Mittareiden suunnittelussa on myös pyritty tehostamaan mittareiden havainnointia eri värialueilla. Varsinkin moottorinvalvontamittareissa on usein käytetty vihreää väriä kuvaamaan sallittua aluetta ja punaista varoittamaan moottorille haitallisesta alueesta. Lisäksi sallitut arvot on usein pyritty pitämään samassa ”kellon ajassa”.

Nykypäivän hävittäjäkoneissa on pyritty toistamaan tärkeitä signaaleja eri tavoin. Signaalin toistaminen fysikaalisesti eri tavalla esimerkiksi äänen, kirjoituksen, muodon tai värin avulla auttaa lentäjää tulkitsemaan tiedon todennäköisesti oikein. Poikkeavat signaalit, kuten varoitukset, tulisi korostaa fysikaalisesti, jotta ne huomattaisiin paremmin. Liian ”mieto” varoitus saattaa jäädä huomioitta, kun taas liian voimakas varoitus saattaa kaapata liikaa tarkkaavaisuutta ja aiheuttaa jopa paniikkia. Erilaisten tarkkaavaisuuksien resursseja tulisi myös hyödyntää ohjaamoergonomiaa suunnitellessa. Informaation jakaminen eri resursseille (esim. näkö ja kuulo) helpottavat informaation tulkintaa. Jos informaatiota jaetaan myös kuuloaistille, ei näköaistin saama informaatio kuormitu liikaa. Näyttöjen sijoittelu tulisi olla standardoitua eri konetyyppien välillä. Tehokkaimpaan suoritukseen päästään sillä, että vanhaa opittua taitoa voidaan soveltaa uudessa ympäristössä. Jos näyttöjen sijoittelu on samanlaista eri konetyypeissä, on helppoa siirtyä konetyypistä toiseen.

Näytön pitäisi myös muistuttaa sitä asiaa tai ympäristöä, jota se esittää. Esimerkiksi jos asialla ajatellaan olevan pieni ja suuri arvo, niin näytön tulisi olla pystysuuntainen. Hävittäjien digitaaliset mittarit ovat vastoin tätä periaatetta. Pystysuorassa korkeusmittarissa toki saattaisi olla omat ongelmansa, esimerkiksi skaalan suhteen.

Analogisten ja digitaalisten näyttöjen hyödyistä ja haitoista on puhuttu paljon ohjaamoergonomian suunnittelussa. Analogisten mittareiden on yleisesti sanottu olevan parempia tietyn asian monitoroinnissa. Analogisia mittareita voi lukea yhdellä silmäyksellä, kun taas digitaalisen tiedon lukemisessa silmä joutuu viivähtämään mittarissa kauemmin, sillä tieto joudutaan prosessoimaan aivoissa. Analogisista näytöistä arvo, muutoksen suunta ja nopeus on helpompi arvioida silloin kun lukemat muuttuvat nopeasti. Digitaalisista mittareista voi taas lukea paremmin tarkan lukeman. Haittana digitaalisissa mittareissa on kuitenkin kuvarealismin puute ja suurempi silmänliikefiksaatioiden tarve. Usein mittareiden suunnittelussa on päädytty sellaiseen ratkaisuun, missä informaatio annetaan sekä analogisessa että digitaalisessa muodossa.

Head Up Display (HUD)

HUD–näyttölaite kehitettiin aikoinaan helpottamaan ohjaajan tiedon saantia. Ajatuksena oli sijoittaa kaikki tärkeä informaatio keskeisen näkökentän alueelle. Tällä minimoidaan tarkkaavaisuuden siirtomatka ja siirrosta aiheutuvat ”häviöt” ovat näin mahdollisimman pienet. HUD:n hyödystä on kuitenkin ristiriitaisia tutkimustuloksia. Se lyhentää tarkkaavaisuuden siirtomatkaa näyttöjen ja ulkomaailman välillä, vähentää silmän mukautumistarvetta etäisyyteen sekä parantaa odotettujen signaalien havaitsemista. Toisaalta tutkimustulokset viittaavat

siihen, että visuaaliset elementit (mittarit ja ulkomaailma) tulevat HUD:ssa liian lähelle toisiaan. Liian läheiset elementit kilpailevat keskenään ja siten saattavat heikentää tarkkaavaisuutta. Lisäksi on todettu, että ihminen ei voi seurata kahta tarkkaavaisuuskanavaa yhtä aikaa. Näin ollen voi olla vaarana, että ohjaaja jää tarkkailemaan HUD:n tuomaa informaatiota ja jättää huomiotta kriittisiä kaukaisia signaaleja ulkomaailmasta.

HUD-näyttölaitteen kehittäminen selkeämmäksi saattaisi parantaa asentotajun säilyttämistä. Ercolinen ym. (2002) tutkivat, olisiko nykyisille kypäränäytön (HMD) ja HUD:n symboleille parempia vaihtoehtoja asentotajun säilyttämisen kannalta. Tutkimus osoitti, että nykyinen HUD:n ja HMD:n symboliikka ei ole paras mahdollinen. Uudella grapefruit displaylla (GD) lennettäessä asentotajun säilyttäminen oli merkittävästi parempi verrattuna nykyiseen HUD:n symboliikkaan. Varsinkin kovassa mittariliikehdinnässä HUD-näytön horisontaalitasoa kuvaavat viivat (pituuskallistusasteikko) saattavat vilistä ohjaajan silmissä, mikä saattaa aiheuttaa asentotajun hallintaan vaikeuksia. HUD-näytön lukeminen mittarilento-olosuhteissa on huomattavasti vaikeampaa asennon hahmottamisen kannalta verrattuna keinohorisontin lukemiseen. Sveitsissä tapahtunut Hornetin lento-onnettomuus liittyi suoraan tähän ns. Pitch Ladderin hahmottamisvaikeuteen. HUD-näytön vaihtoehtoisia mittareita ei saisi sijoittaa liian alas tai sivuille. Muutoin niiden lukeminen käyttöhäiriön sattuessa saattaa olla vaikeaa ja voimakas päänkääntely niitä lukiessa saattaa johtaa asentotajun menettämiseen.

KUVIO 24. F-18 Hornetin ohjaamo. Mittariston ja ohjauslaitteiden kehittämisellä voidaan parantaa asentotajun säilyttämistä (Javier F. Bobadilla 2003).

4. ASENTOTAJUKOULUTUS

Taistelussa asentotajusta johtuvia lento-onnettomuuksia vastaan, eri maiden ilmavoimat ovat kehitelleet erilaisia asentotajukoulutusmenetelmiä. Lentokonetekniikan kehittyminen, yhä vaativammissa sääoloissa lentäminen, ilmataistelutaktiikoiden kehittyminen, uudet lentämisessä käytettävät laitteet (pimeänäkölaitteet, kypärätähtäin, kypäränäyttö) ym. tekijät ovat pakottaneet eri maiden ilmavoimat kehittämään uusia menetelmiä asentotajun säilyttämiseksi. Asentotajukoulutuksessa on edetty yksinkertaisista pyöritystuolimenetelmistä nykyaikaisiin asentotajusimulaattoreihin, jotka liikkuvat rajoittamattomasti jokaisen akselin ympäri. Näillä simulaattoreilla pystytään kuvaamaan lähes kaikki mahdolliset asentotajuharhat.

Asentotajukoulutusta toteutetaan teorian opettamisella, maassa tapahtuvilla havainnollistuksilla, erilaisilla simulaatioilla ja ilmassa tapahtuvalla asentotajuun liittyvällä lentokoulutuksella. Ihmisen aistijärjestelmän rajoittuneisuutta kuvaa se, että asentotajukoulutuksesta huolimatta asentotajun menettämisestä johtuvia onnettomuuksia tapahtuu lähes vuosittain. Lohdullista on kuitenkin se, että tutkimustulosten perusteella voidaan sanoa joidenkin asentotajukoulutusten vähentäneen asentotajun menettämisestä johtuvien onnettomuuksien määrää. Tässä luvussa on perehdytty eri asentotajukoulutusvälineisiin, -vaatimuksiin ja -menetelmiin.

4.1. Asentotajusimulaattoritutkimus

Itävaltalaiset tutkijat Wolfgang Kallus ja Karin Tropper johtivat vuonna 2002 valmistuneen tutkimuksen (Flight Performance and Psychophysiological Changes during Flight Simulator Training-sessions) asentotajusimulaattorikoulutuksen vaikutuksista ohjaajien asentotajun hallintaan. Tutkimukseen osallistui 26 Itävallan ilmavoimien hävittäjälentäjää. Tutkimus toteutettiin asentotajusimulaattorivalmistaja AMST:n sekä Grazin yliopiston toimesta ja tutkimus suoritettiin Ranshofenissa Itävallassa. Tutkimusvälineenä käytettiin AMST:n valmistamaa asentotajusimulaattoria: flight simulator DISO:a (ks. kuvio 25). (Kallus & Tropper 2002, 2.)

KUVIO 25. AMST:n valmistama asentotajusimulaattori (Jari Sorvari 2005).

Tutkittava joukko oli jaettu kolmeen eri ryhmään: training group (TG), awareness group (AG) ja control group (CG). Kaikille ryhmille oli järjestetty yhtenevät testausmenettelyt. Testaus sisälsi fysiologisia mittauksia, muun muassa sydänsähkökäyrän (EKG) ja ihon lämpötilamittauksen. Lennoilta taltioitiin tiedot lennon kulusta, aistiharhoista selviytymiseen kulunut aika sekä annettiin numeerinen arvio tehtävästä suoriutumisesta. Lisäksi ohjaajille tehtiin haastatteluja heidän henkilökohtaisista tuntemuksistaan. Jokainen ohjaaja lensi yhteensä seitsemän tuntia simulaattorissa. Simulaattoriajot oli eroteltu kolmeen vaiheeseen, jotka ilmenevät kuviosta 27.

KUVIO 26. DISO-asentotajusimulaattorin valvontapöytä (Jari Sorvari 2005).

Ensimmäiselle ryhmälle (TG) havainnollistettiin erilaisia aistiharhoja ja koulutettiin niistä selviytyminen. Ohjaajille kuvattiin seuraavat aistiharhat/vaikeat lentotilat: hautausmaakierre, aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä, lentoonlähtö yöllä, musta-aukko-lähestyminen, kalteva horisontti, vaikea lähestyminen yöllä sekä epätavallisista lentotiloista oikaisu. Toiselle ryhmälle (AG) havainnollistettiin edellä mainitut aistiharhat, mutta niistä selviytymiskoulutuksen sijaan he saivat itse tehdä omat ratkaisunsa selviytyäkseen aistiharhoista (free flight). Kolmas ryhmä (CG) sai tutustua simulaattorilentämiseen ihan vapaasti lentäen saman ajan kuin edelliset ryhmät. Kolmannelle ryhmälle ei järjestetty aistiharhojen havainnollistamisia eikä niistä selviytymiskoulutusta.

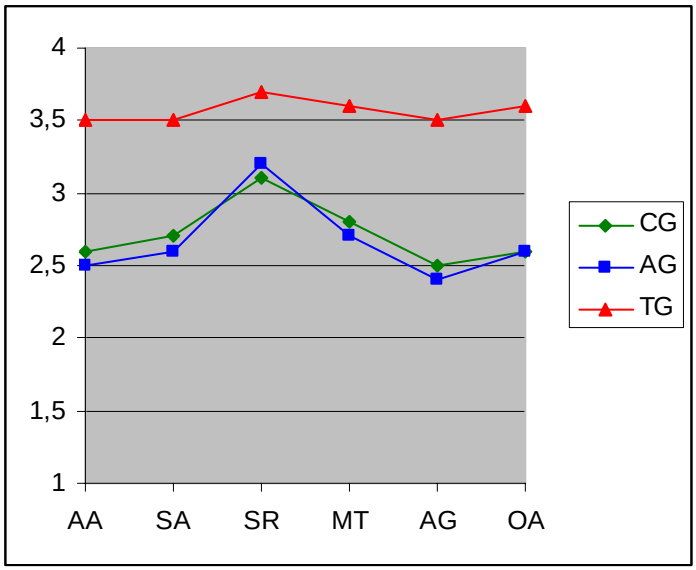
TAULUKKO 2. Simulaattorilennot. Taulukossa on esitetty ryhmille järjestetyt simulaattorilennot vaiheittain.

	PHASE I	PHASE II	PHASE III
TRAINING GROUP (TG) (n=10)	AWARENESS	TRAINING	TEST
AWARENESS GROUP (AG) (n=8)	AWARENESS	FREE FLIGHT	TEST
CONTROL GROUP (CG) (n=8)	FREE FLIGHT	TEST/ AWARENESS	TEST II

(Kallus & Tropper 2002.)

Vaikea lähestyminen yöllä -testi

Vaikea lähestyminen yöllä -testi alkoi siten, että ohjaaja oli tekemässä yöllä näkölähestymistä 8 NM:n loppuosalla. Tähdet ja maavalot sekoittuivat keskenään, joten hyvästä näkyvyydestä huolimatta horisontti ei ollut näkyvissä. Lähestymisen aikana simulaattori aloitti itsestään 30º/s kaarron, jota ohjaaja ei kuitenkaan tuntenut visuaalisen dominanssin ollessa niin voimakas. Lopulta ADI rikkoontui ja ohjaajaa pyydettiin tekemään ylösveto. Luonnollisen horisontin puuttuminen ja nokan nostaminen ylösvedossa (aiheutti coriolis-harhan, sillä simulaattori oli kaarrossa) aikaansaivat niin vahvan aistiharhan, että asentotajun säilyttäminen oli lähes mahdotonta.



Rating Categories

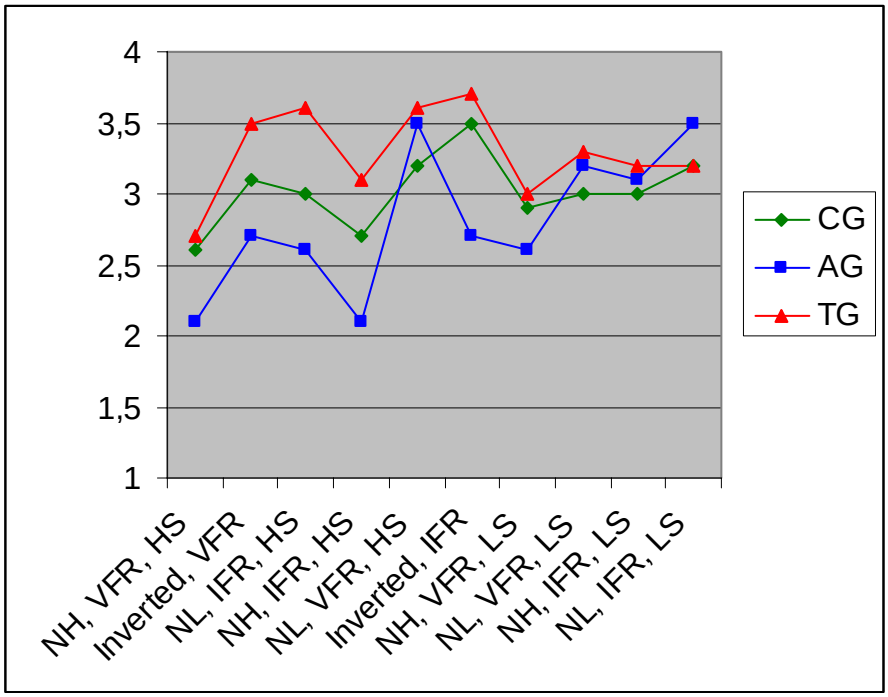
4 = excellent
3 = good
2 = fair
1 = unset

AA = Allocation of Attention
SA = Situation Awareness
SR = Stress Resistance
MT = Multi Tasking
AG = Aggressiveness
OA = Overall Performance

KUVIO 27. Vaikea lähestyminen yöllä –testi (Kallus & Tropper 2002).

Vaikea lähestyminen yöllä –testin tuloksista ilmenee, että asentotajukoulutuksen saanut ryhmä (TG) selviytyi testistä selvästi muita ryhmiä paremmin. Testissä mitattiin asennon arviointia, tilannetietoisuutta, paineensietoa, simultaanikapasiteettia, aggressiivisuutta sekä annettiin yleisarvosana suorituksesta.

Epätavallisista lentotiloista oikaisu –testi



Rating Categories

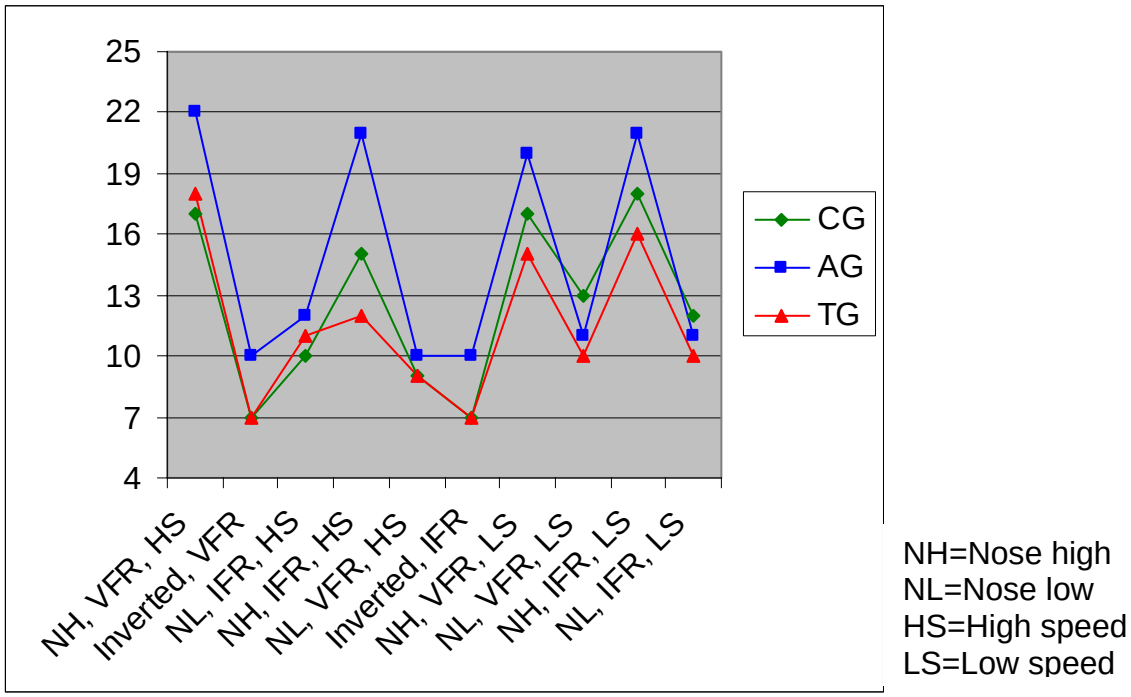
4 = excellent
3 = good
2 = fair
1 = unset

NH=Nose high
NL=Nose low
HS=High speed
LS=Low speed

KUVIO 28. Epätavallisista lentotiloista oikaisu –testi (Kallus & Tropper 2002).

Epätavallisista lentotiloista oikaisu –testissä ohjaajille simuloitiin epätavallisista oikaisuja sekä näkö- että mittarilento-olosuhteissa. Ohjaajille kuvattiin nokka ylös ja nokka alas lentotiloja, joissa nopeus vaihteli. Asentotajukoulutuksen saanut ryhmä selviytyi testistä hieman muita ryhmiä paremmin. Mielenkiintoista tuloksessa on se, että kouluttamaton ryhmä (CG) suoriutui testistä keskimääräisesti toista ryhmää (AG) paremmin. Kouluttamattomalle ryhmälle (CG) ei havainnollistettu minkäänlaisia aistiharhoja, eivätkä he saaneet harjoitella aistiharhoista selviytymistä. Sen sijaan toiselle ryhmälle (AG) havainnollistettiin aistiharhoja, ja he saivat omatoimisesti harjoitella niistä selviytymistä. Tutkimustulokseen saattaa vaikuttaa ohjaajien taitotasojen mahdollinen vaihtelu. Tutkimustuloksessa on otoksen pienuuden takia myös sattuman mahdollisuus.

Epätavallisista lentotiloista oikaisuihin kulunut aika



KUVIO 29. Epätavallisista lentotiloista oikaisuihin kulunut aika (Kallus & Tropper 2002).

Kuviosta 29 ilmenee epätavallisista lentotiloista oikaisuihin kulunut aika. Asentotajukoulutuksen saaneen ryhmän ohjaajat saivat koneen normaaliin lentotilaan hieman muita ryhmiä nopeammin. Huomioitavaa on, että kouluttamattoman ryhmän (CG) palautumiseen käytetty aika ei poikkea kovinkaan paljoa asentotajukoulutuksen saaneen ryhmän (TG) palautumisajoista. Kouluttamaton ryhmä (CG) suoriutui testistä jälleen toista ryhmää (AG) paremmin. (Kallus & Tropper 2002.)

Johtopäätöksiä

Ohjaajat oli jaettu ryhmiin satunnaisesti. Tutkimusta analysoidessa on otettava huomioon, että ohjaajien taitotasoissa saattaa olla eroja. Tutkittavien määrä (n=26) on melko pieni, joten mikäli taitotasoissa on ollut eroja, vaikuttaa se saatuihin tutkimustuloksiin. On myös otettava huomioon, että tutkimus oli tehty asentotajusimulaattoreita valmistavan yhtiön toimesta. Tämän vuoksi tutkimusta tarkastellessa on oltava lähdekriittinen.

Asentotajukoulutuksen saanut ryhmä oli jokaisessa testissä muita ryhmiä parempi. Etenkin vaikea lähestyminen -testissä ero muihin ryhmiin oli melko selkeä. Epätavallisista lentotiloista oikaisu -testissä asentotajukoulutuksen saanut ryhmä (TG) suoriutui selkeästi toista ryhmää (AG) paremmin, mutta ei merkittävästi kouluttamatonta ryhmää (CG) paremmin. Epätavallisista lentotiloista oikaisuihin kuluneen ajan mittauksessa asentotajukoulutuksen saanut ryhmä (TG) suoriutui jälleen huomattavasti toista ryhmää (AG) nopeammin. Sen sijaan kouluttamattoman ryhmän (CG) epätavallisista lentotiloista oikaisuihin käyttämä aika ei poikennut merkittävästi asentotajukoulutuksen saaneen ryhmän (TG) ajoista.

Tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa tulisi ottaa huomioon asentotajukoulutuksen saaneen ryhmän tarkka simulaattorilentojen kulku. Mikäli ryhmän koulutus on ollut hyvin samanlaista järjestettävien testien kanssa, on heillä ollut huomattavasti paremmat mahdollisuudet menestyä muita ryhmiä paremmin testeissä. Otoksen pienuudesta huolimatta tutkimustulosten voidaan katsoa olevan suuntaa antavia ja näin ollen näyttäisi siltä, että asentotajukoulutuksella pystytään parantamaan ohjaajien asentotajun hallintaa.

4.2. Asentotajukoulutusvaatimukset

Asentotajukoulutus on katsottu yhdeksi tärkeäksi lentoturvallisuutta parantavaksi tekijäksi ja sen vuoksi eri instanssit ovat suunnitelleet ohjaajille tiettyjä asentotajukoulutusvaatimuksia. Seuraavassa on esitelty ASCC:n (Air Standardization Coordination Committee) ja NATO:n asentotajukoulutusvaatimuksia koskevat asiakirjat. Asiakirjojen tutkimisella on pyritty saamaan selville, mitkä asentotajua koskevat asiat on katsottu tärkeäksi ja mihin asioihin asentotajukoulutuksessa tulisi erityisesti kiinnittää huomiota.

ASCC:n asentotajukoulutusvaatimukset

Tutustuessaan eri organisaatioiden asentotajukoulutusvaatimuksiin syntyi tutkimuksen tekijälle mielikuva siitä, että asentotajukoulutusvaatimuksista kaikkein kattavin on Air Standardization Coordination Committeen (ASCC) suunnittelema asiakirja Air Standard 61/117/1. ASCC:n tavoitteena on lisätä sopimuksen alaisten maiden lentoturvallisuutta ja varmistaa, että yhteisoperaatioissa toimivien maiden koulutus on yhtenäistä. ASCC:n jäsenmaat ovat USA, Canada, Iso-Britannia, Uusi-Seelanti ja Australia. ASCC:n asentotajukoulutusta koskevassa asiakirjassa (Air Standard 61/117/1) on kuvattu vähimmäisvaatimukset asentotajukoulutuksesta. Asiakirjan koulutusvaatimusten täyttäminen mahdollistaa jäsenmaiden ohjaajien toiminnan operaatioissa minkä tahansa ASCC:n jäsenmaan lentokoneella tai helikopterilla.

TAULUKKO 3. ASCC:n asentotajukoulutusta koskevan asiakirjan luentovaatimukset

Asentotaju yleisesti	Asentotajun ja aistiharhojen määritelmät Asentotajun hallinnan tärkeys lentoturvallisuudessa Eri aistien merkitys asentotajun muodostumisessa
Näköaisti	Silmän anatomia ja syvyysnäkö Näköaistin rajoittuneisuus ja sen aiheuttamat aistiharhat.
Tasapaino- ja asento-aisti	Tasapaino- ja asentoaistin anatomia Tasapainon säilyttäminen maassa ja ilmassa Tavallisimmat tasapainoelimen aiheuttamat aistiharhat (somatograaviset ja somatogyyriset aistiharhat) Asentotajun menettämiseen johtavat tekijät ja niiden minimointi Asentotajun hallinta
Asentotajun psykologia	Ihmisen aistien rajoittuneisuus Tilannetietoisuuden kadottaminen Muut sensoriset ilmiöt, kuten irtoamis-ilmiö (break-off phenomenon) ja jättiläiskäsi-ilmiö.

(ASCC Air Standard 61/117/1 1997, 9).

ASCC:n asentotajuasiakirja ohjeistaa yhdistämään teoriaopetuksen käytäntöön maassa tapahtuvalla aistiharhojen havainnollistaminen. Ohjaajille on järjestettävä havainnollistuksia, joissa aistien rajoittuneisuus voidaan todeta. Lentävälle henkilöstölle on annettava mahdollisuus kokea vähintään yksi asentotajuharha jokaisella käytettävissä olevalla asentotajuharhojen kuvaamiseen tarkoitetulla laitteella. (baranyn tuoli, vertigon, gyrolab, asentotajusimulaattori, tms.)

Maassa tapahtuvan havainnollistamisen jälkeen ASCC:n asentotajuasiakirja ohjeistaa järjestämään ohjaajille lennolla tapahtuvan asentotajuharhojen havainnollistamisen (In-flight Demonstration). Lennolla on havainnollistettava ohjaajille aistijärjestelmien rajoittuneisuutta eri tavoin. Lennolla tapahtuva asentotajuharhojen havainnollistaminen on kerrattava neljän vuoden välein. ASSC:n asentotajuasiakirjan mukaan olisi suotavaa, että lennot voitaisiin lentää lentävään henkilöstöön kuuluvan lääkärin kanssa. Sellaisten ilmavoimat, joilla ei ole lentäviä

lääkäreitä, voivat suorittaa lennot asentotajuasioihin erityiskoulutuksen saaneiden lennon-opettajien kanssa.

ASCC:n asentotajuasiakirjan mukaisesti lennolla tapahtuvien havainnollistusten jälkeen ohjaajille on järjestettävä lennolla tapahtuva asentotajukoulutus. (In-flight Training) Se sisältää sellaisten lentomenetelmien opettamisen, millä ehkäistään joutumista olosuhteisiin, jotka ovat otollisia asentotajuharhojen syntymiselle. Lisäksi lennolla on pyrittävä opettamaan asentotajuharhoista selviytymistä. Asentotajuharhoista selviämiskoulutus tulisi järjestää ohjaajille myös simulaattorilennoilla. Asentotajuharhoista selviämiskoulutus tulee uusia sekä neljän vuoden välein toteutettavassa kertauskoulutuksessa että siirryttäessä uuteen konetyyppiin. Seuraavassa on esitetty minimivaatimukset lennolle.

TAULUKKO 4. ASCC:n asentotajuasiakirjan vähimmäisvaatimukset lennolla tapahtuvalle asentotajukoulutukselle. Jokaisen jäsenmaan on säilytettävä dokumentit toteutetuista lennoista, jotta koulutuksen suorittaminen voidaan varmistaa.

Lennolla tapahtuva aistiharhojen rajoittuneisuuden havainnollistaminen	Liikkeet, jotka eivät ylitä sisäkorvan liikereseptoreiden ärsytyskynnystä. (aistiharha vaakalennosta) Sisäkorvan liikereseptoreiden aistimusten lakkaaminen jatkuvan kaarron aikana (aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä) Väärintulkitut koneen asennon arvioinnit, yhdistelmäharhat (esim. hissiharha) Somatograaviset aistiharhat
Asentotajun hallinta lennolla	Epätavallisten lentotilojen oikaisut Yllättävä mittarilento-olosuhteisiin siirtyminen

(ASCC Air Standard 61/117/1 1997, 10.)

NATO:n asentotajukoulutusvaatimukset

NATO:n asentotajukoulutusvaatimukset on määrätty STANAG 3114 - Aeromedical Training of Flight Personnel –asiakirjassa. Vaatimukset ovat edellä kuvattua ASCC:n vaatimuksia huomattavasti suurpiirteisemmät. STANAG 3114:n tarkoituksena on yhtenäistää vaatimukset ilma-alusten ohjaajien ja miehistön ilmailulääketieteellisestä koulutuksesta. Vaatimukset ovat

minimivaatimuksia ja useat NATO-maat järjestävätkin ohjaajilleen huomattavasti yksityiskohtaisemman koulutuksen kuin mitä STANAG 3114 edellyttää. Seuraavassa on esitelty STANAG 3114 –asiakirjan asentotajuluentoja koskevat vaatimukset:

Lentävälle henkilöstölle pitää järjestää silmän anatomiaa ja näköaistia koskeva luento. Siinä on käsiteltävä mm. seuraavia aihealueita: kuvan muodostuminen, hämäränäkö, keskeis- ja ääreisnäkö, värinäkö, näkökontrasti, havaintoajat, näöntarkkuus ja stereonäkö. Lisäksi lentävälle henkilöstölle on kerrottava näköaistin roolista yhteentörmäysten välttämisessä ja ilmastamaahan kohteiden havaitsemisessa. Luennolla on esiteltävä myös näköaistin toimintaa heikentävät tai vaarantavat seikat ja niiden ennaltaehkäisy. Tällaisia ovat mm. auringon häikäisy, lintutörmäys, kuomun sirpaloituminen, tuulenpuuskat ja laserit.

STANAG 3114 –asiakirjan mukaan tasapainoaistia käsittelevällä luennolla pitää lentävälle henkilöstölle selvittää tasapainoelimen anatomia sekä tasapainoaistin toiminta asentotajun muodostumisessa. Luennolla tulee kuvata tasapainoaistin toiminta sekä maassa että ilmassa. Luennolla pitää tulla esille asentotajun menettäminen lennolla, asentotajuun liittyvät määritelmät sekä tavallisimpien aistiharhojen ja niiden syntymekanismien havainnollistaminen esimerkkien avulla. Asentotajua koskevien perusteiden lisäksi lentävälle henkilöstölle tulee selvittää tekijät, mitkä voivat johtaa asentotajun menettämiseen. Lopuksi tulee keskustella em. tekijöiden välttämisestä ja asentotajun hallinnasta. (NATO STANAG 3114 – Aeromedical Training of Flight Personnel. 2003,1.) STANAG 3114 –asiakirjan asentotajua koskevat luennot vaikuttaisivat olevan hyvin samantyyppisiä Suomen ilmavoimissa järjestettävien näköaisti- ja asentotajuluentojen kanssa.

STANAG 3114 –asiakirjan mukaan asentotajuun liittyvä teoria pitäisi pyrkiä yhdistämään käytäntöön havainnollistamalla lentävälle henkilöstölle asentotajun menettämiseen johtavia aistiharhoja. Tasapainoaistin rajoittuneisuus tulisi kuvata ohjaajille pyöritystuolilla tai muulla havainnollistamiseen sopivalla laitteella. Näiden aistiharhojen havainnollistusten pyrkimyksenä on kuvata yksityiskohtaisesti oppilaille joitakin yleisimpiä asentotajuun liittyviä aistiharhoja.

Lentävän henkilöstön tulee suorittaa asentotajukoulutuksen kertauskoulutus viiden vuoden välein. Mikäli ohjaajan lentotauko on kestänyt yli kolme vuotta ja hän palaa aktiivisen lentämisen pariin, on hänen suoritettava asentotajukertauskoulutus uudelleen. Kertaava asentotajukoulutus on myös suoritettava aina silloin, kun ohjaaja aloittaa uudella konetyypillä lentämisen. Kertaava asentotajukoulutus sisältää mm. näköaistin rajoittuneisuuden kuvaamisen, nä-

köaistin parantamista edistävien tekniikoiden käytön, aistiharhojen perusteiden ja asentotajun säilyttämisen kertaamisen. Lisäksi kertauskoulutuksessa pyritään keskustelemaan ja oppimaan jotain aistiharhojen aiheuttamista lentoturvallisuutta vaarantaneista tapauksista. (NATO STANAG 3114 – Aeromedical Training of Flight Personnel. 2003,7.)

Pimeänäkötoiminta

Pimeänäkötoiminta vaikeuttaa asentotajun hallintaa jonkin verran. Durnfordin ym. tekemä tutkimus (Spatial Disorientation: A survey of U S Army Helicopter Accidents 1987 - 1992) osoitti, että pimeänäkölaitteiden avulla lentäminen aiheuttaa jopa 15-kertaisen riskin asentotajuonnettomuuksien syntymiselle verrattuna normaaliin päivällä tapahtuvaan lentämiseen. (Durnford ym. 1995, 33.) Suurin osa pimeänäkölaseista on kypärään kiinnitettäviä kiikarin näköisiä laitteita, jotka käyttävät keskeisnäköä visuaaliseen havainnointiin. Pimeänäkölaitteet toimivat siten, että ne vahvistavat olemassa olevien heikkojen valonlähteiden tai kohteista heijastuvien valojen säteilyä niin, että kohteet ja maisema ovat nähtävissä yöllä. Pimeänäkölaitteiden avulla voidaan havaita mm. ilmatorjunnan sijaintipaikkoja, sillä ne ilmaisevat tehokkaasti ilmatorjuntatykkien suuliekit ja ammukset. Liian kirkas valo on sen sijaan vahingollista pimeänäkölaitteita käytettäessä, sillä tällaisissa tapauksissa ohjaaja saattaa menettää tehokkaan näkökykynsä joksikin aikaa.

Suomen ilmavoimissa on pimeänäkölaitteiden käyttö lisääntynyt viime vuosina. Nykyään kaikilla Hornet -hävittäjillä suoritettavilla taktisilla yölennoilla käytetään pimeänäkölaseja (NVG). Ne mahdollistavat ihmisen paljaille silmille näkymättömän infrapuna-valon havaitsemisen ja täten helpottavat yöllä suoritettavien operaatioiden toteuttamista huomattavasti. Pimeänäkölaseilla lennettäessä ohjaajan näkökenttä on luonnollisesti hyvin kapea ja tällöin ohjaajan asentotajun muodostuminen tapahtuu pelkästään keskeisnäön avulla. Ääreisnäön tuottaman asentotiedon puuttuminen vaikeuttaa asentotajun muodostumista ja näin ollen ohjaaja joutuu kääntelemään päätä tavallista enemmän. Suomea lukuun ottamatta missään ei tehdä yölennolla laskuja käyttäen nvg-laitteistoa.

Yleensä pimeänäkölasien avulla saadaan maasta riittävästi referenssipisteitä asentotajun säilyttämiseksi. Joskus visuaaliset referenssipisteet saattavat kuitenkin vähentyä niin paljon, että oikean asentotiedon arvioiminen on lähes mahdotonta. Usein pimeänäkötoiminnan yhteydessä puhutaan ns. Milk Bowl-ilmiöstä, kun kiintopisteet ovat minimaaliset ja horisontti ei ole kunnolla nähtävissä esimerkiksi usvan takia. Tällaiset olosuhteet saattavat johtaa asentotajun menettämiseen. Tyypillisiä yöolosuhteissa esiintyviä aistiharhoja ovat autokinesis-ilmiö (ks. s. 43) ja musta-aukko-illuusio (ks. s. 44).

Yöolosuhteissa on hyvin vaikeaa arvioida etäisyyksiä valojen avulla. Kirkkaat valot näyttävät yleensä olevan himmeämpiä valoja lähempänä, vaikka valot olisivatkin tarkalleen saman etäisyyden päästä ohjaajasta. Pimeänäkölaitteiden avulla lennettäessä on varsinkin kokemattomalle ohjaajalle hyvin tavallista, että hän arvioi valojen olevan todellista lähempänä. Joskus paikallaan olevat valonlähteet, jotka joko muuttuvat kirkkaammaksi tai himmeämmäksi, saattavat aiheuttaa illuusion, missä valonlähde tuntuu liikkuvan ohjaajaa kohti tai poispäin.

4.3. Alankomaiden ilmavoimien (RNLAF) asentotajukoulutus

Tutkimuksen tekijä on ollut Soesterbergissä Alankomaissa viikon ajan tutustumassa Alankomaiden ilmavoimien asentotajukoulutukseen. Soesterbergissä sijaitsevassa Alankomaiden ilmavoimien tukikohdassa annetaan RNLAF:n ohjaajille asentotajukoulutusta asentotajusimulaattorilla (DISO, ks. kuvio 25, s. 70). Alankomaiden ilmavoimien tukikohdan vieressä sijaitsevassa Alankomaiden puolustusministeriön tukeman tutkimuskeskuksen TNO Human Factors:n tiloissa annetaan ohjaajille teoriakoulutusta sekä joitakin simulaatioita eri laitteilla. Alankomaissa ollessaan tutkimuksen tekijä sai kattavan kuvan nykyaikaisesta asentotajukoulutuksesta. Hänelle ei kuvattu pelkästään asentotajuun liittyvää teoria-opetusta, vaan hän sai kokea erilaisia aistiharhoja sekä TNO Human Factors:n tiloissa olevilla laitteilla että RNLAF:n omistamalla asentotajusimulaattorilla.

Alankomaiden ilmavoimien asentotajukoulutus juontaa juurensa 1990-luvun alkupuolelta. RNLAF päätti aloittaa vastatoimet asentotajun menettämisestä johtuville onnettomuuksille. Siihen mennessä RNLAF:n ohjaajille oli annettu vain yleistä teoriakoulutusta asentotajun muodostumisesta ja aistiharhoista. RNLAF pyysi TNO Human Factors:n tasapainoasioita tutkivaa osastoa suunnittelemaan ohjaajille järjestettävän asentotajukoulutuspaketin. Tavoitteena oli saada alkeislentokoulutusta aloitteleville ohjaajaoppilaille maassa tapahtuva asentotajukoulutus, missä he oppivat tuntemaan aistijärjestelmiensä rajoittuneisuuden ja ymmärtämään asentotajun menettämisen vaarat. Seuraavassa on esitelty Alankomaiden ilmavoimien asentotajukoulutus vaiheittain. Luvussa esitellyt asiat pohjautuvat TNO Human Factorsin asentotajukoulutusasiantuntija Eric Groenin ja RNLAF:n F-16-lentäjän Roland Beekmanin haastatteluihin sekä tutkimuksen tekijän omiin havaintoihin.

Asentotajukoulutuksen ensimmäinen vaihe

Ohjaajaoppilaat saavat ensikosketuksen asentotajuasioihin ennen varsinaisen alkeiskonekoulutuksen (PC-7) aloittamista. Siihen mennessä oppilaat ovat lentäneet muutaman tunnin aka-

teemisen koulutuksen ohessa ns. motivaatiolentoja. Asentotajukoulutuksen ensimmäinen vaihe toteutetaan osana laajempaa ilmailufysiologista koulutusta. Asentotajukoulutuksen lisäksi ilmailufysiologian kurssilla opetetaan oppilaille ilmailufysiologista teoriaa ja annetaan mm. sentrifugi-koulutus. Asentotajukoulutus em. kurssilla koostuu asentotajun muodostumisesta ja aistiharhoista käsittelevistä luennoista sekä asentotajusimulaattorikoulutuksesta (DISO). Kurssi järjestetään RNLAF:n toimesta Woedrechtin tukikohdassa.

Ilmailufysiologian kurssin asentotajukoulutuksen teorialuennoilla opetetaan lyhyesti perusasiat asentotajun hallinnasta. Kurssilla tutustutaan mm. ihmisen aistien toimintaan asentotajun muodostumisessa, kuvataan aistijärjestelmän rajoittuneisuutta ilmailussa, esitellään asentotajun menettämiseen altistavia aistiharhoja ja kerrotaan asentotajun säilyttämisen harjoittelusta. Kurssilla käsiteltävät asiat ovat hyvin samanlaisia Suomen ilmavoimien ohjaajille järjestettävien teorialuennoilla käsiteltävien asioiden kanssa. Teorialuentojen jälkeen oppilaille kuvataan aistiharhoja asentotajusimulaattorilla. Havainnollistamisen lisäksi oppilaat saavat harjoitella DISO -simulaattorilla aistiharhoista selviytymistä. Asentotajusimulaattorilla voidaan havainnollistaa mm. seuraavia aistiharhoja ja harjoitella niistä selviytymistä:

– Coriolis-ilmiö
– Nystagmus
– Oculogyyriset aistiharhat
– Autokinesis-ilmiö
– Somatogyyriset aistiharhat
– Hautausmaakierre
– Aistiharha vaakalennosta
– Aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä
– Musta-aukko-lähestyminen
– Vaikea lentoonlähtö yöllä
– Kalteva horisontti
– Leveä/kapea kiitotie
– Nouseva/laskeva kiitotie

Asentotajukoulutuksen toinen vaihe

Asentotajukoulutuksen toinen vaihe on toteutettu yhden päivän kurssilla TNO Human Factors:n toimesta Soesterbergissä. Kurssi järjestetään kahden kuukauden kuluttua ensimmäisen kurssin järjestämisestä. Tällöin ohjaajaoppilaat ovat lentäneet noin 20 tuntia alkeiskoulukoneella. Oppilaat osallistuvat toisen vaiheen kurssille kolmen hengen ryhmissä. Tämä mahdollistaa interaktiivisen oppimisympäristön, jossa henkilökohtaiselle opetukselle, kysymyksille ja keskustelulle jää paremmin aikaa. Pienet ryhmät mahdollistavat kurssitovereiden simulaatioiden seuraamisen, mikä auttaa ymmärtämään illuusioiden muodostumista paremmin. Asentotajukoulutuksen toisen vaiheen kurssilla pyritään laajentamaan ohjaajaoppilaiden käsitystä

asentotajun muodostumisesta ja aistiharhojen syntymisestä. Se sisältää asentotajun muodostumisen teoriaa ja fysiologiaa, aistiharhojen havainnollistuksia (pääpaino tasapainoaistin aiheuttamissa illuusioissa) sekä pimeänäkökoulutusta.

Toisen vaiheen asentotajukoulutuksen teoriaopetus toteutetaan 45 minuutin mittaisella luennolla. Se sisältää syvempää aistijärjestelmien tutkimista. Luennolla oppilaille selvitetään mm. jokaisen aistijärjestelmän maksimaalinen toiminta-alue sekä eri aistijärjestelmien toimiminen yhdessä asentotajun muodostumiseksi.

Toisen vaiheen asentotajukoulutuksen aistiharhojen havainnollistuksissa keskitytään pääasiassa tasapainoelimen aiheuttamiin illuusioihin. Kurssilla edetään yksinkertaisista havainnollistuksista hieman monimutkaisempiin simulaatioihin. Kaikki aistiharhojen havainnollistukset on kuitenkin pyritty pitämään melko yksinkertaisina, jotta oppilaat ymmärtäisivät täysin aistiharhojen syntymekanismit. Toisen vaiheen koulutuksessa pyritään välttämään ns. valheellisia illuusioita, joissa harha havainnollistetaan keinotekoisesti. Vaikka valheelliset illuusiot saattavat antaa oppilaalle aistimuksen siitä, millaiselta jokin aistiharha tuntuu, eivät ne havainnollista oppilaalle selkeästi illuusion syntymekanismia. Seuraavassa on esitelty tarkemmin toisen vaiheen asentotajukoulutuksen simulaatiot.

3-D rotating chair, ”yaw mode”

Aistiharhojen havainnollistukset aloitetaan 3-D rotating chair:llä. Sisäkorvan liikereseptoreiden horisontaalitasossa olevat kaarikäytävät aktivoidaan antamaan aistimus pyörittämällä tuolia sen pystyakselin ympäri. Simulaation pyöritysnopeutena käytetään 90º/s. ja pyöritystä jatketaan 90 sekunnin ajan. Oppilaalta peitetään silmät ja häntä pyydetään kertomaan aistimus hänen asennostaan. Lisäksi hänen tulee ohjaussauvan avulla pitää yksinkertainen kompassin neula tietyn mitta-asteikon keskiasennossa. Simulaatiota seuraavat ryhmän kaksi muuta ohjaajaoppilasta voivat selkeästi nähdä, miten aistimus pyörimisestä lakkaa tasaisen pyöritysnopeuden jatkuessa (somatogyyrinen vaikutus) ja alkaa jälleen uudelleen, mutta vastakkaiseen suuntaan kun tuoli pysäytetään.

Simulaatio kuvaa hyvin tiedostamatonta asentotajun menettämistä (type I). Nystagmuksen haitallinen vaikutus mittareiden lukemisessa havainnollistetaan kiihdyttämällä tuoli nopeudelle 180º/s. Oppilaan eteen asetetaan suuri muovinen puoliympyränmuotoinen kupoli, jolle heijastetaan eri numeroita. Häntä pyydetään lukemaan numeroita, mutta pyörimisnopeuden ollessa niin suuri, vilisevät numerot vain silmissä eikä niitä pysty lukemaan. Simulaatio kuvaa hyvin tiedostettua mutta hallitsematonta asentotajun menetystä (type II).

KUVIO 30. 3-D rotating chair (Jari Sorvari 2005).

3-D rotating chair, ”excentric yaw mode”

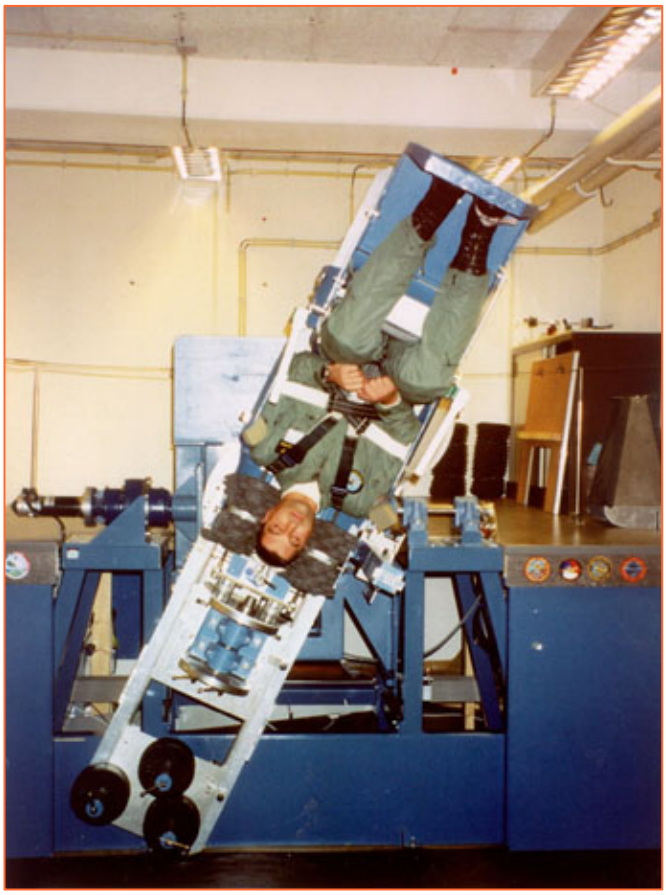
Somatograavinen vaikutus 3-D tuolilla luodaan siten, että tuolin istuinosaa siirretään noin puoli metriä keskiasennosta sivuun. Kulmanopeus kasvatetaan asteittain nollasta 180º/sek:n, mikä luo 0,8m/s² sivuttaiskiihtyvyyden. Oppilaan edessä olevaan kupoliin heijastetaan satunnainen pistekuvio, joka pyörii ohjaajan pituusakselin ympäri. Tällä havainnollistetaan näkö- ja tasapainoaistin vuorovaikutusta. Sentrifugaalinen pyöriminen pimeässä aiheuttaa tyypillisesti aistimuksen 30º:n sivuttaiskallistuksesta, kun taas pyörivä pistekuvio antaa näköaistin aistimuksen noin 15º:n sivuttaiskallistuksesta. Näiden yhteisvaikutuksesta oppilas saa aistimuksen, missä hän pyörii kokonaan pituusakselinsa ympäri, kuten vaakakierteessä. Tämä simulaatio on TNO:n tutkijoiden mielestä hyvin oleellinen osa toisen vaiheen asentotajukoulutuksen havainnollistuksia, sillä se osoittaa vakuuttavasti oppilaille, että todellisuudesta poikkeavat aistiharhat voivat syntyä hyvin helposti.

Tutkimuksen tekijä sai kokea somatograavisen vaikutuksen 3-D tuolilla. Aluksi hänelle kuvattiin ainoastaan pistekuvion pyöriminen kupolissa. Pistekuvion pyöriminen oikealle aiheutti aistimuksen, missä hän arvioi oikeanpuolisen kallistuksen suuruudeksi noin 30º. Tämän jälkeen pistekuvioiden pyöriminen poistettiin hetkeksi kupolista ja simulaatiossa aloitettiin sentrifugaalinen pyöriminen. Tämä yksistään aiheutti aistimuksen, missä tutkimuksen tekijä arvioi oikeanpuoleiseksi kallistukseksi noin 45º. Kun sentrifugaaliseen pyörimiseen yhdistettiin pistekuvion pyöriminen, tuntui tutkimuksen tekijästä kuin hän olisi kääntynyt oikean kautta

ylösalaisin ja lopulta pyörinyt kokonaan pituusakselinsa ympäri. Aistiharha oli todella aito, vaikka oikeassa olkapäässä tuntui keskihakuvoiman aiheuttama paine. TNO:n tutkija kysyikin kesken simulaation, että miten aistimus oikeanpuoleisesta kallistuksesta voi olla mahdollista, jos tutkimuksen tekijällä tuntuu oikeassa olkapäässä keskihakuvoiman aiheuttama paine. Tämä esimerkki kuvasi hyvin näköaistin dominoivuutta asentotajun muodostumisessa. Somatograavinen harha-aistimus voitiin havainnollistaa 3-D tuolilla erittäin tehokkaasti.

3-D rotating chair, ”roll mode”

3-D tuolin asentoa voidaan fyysisesti muuttaa siten, että sillä voidaan pyörittää oppilaita heidän pituusakselinsa ympäri. Kallistusmoodiasennossa kuvataan kahdenlaisia aistiharhoja. Niistä ensimmäisessä tuoli asetetaan erilaisiin kallistustiloihin ja oppilaita pyydetään tällöin arvioimaan heidän asentoaan. Tämä osoittaa miten ihminen yliarvioi kallistuksen suuruuden pimeässä. Havainnollistuksesta huomataan hyvin, miten epätarkkoja ihmisen biologiset indikaattorit ovat. TNO:n kokemusten mukaan ei ole kovinkaan epätavallista, että oppilaat tuntevat olevansa ylösalaisin, vaikka todellisuudessa ovat 90º kallistuneena sivulle.



KUVIO 31. 3-D rotating chair, ”roll mode”. Tuolissa voidaan kuvata ihmisen aistinelinten rajoittuneisuutta (TNO 2005).

Toisessa simulaatiossa havainnollistetaan ns. maailmanpyörä illuusiota (ferriswheel illusion). Jatkuva oppilaan pyörittäminen pituusakselinsa ympäri aiheuttaa sarjan aistimuksia, missä oppilas lopulta ei enää tunne pyörivänsä pituusakselinsa ympäri, vaan hän tuntee pyörivän vaihtelevasti sekä vaaka- että pystytasossa, ikään kuin maailmanpyörässä. Aistiharha on vastakohta excentric yaw mode:ssa kuvatulle harhalle, missä oppilas aistii pyörivänsä kokonaan pituusakselinsa ympäri, vaikka todellisuudessa hän pyörii vaakatasossa pystyakselin ympäri.

”Parturituoli” (Barany chair)

Parturituolissa voidaan yksinkertaisesti havainnollistaa Coriolis-ilmiötä. Parturituolissa kuvataan Coriolis-harhaa sekä silmät kiinni että silmät auki -tilanteissa. Silmät auki -tilanteessa oppilaat aistivat pystyakselin ympäri tapahtuvan pyörityksen todellisuutta vastaavana, mutta kun silmät laitetaan kiinni, muuttuvat aistimukset hyvin helposti sekaviksi ja jopa epämiellyttäviksi. Tuolin pyöritysnopeus pyritään kuitenkin pitämään niin alhaisena (<120º/s), että oppilailla ei esiintyisi pahoinvointia. Tavoitteena on havainnollistaa Coriolis-ilmiö siten, että kun oppilas kääntää päätä eteen- tai taaksepäin, tuntuu hänestä kuin koko tuoli kallistuisi sivulle. Vastaavasti päätä kallistettaessa sivuille, tuntuu kuin koko tuoli kallistuisi eteen- tai taaksepäin. Aistiharhan kuvaamisen onnistuminen edellyttää lähes täysin pimeää tilaa. Aistiharhan havainnollistamisen vaikeutta lisää se, että oppilaat näkevät tuolin fyysisesti ennen illuusion demonstroimista. Kun oppilaat ovat nähneet, että tuoli pyörii ainoastaan pystyakselin ympäri, on heidän hyvin vaikea hyväksyä sellainen aistimus, missä koko tuoli kallistuisi sivulle. Koko tuolin kallistumisen sijasta heistä saattaa tuntua siltä kuin he kaatuisivat pois tuolista.

KUVIO 32. Barany chair (TNO 2005).

Tutkimuksen tekijä sai kokea Coriolis-ilmiön havainnollistamisen parturituolissa. Tutkimuksen tekijää pyydettiin sulkemaan silmät ja tuolia pyöritettiin niin kauan kunnes sisäkorvan kaarikäytävien nesteet olivat varmasti tasoittuneet (noin 30s). Tämän jälkeen tutkimuksen tekijää pyydettiin kallistamaan ylävartaloaan kohti lattiaa, minkä seurauksena syntyi välitön aistimus kallistumisesta oikealle. Sivuttainen ylävartalon kallistus aiheutti voimakkaan ylös- tai alaspäin kallistumisen tunteen. Lopulta syntyi aistimus kuin tuolissa olisi keinunut edestakaisin. Tutkimuksen tekijälle suoritetussa simulaatiossa hänelle ei syntynyt tunnetta koko tuolin kallistumisesta, vaan hänelle tuli tunne, missä hän oli putoamaisillaan tuolista. Tässä tuli

esille ihmismielen vaikutus illuusioiden syntyyn. TNO:n tutkijan mukaan aistiharha olisi ollut onnistuneempi, jos tutkimuksen tekijä olisi asetettu sokkona kyseiseen tuoliin.

Kallisteleva huone (Tilting room)

Kallistelevan huoneen avulla oppilaille havainnollistetaan kallistelevan visuaalisen ympäristön vaikutusta oman asennon arviointiin. Lisäksi sillä kuvataan aistiharhoja vastakkaissuuntaisesta liikkeestä sekä osoitetaan oppilaille näköaistin dominoivuus asentotajun muodostumisessa. Oppilas asetetaan seisomaan keskellä huonetta sijaitsevalle kiinteälle alustalle. Huonetta aletaan kallistella ja sen aikana oppilasta pyydetään pitämään kädessä olevalla potentiometrillä huoneen takaseinässä oleva pystysuora viiva hänen kuvittelemansa todellisen pystysuoran viivan kohdalla. Oppilaan jalkojen alla olevien reseptoreiden avulla mitataan oppilaan kallistelu puolelta toiselle. Tämä informaatio näytetään simulaatiota seuraaville oppilaille näyttöruudusta. Kyseisen simulaation pääviesti oppilaille on, että vaikka tietää aistijärjestelmien harhauttamisen olevan meneillään, on mahdotonta aistia todellista oikeaa informaatiota omasta asennosta. Näin ollen oppilaille painotetaan mittariluottamuksen tärkeyttä oikean asentotiedon varmistamiseksi.

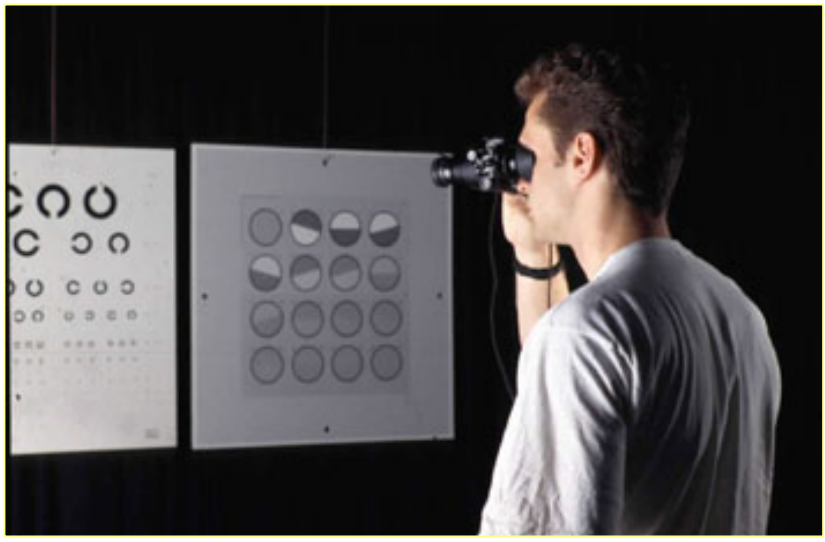
KUVIO 33. Kallisteleva huone. Sen avulla havainnollistetaan oppilaille aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä (TNO 2005).

Tutkimuksen tekijä sai kokea aistijärjestelmien harhauttamisen kallistelevassa huoneessa. Aluksi hänet asetettiin seisomaan keskelle huonetta tasaiselle kovalle alustalle. Huonetta alettiin kallistella ja näköaistin tuottaman informaation avulla kallistelun huomasi aluksi selvästi. Kallistelun jatkuessa syntyi voimakas aistimus, missä tutkimuksen tekijä tuntui itse kallistelevan huoneen kallistelun sijaan. Tämä oli oiva esimerkki näköaistin dominoivuuden havainnollistamisessa. Seuraavaksi tutkimuksen tekijän jalkojen alle asetettiin pehmeämpi alusta, mikä mahdollisti lievän kallistelun alustassa. Simulaatio toistettiin samanlaisena ja tällöin tutkimuksen tekijällä oli erittäin suuria vaikeuksia säilyttää tasapaino alustalla. Sama näköaistin aiheuttama harha-aistimus simuloitiin myös yksinkertaisella puoliympyränmuotoisella kupolilla, johon oli maalattu pistekuvioita. Kupoli laitettiin pyörimään ja sitä seuratessa tuntui hetken kuluttua siltä, että pisteet pysyivät paikoillaan, ja itse pyöri niiden sijasta. Harha-aistimus oli erittäin voimakas.

KUVIO 34. Pistekuvioinen kupoli (Jari Sorvari 2005).

Pimeänäkökoulutus (Night Vision training)

Toisen vaiheen asentotajukoulutuksen pimeänäkökoulutus sisältää eri pimeänäkösensoreihin tutustumista ja niiden rajoittuneisuuden havainnollistuksia. Pimeänäkölasit (NVG) ja lämpöä aistivat laitteet (Forward looking infrared, FLIR) mahdollistavat toiminnan yöllä, mutta luonnolliseen näkemiseen päivällä verrattuna, on pimeänäkölaitteiden antama näkökenttä huomattavan rajoittunut. Näkökentän laajuuden kapeneminen vaikeuttaa tarkan tilannetietoisuuden ylläpitämistä huomattavasti. Pimeänäkökoulutuksessa oppilaille havainnollistetaan näköaistin rajoittuneisuutta yötoiminnassa erilaisilla pimeänäkölaitteilla.



KUVIO 35. RNLAF:n pimeänäkökoulutus. Näkökentän kapenemista havainnollistetaan mm. pimeänäkölaseilla (TNO 2005).

Pimeänäkökoulutuksessa selvitetään oppilaille pimeänäkölasien (NVG) ja lämmönlähteitä aistivien sensoreiden toiminnan periaatteet sekä havainnollistetaan eri laitteiden hyödyt ja haitat. Pimeänäkölaitteiden aiheuttama näköaistin rajoittuneisuus kuvataan oppilaille viidellä yksinkertaisella testillä:

TAULUKKO 5. RNLAF:n pimeänäkökoulutuksen viisi eri testiä. Niillä kuvataan pimeänäkölaitteiden aiheuttama näköaistin rajoittuneisuus.

	rajoittuneisuus	**testi**	**”huononemis-kerroin”**
1	erottelukyky	näkötaulukko	3-5 x
2	kuvakentän sävyt	sävykkyystaulukko	4-8 x
3	näkökenttä	perimetrikehä	10 x
4	lukeminen	lähitaulukko	8 x
5	värien havaitseminen	väri NVG -kuvat	∞

(Groen, Graaf, Bles, Bos & Kooi 2002, 7.)

Oppilaille myös selitetään miksi syvyys- ja etäisyystekijät ovat erityisen tärkeitä tilannetietoisuuden kannalta. Oppilaille selvitetään näiden tekijöiden aleneminen, puuttuminen ja harhauttava vaikutus pimeänäkölaitteita käytettäessä. Syvyysnäön mekanismit havainnollistetaan yhdessä näköaistin harhojen kanssa. Toisen vaiheen asentotajukoulutuksen pimeänäköosuudessa pyritään auttamaan oppilaita ymmärtämään näköaistin ja sen aiheuttamien aistiharhojen tärkeys, sillä niiden tunteminen on paras tapa tunnistaa virheelliset tai puutteelliset näköaistin tuntemukset. Varsinainen lentämiseen liittyvä pimeänäkökoulutus annetaan myöhemmässä vaiheessa asentotajusimulaattorilla (DISO). (Groen ym. 2002, 7.)

Asentotajukoulutuksen kolmas vaihe

Asentotajukoulutuksen kolmas vaihe annetaan valmistuneille ohjaajille noin kaksi vuotta toisen asentotajukoulutusvaiheen jälkeen. Tähän mennessä ohjaajat ovat ehtineet saada sekä harjoitushävittäjälentokoulutuksen (T-37) että hävittäjän (F-16) peruslentokoulutuksen Yhdysvalloissa. Asentotajukoulutuksen kolmas vaihe toteutetaan hävittäjän (F-16) jatkokoulutusvaiheen yhteydessä Alankomaissa. Em. asentotajukoulutus suoritetaan yhden päivän mittaisella kurssilla, johon sisältyy myös sentrifugikoulutus. Tällöin asentotajukoulutuksessa keskitytään asentotajusimulaattorissa (DISO) havainnollistettavien illuusioiden kertaamiseen sekä niistä selviytymiskoulutukseen.

DISO on AMST:n valmistama asentotajusimulaattori (ks. kuvio 25, s. 70), jossa on tavallinen lentokoneen ohjaamo. Simulaattorissa on yksi ns. out-the-window (OTW) näyttö. Ohjaamo on asetettu kuuden vapausasteen omaavalle alustalle (6-Degrees of Freedom). Simulaattori mahdollistaa rajoittamattoman pyörimisliikkeen pystyakselin ympäri. Simulaattorista on sekä auditiivinen- että videokuvayhteys valvontapöydälle. Asentotajukoulutuksen lisäksi simulaattorilla voidaan harjoitella mm. epätavallisista lentotiloista oikaisuja, tilannetietoisuuden hallintaa sekä mittarilähestymisiä (ILS, VOR/DME, NDB). Simulaattorin tarkemmat parametrit on esitelty liitteessä 3.

Modifiointi pimeänäkökoulutukseen

Asentotajusimulaattori DISO:n maksimaalinen hyöty on pyritty saavuttamaan mm. modifioimalla simulaattori RNLAF:n insinöörien toimesta havainnollistamaan illuusioita vielä vakuuttavammin ja tehokkaammin. Jotta pimeänäkökoulutus vastaisi paremmin nykypäivän yölentämisen haasteisiin, on RNLAF kehittänyt DISO:n yölentomoodien lisäksi joitakin modifikaatioita, jotka

KUVIO 36. F4949-pimeänäkölasit (ebay).

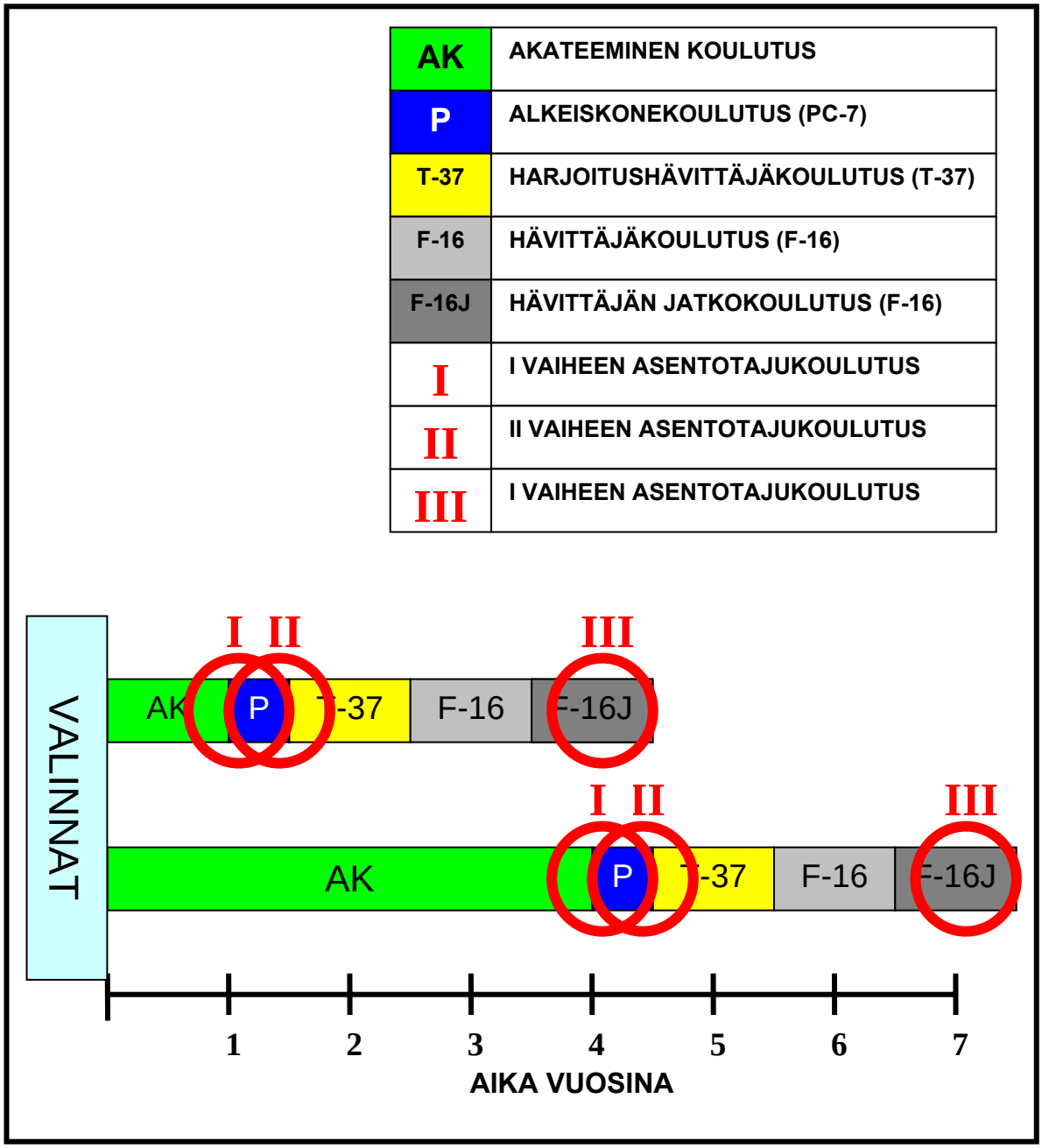
mahdollistavat vielä tehokkaamman pimeänäkökoulutuksen simulaattorissa. DISO:n OTW-näyttö on riittävän tarkka RNLAF:n käyttämien pimeänäkölasien (F4949) käyttöön simulaattorissa.

Yksinkertaisten modifiointien ansiosta DISO:lla voidaan harjoitella seuraavia pimeänäköhavainnollistuksia ja toimintoja:

- Yksinkertaiset pimeänäkölasien havainnollistukset
- Osoittaa pimeänäkölasien käytön vaikutukset toimintaan, mm. katseen siirtämisen tarve mittareiden ja OTW-näytön välillä
- Verrata lentämistä eri yöolosuhteissa (kuutamo vs. tähtitaivas) (toteutetaan 2ND ja 3ND-suodattimilla)
- Tottuminen pään painopisteen muuttumisiin

Alankomaiden asentotajuasiantuntijat pitävät asentotajusimulaattori DISO:n huonona puolena sitä, että jotkut simulaatiot joudutaan luomaan simulaattorin teknisten ominaisuuksien rajoittuneisuuden vuoksi ns. valheellisina illuusioina. Niissä luodaan oppilaalle keinotekoisesti aistimus tietystä illuusiosta. Valheellisten illuusioiden huonona puolena pidetään sitä, että ne eivät havainnollista oppilaalle selkeästi illuusion syntymekanismia. Esimerkiksi aistiharhat koneen kallistumisesta kuvataan oikeasti kallistamalla simulaattoria. Tämä ns. valheellinen illuusio tuntuu oppilaasta aidolta, mutta simulaatiota seuraavien oppilaiden mielestä havainnollistaminen saattaa tuntua mitättömältä. Tutkimuksen tekijän kokemuksia DISO-simulaattorista on kerrottu liitteessä 4.

Seuraavassa on esitetty Alankomaiden ilmavoimien (RNLAF) hävittäjäohjaajien asentotajukoulutuksen ajoittuminen eri koulutusvaiheisiin. RNLAF:n hävittäjäohjaajaksi voi valmistua kahden eripituisen koulutusputken kautta. Ne eroavat toisistaan siten, että akateeminen vaihe kestää toisessa vuoden ja toisessa neljä vuotta.

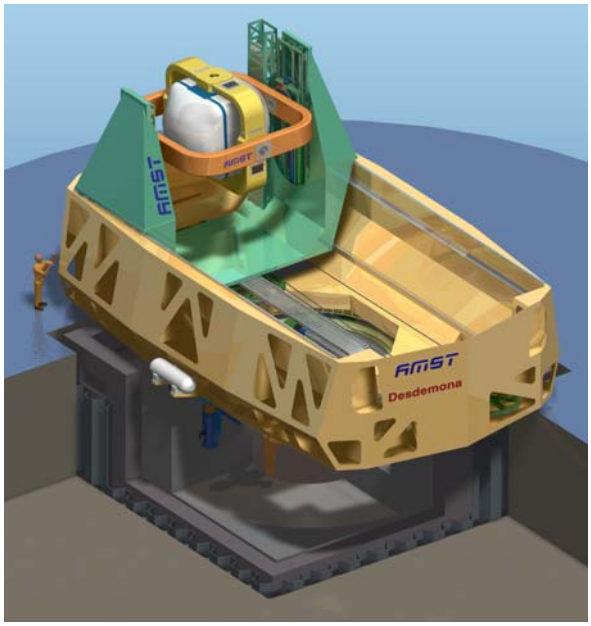


KUVIO 37. Alankomaiden ilmavoimien (RNLAF) hävittäjäohjaajien asentotajukoulutuksen ajoittuminen eri koulutusvaiheisiin.

Alankomaiden ilmavoimien asentotajukoulutus tulevaisuudessa

Alankomaiden ilmavoimien asentotajukoulutusasiantuntijat ovat hyvin ylpeitä omasta asentotajukoulutuksestaan. Oppilaiden antamien palautteiden mukaan koulutus on hyvin mielenkiintoista, avartavaa ja he kokevat koulutuksen tärkeäksi lentämiseen liittyvien vaaratekijöiden tunnistamisessa. Koulutuksessa pidetään hyvin tärkeänä sitä, että aistiharhojen havainnollistukset suoritetaan ”laboratorio-laitteilla”. Tämä mahdollistaa perusteellisen asentotajun mekanismien havainnollistamisen, tehokkaan aistiharhojen syntymisen kuvaamisen sekä ihmisen aistijärjestelmien rajoittuneisuuden osoittamisen.

Asentotajukoulutuksessa pyritään yksiselitteisen, avoimen ja interaktiivisen oppimisilmapiirin luomiseen. Alankomaiden asentotajuasiantuntijat pyrkivät tulevaisuudessa kehittämään asentotajukoulutustaan entistä lähemmäksi lentämistä. Heidän tavoitteenaan on myös saada pimeänäkökoulutuksesta entistä kattavampi. Tulevaisuudessa on tarkoitus kouluttaa kaikille ohjaajille tässä luvussa kuvattu kolmivaiheinen asentotajukoulutus, minkä jälkeen ensimmäinen ylläpitävä kertauskoulutus on tarkoitus järjestää kolmen vuoden kuluttua ja tästä eteenpäin kertauskoulutus aiotaan järjestää viiden vuoden välein.



KUVIO 38. DESDEMONA. Uuden sukupolven asentotajusimulaattori DESDEMONA tulee korvaamaan nykyään käytössä olevan DISO:n (TNO 2005).

Tutkimuksen tekijän mielestä RNLAF:n asentotajukoulutus on erittäin monipuolinen ja havainnollistava. RNLAF on osannut esimerkillisesti hyödyntää TNO Human Factorssin tasapaino-osaston luomat edellytykset aistiharhojen syvällisemmälle havainnollistamiselle. Yhdessä TNO:n asiantuntijoiden kanssa RNLAF on luonut laajan asentotajukoulutuspaketin, mitä pidetään yhtenä kattavimmista maailmalla järjestettävistä asentotajukoulutuksista. Tätä kuvastaa myös se, että muutamien muiden maiden ilmavoimat (mm. Israel) on solminut RNLAF:n kanssa sopimuksen heidän ohjaajiensa asentotajukoulutuksesta Alankomaissa. RNLAF ei ole tutkinut asentotajukoulutuksensa tehokkuutta, vaan heidän omiin kokemuksiinsa perustuen, on asentotajukoulutus havaittu tarpeelliseksi ja hyödylliseksi.

Alankomaiden ilmavoimat on tilannut AMST:ltä uuden, huomattavasti DISO:a kehittyneemmän asentotajusimulaattorin (DESDEMONA). Kyseinen simulaattori on toistaiseksi vielä rakennusvaiheessa ja sen pitäisi olla operatiivisessa käytössä toukokuussa 2006. RNLAF:n asiantuntijoiden mukaan DESDEMONA:n suorituskyky tulee olemaan moninkertainen verrattuna nykyiseen asentotajusimulaattoriin. DESDEMONA:an on suunniteltu kuuden vapausasteen (6-DoF) mahdollistavan alustan lisäksi jatkuvan g-voimien (g_{max} = 3) ylläpitämisen mahdollistava elementti. DESDEMONA:ssa ohjaaja istuu ohjaamossa, mikä mahdollistaa pyörimisen rajoittamattomasti jokaisen akselin ympäri. Tämän lisäksi simulaattori mahdollis-

taa kahdeksan metrin liikkeen horisontaalitasossa sekä kahden metrin pystysuuntaisen liikkeen. DESDEMONA:a voidaan ohjata liikkumaan yhtäaikaisesti kaikkien akseleiden ympäri. Tämä mahdollistaa erittäin monipuolisen aistiharhojen kuvaamisen. Asentotajukoulutuksen lisäksi DESDEMONA on suunniteltu käytettäväksi mm. kehittyneenä hävittäjän lentosimulaattorina. Yhdessä kehittyneiden visuaalisten näyttöjen kanssa, jatkuva g-voimien ylläpitäminen luo nykyisiä lentosimulaattoreita huomattavasti realistisemman simulaattoriympäristön. (Bles & Graaf 2000.)

4.4. Iso-Britannian ilmavoimien (RAF) asentotajukoulutus

Alankomaiden ilmavoimien järjestämän asentotajukoulutuksen lisäksi tutkimuksen tekijä halusi perehtyä hieman suuremman ilmavoiman, Royal Air Forcen järjestämään asentotajukoulutukseen. Iso-Britannian ilmavoimien asentotajukoulutus annetaan Henlow:ssa RAF:n ilmailulääketieteellisessä keskuksessa. RAF:n antama asentotajukoulutus vaikuttaa melko yhdenmukaiselta RNLAF:n antaman asentotajukoulutuksen kanssa. Tähän vaikuttaa ehkä eniten se, että näillä kummallakin ilmavoimilla on asentotajukoulutuksessa käytössään samanlainen AMST:n valmistama asentotajusimulaattori DISO. Tässä luvussa on pyritty esittämään pääpiirteittäinen RAF:n järjestämä asentotajukoulutus. Luvussa esitelty informaatio perustuu tutkimuksen tekijän RAF:n asentotajuasiantuntijan David Daulbyn kanssa käymiin keskusteluihin.

Iso-Britannian ilmavoimat on huolissaan asentotajun aiheuttamien lento-onnettomuuksien määrästä. Holmesin ym. vuonna 2003 laatima tutkimus RAF:n ohjaajien asentotajuharhoista (Survey of spatial disorientation in military pilots and navigators) osoittaa asentotajun menettämisen olevan edelleen merkittävä vaara ilmailussa. (Holmes ym. 2003.) Tämän vuoksi asentotajun muodostumisen teoriaan, aistiharhojen havainnollistamiseen ja aistiharhoista selviytymiskoulutukseen panostetaan merkittävästi RAF:n ohjaajien koulutuksessa.

RAF:n asentotajukoulutuksen toteuttamista ohjaa kaksi asiakirjaa. ASCC:n Air Standardization Coordination Committeen (ASCC) suunnittelema asiakirja Air Standard 61/117/1 sekä NATO:n yhtenäistämiskoulutukseen liittyvä asiakirja STANAG 3114 – Aeromedical Training of Flight Personnel. (Asiakirjat on esitelty luvussa 4.2) Kyseisissä asiakirjoissa on kuvattu sopimuksen alaisten maiden asentotajukoulutuksen vähimmäisvaatimukset. Ensin mainittu asiakirja (Air Standard 61/117/1) on päivitetympi ja vaatimuksiltaan hieman yksityiskohtaisempi verrattuna STANAG 3114:n. Asiakirjoissa on kerrottu asentotajukoulutuksen teoreetti-

set ja maassa sekä ilmassa toteutettavan koulutuksen vaatimukset. Ilmassa toteutettava koulutus voidaan korvata maassa asentotajusimulaattorilla suoritettavalla koulutuksella.

Asentotajukoulutuksen ensimmäinen vaihe

RAF:n ohjaajaoppilaiden ensimmäinen kosketus asentotajuasioihin tapahtuu Henlow:ssa Ilmailulääketieteen keskuksessa. Siihen mennessä oppilaat eivät ole aloittaneet vielä alkeislentokoulutusta. Oppilaille annetaan lyhyt asentotajua käsittelevä teoriakoulutus, missä kuvataan eri aistien roolit asentotajun muodostamisessa. Luennolla käsitellään myös sisäkorvan ja asentoreseptoreiden tuottaman virheellisen informaation vaikutusta asentotajun hallintaan. Varsinainen ensimmäisen vaiheen asentotajukoulutus toteutetaan niin ikään Henlow:ssa ilmailulääketieteen kurssin yhteydessä. Kurssi järjestetään alkeislentokoulutuksen jälkeen, mutta ennen peruslento- ja harjoitushävittäjäkoulutuksen aloittamista. (RAF:n hävittäjälentokoulutus sisältää yhden koulutusvaiheen enemmän verrattuna Suomen ilmavoimien hävittäjälentokoulutukseen). Ohjaajaoppilaat siirtyvät alkeislentokoulutuksen jälkeen lentämään peruslentokoulutusta Tucano -potkuriturbiinikoneilla.

Asentotajukurssille tullessaan ohjaajaoppilaat ovat lentäneet alkeiskoulukoneella noin 70 tuntia. Ohjaajille järjestetään aluksi kahden tunnin mittainen asentotajuasioita käsittelevä luento. Luennolla opetetaan lyhyesti perusasiat asentotajun teoriasta. Luennolla käsitellään mm. seuraavia asioita: ihmisen aistien toiminta asentotajun muodostumisessa, aistijärjestelmien rajoittuneisuuden ja aistiharhojen kuvaaminen, näkö-, tasapaino- ja asentoaistin anatomia, asentotajun menettämiseen johtavat tekijät ja niiden minimointi sekä asentotajun hallinnan tärkeys lentoturvallisuudessa. (Käsiteltävät asiat on esitetty tarkemmin luvussa 4.2).

Luentojen jälkeen ohjaajille havainnollistetaan tasapaino- ja näköaistin aiheuttamia illuusioita asentotajusimulaattorissa (DISO). DISO:ssa havainnollistetaan tasapainoelimen aiheuttamista illuusioista aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä, Coriolis-ilmiö sekä somatograaviset ja somatogyyriset illuusiot. DISO:ssa voidaan havainnollistaa em. illuusiot joko kiinteä- tai pyöriväsiipisen lentolaitteen moodilla. Näköaistin aiheuttamista illuusioista oppilaille simuloidaan horisonttiharhat (kalteva horisontti), perspektiiviharhat (kapea/leveä kiitotie), musta-aukko-lähestyminen sekä autokinesis-ilmiö. Lisäksi oppilaille havainnollistetaan helikopterimoodin avulla mm. varjokato ja kovan vesi- tai lumisateen aiheuttama illuusio.

Asentotajukoulutuksen toinen vaihe

Ohjaajien toisen vaiheen asentotajukoulutus on sijoitettu harjoitushävittäjäkoulutuksen jälkeen ennen varsinaisen hävittäjälentokoulutuksen aloittamista operatiivisissa joukko-osastoissa. Toisen vaiheen koulutus toteutetaan niin ikään Ilmailulääketieteen keskuksessa Henlow:ssa. Kurssin yhden tunnin mittaisella teorialuennolla kerrataan ensimmäisen vaiheen teoriatuntien asentotajuasiat ja keskitytään vielä tarkemmin lentämiseen liittyviin asentotaju-asioihin. Luennot painotetaan siten, että ohjaajien helikopteri/lentokonesuuntautuminen otetaan huomioon. Teorialuentojen lisäksi ohjaajille järjestetään entisestään käytännönläheisempi simulaattorikoulutus asentotajusimulaattori DISO:ssa. Toisen vaiheen asentotajukoulutuksen asentotajusimulaattorikoulutuksessa harjoitellaan mm. epätavallisista lentotiloista oikaisuja sekä yllättävää mittarilento-olosuhteisiin siirtymistä.

Näiden kahden asentotajukoulutusvaiheen jälkeen ohjaajille annetaan asentotajun kertauskoulutusta DISO:lla viiden vuoden välein. ASCC:n asiakirja (Air Standard 61/117/1) määrittelee kertausjakson pituudeksi neljä vuotta. RAF ei kuitenkaan ole ratifioinut sopimuksen tätä kohtaa, vaan he järjestävät koulutuksen STANAG 3114 -asiakirjan mukaisesti viiden vuoden välein. Kertauskoulutuksessa ohjaajien muistia virkistetään lyhyellä, noin puolen tunnin mittaisella luennolla, mikä käsittelee mm. eri aistien rooleja asentotajun muodostumisessa sekä tavallisimpia aistiharhoja.

Iso-Britannian ilmavoimat järjestää NVG-koulutuksen kaikille ohjaajille, jotka tulevat urallaan käyttämään pimeänäkölaitteita. Koulutus on yhden päivän mittainen ja siihen kuuluu luentoja sekä käytännön havainnollistuksia pimeänäkölaitteilla. Pimeänäkökoulutus on ajoitettu tarkoituksenmukaisesti ennen varsinaisia lentoja, joilla pimeänäkölasien käyttöä koulutetaan. Iso-Britannian ilmavoimat ei toistaiseksi kouluta ohjaajilleen pimeänäkötoimintaa asentotajusimulaattorissa. RAF kuitenkin harkitsee pimeänäkökoulutuksen mahdollistavan päivityksen hankkimista DISO:on.

Pohdintaa

Iso-Britannian ilmavoimat eivät ole tehneet heidän asentotajukoulutuksen (pääasiassa DISO:on perustuva) hyödyllisyyden arviointiin perustuvaa tutkimusta, vaan hekin luottavat ohjaajiltaan saaman palautteen perusteella asentotajukoulutuksen olevan tarpeellista. Sen sijaan Braithwaiten vuonna 1992 tekemästä tutkimuksesta (The British Army Air Corps in-flight spatial disorientation demonstration sortie) ilmenee se, että jo ennen DISO:on perustuvalla asentotajukoulutuksella on ollut merkitystä helikopterionnettomuuksien vähenemisessä. Tutkimus tehtiin brittiläisille helikopterilentäjille. (Braithwaite 1992.)

Iso-Britannian ilmavoimien asentotajukoulutus vaikuttaa DISO:n myötä pääosin yhteneväl-tä Alankomaiden ilmavoimien asentotajukoulutuksen kanssa. Molemmat ilmavoimat ovat ajoittaneet ohjaajiensa asentotajukoulutuksen suurin piirtein samoihin lentokoulutusvaiheisiin. RNLAF:n asentotajukoulutus vaikuttaa tutkimuksen tekijän mielestä kuitenkin hieman perusteellisemmalta verrattuna RAF:n antamaan asentotajukoulutukseen. Syynä lienee osin se, että Alankomaiden ilmavoimat on huomattavasti Iso-Britannian ilmavoimia pienempi. Näin ollen pienempien ilmavoimien on huomattavasti helpompaa toteuttaa kattavampi koulutus, mikäli käytössä vain on siihen sopivat laitteet. RNLAF on hyödyntänyt asentotajukoulutuksessaan TNO Human Factorsin tasapaino-osaston laitteita, mikä mahdollistaa vielä yksityiskohtaisemman, erityisesti tasapainoelimen aiheuttamien aistiharhojen syntymekanismien havainnollistamisen. Lisäksi RNLAF:n antama asentotajukoulutus sisältää yhden koulutusvaiheen enemmän verrattuna RAF:n antamaan koulutukseen.

RAF:n antama asentotajukoulutus on keskittynyt suurelta osin DISO:n hyödyntämiseen. Molempien maiden antama DISO-koulutus vaikuttaa yhtenevältä. Yllättävää on, että RNLAF ei toistaiseksi järjestä ylläpitävää asentotajukoulutusta ohjaajilleen. RNLAF:lta on tulossa asentotajukoulutusohjelma, mikä sisältää kertauskoulutuksen DISO:lla aina viiden vuoden välein. RAF:lla on kuitenkin jo tällä hetkellä olemassa asentotajusimulaattorilla suoritettava asentotajun kertauskoulutus. Tutkimuksen tekijän mielestä tasapuolinen RAF:n ja RNLAF:n asentotajukoulutusten vertaaminen edellyttäisi kuitenkin konkreettista tutustumista paikanpäällä myös RAF:n antamaan asentotajukoulutukseen.

4.5. Suomen ilmavoimien asentotajukoulutusvaihtoehtoja

Tässä luvussa on tarkasteltu Suomen ilmavoimien tämän hetken asentotajukoulutusta ja pohdittu erilaisia vaihtoehtoja Suomen ilmavoimien asentotajukoulutukselle.

Suomen ilmavoimien nykyinen asentotajukoulutus on melko vähäistä. Suomen ilmavoimissa annetaan ohjaajille asentotajuasioita käsittelevää teoriaopetusta, jossa opetetaan perusteita asentotajun muodostumisesta, hallinnasta ja aistiharhoista. Asentotajuluentojen lisäksi ohjaajille annetaan näköaistin toimintaan liittyvää teoriaopetusta ilmailulääkäreiden toimesta. Näköaistiluennot liittyvät myös hyvin läheisesti asentotajuasioihin. Seuraavassa on esitelty pääpiirteittäin asentotajuluennoilla käsiteltävät asiat:

– Asentotajun muodostumiseen vaikuttavat aistit
  – aistien rajoittuneisuus
  – eri aistien anatomia
– Eri aistien roolit asentotajun muodostumisessa
  – aistien toiminta ilmailussa
– Asentotajun menettäminen
  – asentotajun menetyksen tyypit
– Aistiharhat
  – näköaistin harhat
  – tasapainoaistin harhat
– Pimeänäkö
  – perusteet
  – pimeänäkötekniikka
– Asentotajun hallintaa vaikeuttavat sääolosuhteet
– Asentotajun säilyttäminen/palauttaminen

(Lahin 2004.)

Ilmailulääkärit pitävät edellä mainitun asentotajuluennon yleensä lentoturvallisuuspäivien yhteydessä. Tämän lisäksi ohjaajien koulutukseen on määrätty sisällytettäväksi ilmailulääkärin pitämä oppitunti yölentämisen teoriasta. Em. oppitunnilla käsitellään yleisiä asioita yölentämisen fysiologiasta; silmän toiminta, pimeäadaptaatio, näköharhat (perspektiivi-, taso- ja muut aistiharhat) ja pimeänäkö. (HW1-lentokoulutusohjelma 2005.) Lennonopettajat kertaavat ohjaajaoppilaille luennolla käsiteltävät asiat aina ennen yölentokoulutuksen aloittamista.

Yölento-oppituntien lisäksi asentotajun hallintaa ja aistiharhoja koskevia asioita kerrataan ennen sellaisia lentoja, mitkä ovat otollisia aistiharhojen syntymiselle. Lentotehtävien annoissa lennonopettaja keskustelee ohjaajaoppilaan kanssa lennolla mahdollisesti esiintyvistä aistiharhoista, niiden ehkäisykeinoista sekä toiminnasta niiden ilmetessä. Lentotehtävän antamisen yhteydessä käsiteltävien asioiden kertaamisen hedelmällisyys on riippuvainen lennonopettajan ja ohjaajaoppilaan tietotaidosta. Lisäksi eri lentokonetyyppien manuaaleissa (ohjaajan ohje) saattaa olla mainintoja aistiharhojen esiintymisestä tietyissä lentotiloissa. Esimerkiksi Hawk-harjoitushävittäjän ohjaajan ohjeessa on varoittava maininta mahdollisesta mittarilentoonlähdön yhteydessä esiintyvästä pituuskiihtyvyyden aiheuttamasta virheellisestä nokan nousun tunteesta (aistiharha nokan noususta) (BAe Hawk Mk 51 Ohjaajan ohje 2005, 1-12-1).

Suomen ilmavoimissa ei varsinaisesti testata ohjaajiksi hakevien asentotajun hallintaa valintatesteissä. Pyöritystuoli antaa kuitenkin viitteitä keskushermoston kyvystä palauttaa asentotaju sisäkorvaärsytyksen jälkeen. Lentokoulutuksen aikana seurataan tietyillä lennoilla ohjaajaoppilaan asentotajun säilymistä vaativissa olosuhteissa ja lentotiloissa. Mikäli ohjaajaoppilaalla ilmenee puutteita asentotajun hallinnassa, harkitaan tällaisissa tilanteissa hänen kelvollisuuttaan jatkokoulutukseen. Suomen ilmavoimissa ei järjestetä varsinaista käytännöllistä asentotajukoulutusta eikä toistaiseksi ole mitään konkreettisia suunnitelmia asentotajukoulutuksen toteuttamiseen. Joitakin näköaistin harhoja voidaan havainnollistaa luennoilla, mutta varsinkin tasapainoelimen aiheuttamien aistiharhojen kuvaamiseen tarvitaan niihin sopivia laitteita. Seuraavassa on esitelty erilaisia vaihtoehtoja asentotajukoulutuksen toteuttamiseksi Suomen ilmavoimissa.

Asentotajukoulutuksen tavoitteet

Asentotajukoulutusta suunniteltaessa pitää miettiä, mitä koulutuksella halutaan. Teoriakoulutuksen lisäksi olisi hyvä pystyä havainnollistamaan oppilaille käytännössä, miten aistiharhat ilmenevät. Käytännön asentotajukoulutuksen tulisi luoda ohjaajille mahdollisuus kokea heidän aistijärjestelmiensä rajoittuneisuus. Kun ohjaajille saadaan tehokkaasti havainnollistettua aistijärjestelmien rajoittuneisuus, luultavimmin heidän luottamuksensa mittareihin vahvistuu entisestään. Mittariluottamuksen oppiminen on elintärkeää aistiharhoista selviytymistaisteluiden varalle.

Asentotajukoulutuksella tulee pyrkiä antamaan ohjaajille mahdollisuus havaita ja tunnistaa aistiharhojen syntyminen ajoissa. Aistiharhoista selviytyminen edellyttää ohjaajalta kolmivaiheista prosessia: epäile, tunnista ja toimi. Aistiharhojen ilmetessä, kaikki ohjaajat eivät välttämättä tiedä kokevansa niitä. Se, että ohjaajat oppivat tunnistamaan aistiharhat, ei välttämättä riitä. Ohjaajien on tällaisissa tapauksissa myös opittava oikea toimintatapa aistiharhoista selviytymiseen. Asentotajukoulutuksen yhtenä tavoitteena voisi olla se, että ohjaajalle lennolla syntyvät aistiharhat eivät ilmenisi ilmassa ensimmäistä kertaa. Ohjaaja pystyisi säilyttämään asentotajunsa paremmin, mikäli hän tunnistaisi aistiharhoille otolliset olosuhteet, pystyisi mahdollisimman nopeasti havaitsemaan aistiharhojen ilmenemisen ja osaisi välittömän toiminnan niistä selviytymiseen.

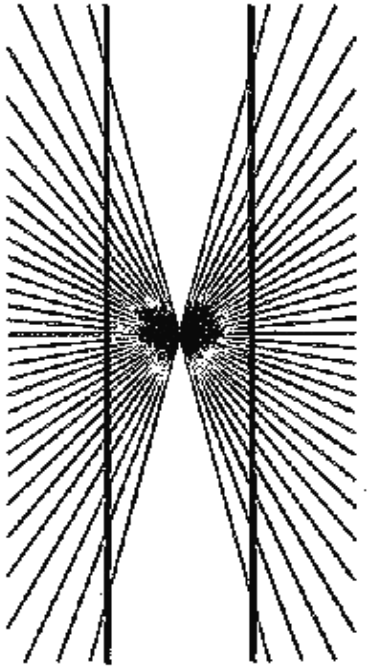
4.5.1. Asentotajukoulutus Suomessa

Suomessa voitaisiin järjestää olemassa olevilla laitteilla asentotajukoulutusta. Ns. Hortmannin tuolilla voitaisiin tehokkaasti kuvata ohjaajille Coriolis-illuusio (ks. s. 52). Sen toteuttaminen onnistuisi tuolilla melko helposti. Kun ohjaaja pyörisi silmät suljettuina moottoroidussa tuolissa ja liikuttaisi päätään eteen ja taakse, saisi hän virheellisen aistimuksen kallistumisesta sivulle. Tämä havainnollistaisi ohjaajalle tasapainoelimen rajoittuneisuutta asentotajun muodostumisessa. Hortmannin tuolilla suoritettavan Coriolis-illuusion havainnollistamisen huonona puolena on se, että ohjaaja ei välttämättä usko tuolin kallistuvan sivulle, vaikka hänestä tuntuisikin niin. Hän on nähnyt tuolin fyysisesti ja tietää, ettei se voi kallistua sivulle. Tämä saattaa vaikeuttaa onnistunutta illuusion havainnollistamista. Illuusion kuvaaminen onnistuisi parhaiten, mikäli ohjaaja vietäisiin tuoliin silmät suljettuina.

Tuolin pyöritysnopeutta kasvatettaessa, sillä voitaisiin kuvata ohjaajille silmänvärve eli nystagmus (ks. s. 30). Ohjaajaa pyöritettäisiin tuolilla jonkin aikaa ympäri, tuoli pysäytettäisiin ja ohjaajan eteen asetettaisiin numeroja sisältävä taulu. Ohjaaja ei todennäköisesti pystyisi luettelemaan numeroita silmänvärveen takia. Havainnollistuksen yhteydessä ohjaajalle kerrottaisiin mistä silmänvärve johtuu ja millaisessa tilanteissa sitä saattaa lennolla esiintyä. Em. havainnollistuksella voitaisiin kuvata ohjaajille aistien rajoittuneisuutta kovissa pyörimisliikkeissä.

Hortmannin tuolia voitaisiin hyödyntää lisäksi lentopahoinvoinnin ehkäisyssä. Ihmisen jatkuva altistaminen pyörimisliikkeelle kasvattaa pahoinvoinnin sietokynnystä. Alankomaissa on käytössä vastaava menetelmä ja sillä saadut kokemukset ovat erittäin hyvät. He ovat onnistuneet palauttamaan kaikki lentopahoinvoinnista kärsineet ohjaajat (14) takaisin lentämisen pariin. Myös RAF järjestää lentopahoinvoinnista kärsivälle lentävälle henkilöstölle kurssin, jonka tarkoituksena on adaptoitua aistiärsykkeiden ristiriitatilanteille lentopalveluksessa. Lentopahoinvointiongelma ei ole tietenkään niin ilmeinen Suomen ilmavoimissa, sillä lentopahoinnista kärsivät oppilaat karsitaan pois jo varusmieskurssilla. Menetelmää voitaisiin mahdollisesti soveltaa sellaisissa tapauksissa, joissa lentopahoinvointia ilmenisi ohjaajaoppilailla kadettikurssin aikana.

Yksinkertaisten näköaistin aiheuttamien aistiharhojen kuvaaminen olisi melko helposti toteutettavissa. Joitakin näköharhoja voitaisiin kerrata luennolla heijastamalla valkokankaalle erilaisia näköaistin rajoittuneisuutta havainnollistavia kuvia. Näköaistin harhoja voisi myös kuvata yksinkertaisella pyörivällä pistekuvioisella kupolilla. Kupolin valmistaminen ei vaatisi kovin suuria resursseja (ks. kuvio 34, s. 87). Hetken aikaa pyörivää pistekuvioista kupolia katsottaessa, syntyy aistimus, jossa tuntuu kuin itse pyörisi kupolin sijasta. Edellä mainitun havainnollistuksen avulla ohjaajat saisivat käsityksen vektioharhan syntymisestä (ks. s. 34). Vektioharhan havainnollistamisen yhteydessä olisi hyvä kertoa ohjaajille, miten vektioharha saattaa aiheuttaa asentotajun menettämisen ja millaiset tilanteet ilmassa ovat otollisia vektioharhan syntymiselle (pilvestä heijastuva pyrstömajakan valo ym.). Edellä kuvattu havainnollistus osoittaisi ohjaajille myös näköaistin dominoivuuden asentotajun muodostumisessa. Yksi vaihtoehto tehokkaaseen näköharhojen havainnollistamiseen olisi viedä ohjaajat johonkin huvipuistoon. Pyörivän sylinterin tai kallistelevan huoneen avulla voitaisiin tehokkaasti havainnollistaa näköaistin aiheuttamia harhoja.



KUVIO 39. Optinen illuusio. Yhdensuuntaiset pystysuorat viivat näyttävät kaareutuvan.

Maailmanpyörä-illuusiota (ks. s. 85) havainnollistavan laitteen toteuttaminen olisi varsin yksinkertaista. Siihen tarvittaisiin noin kahden metrin mittainen aisa, jonka toinen pää olisi kiinnitetty akseliin ja toisessa päässä olisi rengas. Aisaan kiinnitettäisiin alusta, jonka päälle ohjaaja voisi mennä selälleen makaamaan. Kun alustalla makaavaa ohjaajaa pyöritettäisiin pystyakselin ympäri, syntyisi hänelle hetken kuluttua aistimus, missä hän pyörisi vaakatasossa (ikään kuin maailmanpyörässä). Mikäli aisaan voitaisiin alustan tilalle vaihtaa istuin, voitaisiin oppilaille kuvata miten todellisuudesta poikkeavat aistiharhat voivat syntyä helposti. Sentrifugaalisen pyörimisen avulla voitaisiin aiheuttaa ohjaajalle aistimuksen sivuttaiskallistuksesta. Mikäli pyörimiseen yhdistettäisiin näköaistin harhauttaminen (esim. pyörivän pistekuvion avulla), voitaisiin harha-aistimusta sivuttaiskallistuksesta tehostaa. Näiden yhteisvaikutuksesta ohjaajalle voitaisiin todennäköisesti kuvata harha-aistimus, missä hän pyörisi kokonaan pituusakselinsa ympäri kuten vaakakierteessä.

Näköaistin tärkeyttä tasapainon säilyttämisessä voidaan havainnollistaa ohjaajille yksinkertaisella tasapainolaudalla suoritettavalla harjoitteella. Tasapainolaudalla on melko helppoa säilyttää tasapaino silloin, kun näköaistin antamaa informaatiota on saatavilla. Tasapainon säilyttäminen tasapainolaudalla muodostuu huomattavasti hankalammaksi, kun ohjaajalta peitetään silmät. Tilanne on vastaava lentämisessä. Kun näköaistin tuottama informaatio häviää, on asentotaju erittäin vaikea säilyttää.

Asentotajuharhoja voitaisiin mahdollisesti kuvata myös Aerotrim®-pyörityslaitteella. Aerotrim® on kehitetty astronauttien painottomuuden ja G-voimien vaikutuksen harjoittelua varten NASA:n tutkimuskeskuksessa Yhdysvalloissa. Siinä on kolme kehää, jotka pyörivät jokainen joko poikittais- tai pystyakselin ympäri. Sisimmän kehän keskelle kiinnitetään ihminen jaloistaan ja hän pitää kiinni kehässä olevista kahvoista pysyäkseen kehässä pyörityksen aikana. Aerotrim® mahdollistaa ihmisen pyörimisen vapaasti jokaisen akselin ympäri. Huonona puolena jokaisen akselin ympäri pyörittämisessä on se, että pyöriminen ei ole vakioitua. Aerotrim®-laite kuitenkin mahdollistaa pyörimisen rajoittamisen siten, että pyöriminen ei tapahdu kaikkien akseleiden suhteen yhtä aikaa. Pyörittämällä ohjaajaa esimerkiksi vain yhden akselin ympäri kerrallaan, voitaisiin hänelle kuvata Coriolis-illuusio varsin tehokkaasti. Aerotrim®-laitteita on mm. Rovaniemen ammattikorkeakoulun (RAMK) Liikunnan ja vapaa-ajan koulutusohjelman Lihashallintastudiolla, Peurungan kuntoutumiskeskuksessa Laukaassa sekä Jyväskylän yliopiston liikuntatieteiden laitoksella.

KUVIO 40. Aerotrim®. (Idee-show 2005.)

Hannolan vuonna 2005 tekemän tutkimuksen (Motorinen suorituskyky sotilaslentäjillä: Kaularangan ja vartalon maksimaalinen isometrinen voima, ryhti ja lihastasapaino, anaerobinen teho, aerobinen kunto, räjähtävä voima sekä Aerotrim® kuormituksen vaikutus seisomatasapainoon sotilaslentäjillä) perusteella näyttäisi siltä, että sotilaslentäjien tasapainoa ylläpitävien järjestelmien toiminta tehostuu hieman Aerotrim® -kuormituksen jälkeen. Vaikka Hannolan tutkimustuloksissa aistijärjestelmien toiminnan tehostuminen on kuitenkin melko vähäistä, antaa se viitteitä siitä, että aerotrim® -pyörityslaitteella voitaisiin mahdollisesti parantaa asentotajun muodostumiseen vaikuttavien aistien toimintaa. (Hannola 2005, 108.) Laajemman jatkotutkimuksen suorittaminen olisi tarpeen asian varmistamiseksi.

Rovaniemen ammattikorkeakoulun Liikunnan ja vapaa-ajan koulutusohjelman Lihashallintastudiolla on myös toinen tasapainon hallintaan liittyvä laite – Neurocomin valmistama Smart Balance Master®. Neurocom on kansainvälinen yritys, joka valmistaa tasapainon mittaamiseen ja kuntoutukseen sopivia laitteita. Smart Balance Master® –laite on puhelinkioskin kokoinen koppi, jossa on alusta ja visuaalinen ympäristö. Järjestelmään kuuluu myös tietokone, mikä tallentaa henkilön huojuntaa. Sekä alustaa että visuaalista ympäristöä voidaan kallistella eteen ja taakse. Smart Balance Masterin® avulla voidaan mitata miten hyvin henkilö käyttää sisäkorvan tasapaino-, nivelten asento- ja näköaistin tuottamaa informaatiota seisomatasapainon ylläpitämiseen.

KUVIO 41. Smart Balance Master® -järjestelmä (Neurocom 2006).

Laitteella voitaisiin kuvata ohjaajille visuaalisen ympäristön vaikutusta asennon arviointiin. Kun ohjaaja seisoisi alustan päällä ja visuaalista ympäristöä alettaisiin kallistella, syntyisi hänelle hetken kuluttua tunne, jossa visuaalinen ympäristö pysyisi paikoillaan ja hän itse kallistelisi. (vrt. s. 86 kallisteleva huone) Tämä kuvaisi aistiharhaa vastakkaissuuntaisesta liikkeestä ja osoittaisi myös näköaistin dominoivuuden asentotajun muodostumisessa. Ohjaajan suorittama huojunta voitaisiin näyttää hänelle havainnollistuksen jälkeen tietokoneelta. Havainnollistuksen yhteydessä olisi hyvä painottaa ohjaajille mittariluottamuksen tärkeyttä, sillä vaikka ohjaaja tietäisikin aistijärjestelmien harhauttamisen olevan meneillään, on mahdotonta aistia todellista informaatiota oikeasta asennosta.

Tässä luvussa kuvattu asentotajukoulutusvaihtoehto olisi melko helposti toteutettavissa. Se olisi hyvin halpa vaihtoehto eikä vaatisi kovin suuria valmisteluja. Osa tässä luvussa kuvatuista aistiharhojen havainnollistuksista perustuu tutkimuksen tekijän omiin kokemuksiin ja pohdintoihin. Havainnollistusten onnistuminen ja tehokkuus tulisi kokeilla kyseisillä laitteilla. Suomen ilmavoimat voisi syventää yhteistyötään Lihashallintastudion kanssa siten, että ohjaajien asentotajukoulutus voitaisiin antaa Rovaniemellä Lihashallintastudion tiloissa. Lihashallintastudion Aerotrimin® ja Smart Balance Master® -laitteiden lisäksi sinne voitaisiin luultavasti koota tässä luvussa mainittuja aistiharhojen havainnollistamiseen soveltuvia laitteita. Ennen aistiharhojen havainnollistuksia tulee kerrata ohjaajille asentotajuteoriaa luennolla. Koulutusvaihtoehdon puutteena olisi se, että havainnollistettavia illuusiota voitaisiin kuvata vain rajallinen määrä. Illuusiot voitaisiin havainnollistaa edellä mainituilla menetelmillä, mutta aistiharhoista selviytymisen koulutus jäisi kokonaan pois. Yksinkertaisilla laitteilla suoritettavien aistiharhojen yhdistäminen lentoympäristöön olisi myös oma haasteensa.

4.5.2. Asentotajukoulutus ulkomailla

Tutkimuksen tekijän mielestä Suomen ilmavoimat saisivat kaikkein tehokkaimman asentotajukoulutuksen viemällä ohjaajat ulkomaille asentotajukoulukseen. Yleinen trendi maailmalla on, että ohjaajille annetaan asentotajukoulutus jollakin asentotajusimulaattorilla. Kaikki ilmavoimat eivät ole hankkineet itselleen kalliita asentotajusimulaattoreita, vaan ostavat koulutuksen toisilta ilmavoimilta. Alankomaiden ilmavoimat on johtava asentotajukoulutuksen kehittäjä ja ylläpitäjä Euroopassa. Mm. israelilaiset hävittäjälentäjät käyvät asentotajukoulutuksessa Alankomaissa. RNLAF:lla on nykyaikaisin asentotajukoulutukseen soveltuva kalusto ja erittäin ammattitaitoiset asentotajuasiantuntijat koulutusta järjestämässä.

RNLAF:n asentotajusimulaattori DISO:lla voidaan kuvata useimmat näkö- ja tasapainoaistin aiheuttamat illuusiot. DISO:n etuna on myös se, että aistiharhojen havainnollistuksen yhteydessä, sillä voidaan harjoitella oikeita toimenpiteitä aistiharhoista selviytymiseen. Alankomaiden ilmavoimien insinöörien suorittaman pimeänäkömodifioinnin ansiosta DISO:lla voidaan havainnollistaa lisäksi joitakin yksinkertaisia pimeänäköhavainnollistuksia. Alankomaiden ilmavoimien mielestä pelkkä DISO:n hyödyntäminen asentotajukoulutuksessa antaisi hieman kapean näkökulman asentotajuasioihin ja aistiharhoihin. Heidän yhteistyönsä TNO Human Factors -tutkimuskeskuksen tasapaino-osaston kanssa antaa ohjaajille laajemman käsityksen aistiharhojen syntymekanismeista ja asentotajun muodostumisesta. TNO:n aistiharhojen havainnollistamiseen soveltuvien laitteiden avulla saadaan ohjaajille tehokkaasti selvitettyä sekä aistien rooli asentotajun muodostumisessa että aistiharhojen syntymisen perusteet.

RNLAF:n ja TNO Human Factorsin asentotajukoulutusasiantuntijat ovat yhdessä laatineet Suomen ilmavoimille asentotajukoulutusehdotuksen. Se koostuu kahdenlaisesta vaihtoehdosta. Ensimmäinen vaihtoehto on perusasentotajukoulutuspaketti, mikä sisältää teoria-opetusta ja aistiharhojen havainnollistuksia sekä DISO-simulaattorissa että TNO:n asentotajukoulutusvälineillä. Toisessa vaihtoehdossa on liitetty pimeänäkötoiminta osaksi koulutuspakettia. Siinä annettaisiin pimeänäkötoiminnan teoriakoulutusta, kuvattaisiin pimeänäön rajoittuneisuutta ja havainnollistettaisiin pimeänäkötoimintaan liittyviä aistiharhoja.

Perusasentotajukoulutuspaketti

TAULUKKO 6. RNLAF:n ja TNO:n asentotajuasiantuntijoiden suunnittelema asentotajukoulutusvaihtoehto Suomen ilmavoimille

Asentotajuteoria	±1,5 tuntia kestävä luento
DISO -simulaatiot	Tasapainoaistin harhat: – coriolis-illuusio – aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä Näköharhat: – perspektiiviharha (kiitotie) – horisonttiharha (kalteva pilvirintama) – tähtien ja maavalojen sekoittaminen – musta-aukko -lähestyminen

(jatkuu)

TAULUKKO 6. (jatkuu)

TNO:n havainnollistukset	Tasapainoaistin harhat: – somatograavinen aistiharha (3D-tuoli) – vektio (3D-tuoli) Näköharhat: – kallisteleva huone

(Roland Beekmann 2005.)

Pimeänäkökoulutus perusasentotajukoulutuspaketin lisäksi

TAULUKKO 7. Pimeänäkökoulutus perusasentotajukoulutuspaketin lisäksi

Pimeänäköteoriaa	Pimeänäön perusteet, rajoittuneisuus, illuusiot
TNO:n havainnollistukset	Pimeänäköhavainnollistukset NVG-laitteilla (NVG-laboratoriossa)
RNLAF:n havainnollistukset	Pimeänäköhavainnollistukset NVG-maastomalleilla

(Roland Beekmann 2005.)

NVG-maastomalleilla suoritettavassa koulutuksessa (Terrain Model Board Training) ohjaajat katsovat pimeänäkölasien läpi maastoa kuvaavaa pienoismalliympäristöä. Havainnollistuksen avulla oppilaille luodaan erilaisia pimeänäköympäristöjä. NVG-maastomallien avulla voidaan tehokkaasti yhdistää NVG-teoriaopetus käytäntöön havainnollistavien esimerkkien kautta. NVG-maastomallien havainnollistuksissa voidaan kuvata oppilaille mm. kuun ja maavalojen merkitys NVG-näkymään, tarkan näkemisen heikkeneminen ja sävykkyyden (kontrasti) vaihtelu pimeänäköympäristön muutoksissa jne.

Perusasentotajukoulutuspaketin mukaiset havainnollistukset kahdeksalle ohjaajalle pystyttäisiin toteuttamaan päivässä. Pimeänäkökoulutuksen liittäminen osaksi asentotajukoulutusta vaatisi puoli päivää lisää. Kadettikurssin (noin 15 henkilöä) kokoiselle joukolle toteutettava asentotajukoulutus pimeänäköosuuden kanssa vaatisi siis kolme päivää. Pakettiin on koottu RNLAF:n ja TNO:n asentotajuasiantuntijoiden mielestä sopiva, toteuttamiskelpoinen ja oleel-

lisimpiin havainnollistuksiin pohjautuva asentotajukoulutus. Koulutuspaketin sisältöön voisi vaikuttaa myös hyvin paljon tilaaja.

Koulutuspaketti vaikuttaa varsin kattavalta. Hyvä teorialuento asentotajuasioista aluksi olisi erittäin tarpeellinen (vaikka se olisikin kertaava). Teorian yhdistäminen käytäntöön onnistuisi hyvin TNO:n tiloissa yksinkertaisilla havainnollistuksilla. Lopuksi kun aistiharhojen syntymekanismit olisivat hyvin tiedossa, olisi hedelmällistä liittää aistiharhat lentoympäristöön DISO:ssa suoritettavilla havainnollistuksilla. Tutkimuksen tekijän mielestä on vaikeaa yhdistää aistiharhat ja niiden syntymekanismit lentoympäristöön ilman varsinaisia asentotajusimulaattorilla suoritettavia havainnollistuksia.

Suomen ilmavoimien asentotajukoulutuksen järjestäminen ulkomailla olisi tietysti jonkin verran kalliimpaa kuin kotimaassa. Itse asentotajusimulaattorin pyörittäminen ei ole kovin kallista verrattuna esimerkiksi sentrifugin pyörittämiseen. Israelin ilmavoimat maksoivat asentotajusimulaattorikoulutuksesta 247€/hlö/päivä. 15 kadetin suuruisen joukon pelkkä DISO-simulaattorikoulutus tulisi siis maksamaan noin 3700€. Kuluja kasvattaisi jonkin verran sekä TNO:n asentotaju- että pimeänäkökoulutus. Matkan kokonaiskulujen laskemiseen tarvitaan tiedot lentojen hinnoista, majoittumisesta, ruokailuista sekä ulkomaanpäivärahoista. Asentotajukoulutus ulkomailla olisi kuitenkin moninkertaisesti hintansa väärti, mikäli sen avulla voitaisiin estää yksikin lento-onnettomuus. (Liitteessä 5 on alkuperäinen TNO:n ja RNLAF:n asentotajuasiantuntijoiden lähettämä asentotajukoulutusehdotus Suomen ilmavoimille).

Tutkimuksen tekijä on kokenut suurimman osan TNO:n ja RNLAF:n asentotajukoulutusehdotukseen (pl. pimeänäkökoulutus) sisältyvistä aistiharhojen havainnollistuksista. Kokemukset on luettavissa liitteestä 4. Suomen ilmavoimien kannattaisi panostaa asentotajukoulutuksen kehittämiseen. Lentokadettien koulutukseen tulee liittää vähintään kotimaassa järjestettävä asentotajukoulutus. Pienikin ohjaajien asentotajutietoisuuden parantaminen ja aistiharhojen havainnollistaminen luovat turvallisempaa lentoympäristöä.

Liittyminen European Air Group:iin

European Air Group (EAG) on Euroopan maiden yhteinen järjestö, jonka tavoitteena on parantaa jäsenmaidensa operatiivista kykyä toimia yhteisoperaatioissa. Järjestö sai alkunsa Iso-Britannian ja Ranskan vuonna 1995 julistamasta sopimuksesta, jonka tavoitteena oli lisätä yhteistyökykyisyyttä maiden yhteisissä ilmaoperaatioissa. Tuolloin järjestön nimi oli Franco-British European Air Group (FBEAG). Myöhemmin Italia, Saksa, Belgia, Alankomaat ja Espanja liittyivät järjestön jäseniksi ja sen nimi muutettiin European Air Group:ksi. (European Air Group 2006.)

EAG:n tavoitteena on tehdä yhteistyötä mm. ohjaajille annettavan ilmailufysiologian koulutuksen parissa. Yhteisen koulutuksen etuna on se, että kaikkien maiden ei tarvitse ostaa kaikkia ilmailufysiologiseen koulutukseen tarvittavaa kalustoa. Tavoitteena on se, että jokin maa tarjoaa muille maille esimerkiksi sentrifugi-koulutusta, jokin toinen maa asentotajukoulutusta ja jokin kolmas maa esim. pimeänäkökoulutusta. Kun jokin maa tarjoaa muille maille jotakin ilmailuun liittyvää koulutusta, niin se saa vastaavasti lähettää omia ohjaajiaan toiseen maahan johonkin muuhun ilmailuun liittyvään koulutukseen.

EAG:n tavoitteena on, että koulutusta ei tarvitsisi ostaa eri mailta, vaan että valuuttana käytettäisiin esimerkiksi ”yksi tunti sentrifugissa”. Sen voisi vaihtaa esim. kahteen tuntiin asentotajukoulutusta. Hieman pidemmän tähtäimen ratkaisu Suomen ilmavoimien asentotajukoulutuksen toteuttamiseksi voisi olla liittyminen EAG:iin. Se avaisi mahdollisuuksia saada muutakin tasokasta ilmailufysiologista koulutusta muissa Euroopan maissa. Tietenkin Suomella tulee olla tarjottavaa EAG:lle vastavuoroisesti. Näitä voisivat olla esimerkiksi hypoksia- tai pelastautumiskoulutus.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa pyrittiin vastaamaan seuraaviin tutkimusongelmiin:

Miten asentotajun säilyttämistä vaativissa olosuhteissa voidaan harjoitella?
Millaisia tuloksia asentotajukoulutuksella on saavutettu?
Miten ja millaisella koulutusohjelmalla Suomen ilmavoimien tulisi aloittaa asentotajukoulutus?

Tässä luvussa on pohdittu mm. miten ja millaisia vastauksia tutkimusongelmiin löydettiin, millaisia uusia tuloksia tutkimus tuotti, miten tutkimusmenetelmä sopi tutkittavaan aiheeseen sekä miten tutkimustuloksia voidaan hyödyntää.

5.1. Tulokset

Tutkimuksen alussa pyrittiin selvittämään miten asentotaju muodostuu ja mikä on eri aistien rooli asentotajun hallinnassa. Tutkimus osoitti näköaistin tärkeyden asentotajun hallinnassa. Asentotajun säilyttäminen on melko helppoa silloin, kun on saatavilla näköaistin tuottamaa informaatiota. Mikäli joudutaan sellaisiin olosuhteisiin, missä joudutaan näköaistin tuottaman informaation sijasta muodostamaan asentotaju tasapaino- ja asentoaistin tuottaman tiedon pohjalta, ollaan paljon alttiimpia asentotajun menettämiselle. Tutkimus osoitti, että mittariluottamuksen oppiminen on erittäin tärkeää lennettäessä näköaistin toimintaa rajoittavissa olosuhteissa.

Tutkimuksessa selvitettiin myös asentotajun menettämiseen johtavia tekijöitä. Näkö- ja tasapainoelimen aistiharhat ovat yleisin syy ohjaajan asentotajun menettämiseen. Aistiharhoja syntyy ihmisen aistijärjestelmien rajoittuneisuuden vuoksi. Ihmisen aistit toimivat maassa hyvin, mutta ilmassa niiden toiminta on hyvin rajoittunutta. Tutkimuksessa kuvattiin näkö- ja tasapainoaistin harhojen syntymekanismeja. Niiden yhteydessä pyrittiin tutkijan omien kokemusten ja havaintojen kautta laajentamaan aistiharhojen teoriaa lähemmäksi lentoympäristöä.

Tutkimusongelmiin vastaaminen

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten asentotajun säilyttämistä vaativissa olosuhteissa voidaan harjoitella. Tutkimuksessa löydettiin tähän ongelmaan useita vastauksia. Asentotajun säilyttämistä vaativissa olosuhteissa harjoitellaan asentotajukoulutuksen avulla. Koulutus koostuu yleensä teoriakoulutuksesta, aistiharhojen havainnollistamisen koulutuksesta ja aistiharhoista selviytymisen koulutuksesta. Aistiharhoja havainnollistetaan mm. asentotajusimulaattoreilla, erilaisilla pyöritystuoleilla ja monilla muilla näkö- ja tasapainoharhojen kuvaamiseen soveltuvilla laitteilla.

Tutkimuksessa ilmeni, että asentotajusimulaattoreiden avulla voidaan havainnollistaa lähes kaikki näkö- ja tasapainoaistin aiheuttamat illuusiot. Simulaattoreiden avulla suoritettavat havainnollistukset ovat tehokkaita, sillä niiden avulla voidaan ohjaaja tuoda lähelle oikeata lentoympäristöä. Pyöritystuolien, 3D -tuolien, kallistelevien huoneiden ym. laitteiden avulla voidaan havainnollistaa myös joitakin aistiharhoja. Tällaisilla yksinkertaisilla laitteilla suoritettavat havainnollistukset auttavat ohjaajaa ymmärtämään aistiharhojen syntymekanismit paremmin.

Tutkimuksen tekijän mielestä asentotajukoulutuksessa päästään parhaimpiin tuloksiin simulaattorikoulutuksen ja muiden aistiharhojen kuvaamiseen soveltuvien laitteiden avulla suoritettavan koulutuksen sopivalla yhteistyöllä. Ohjaajien olisi hyvä saada perusteellinen aistiharhojen syntymekanismeja havainnollistava aistiharhojen koulutus perinteisillä koulutusvälineillä (pyöritystuoli, kallisteleva huone ym.) ja sen jälkeen todellinen lentämiseen liittyvä aistiharhojen koulutus jollakin asentotajusimulaattorilla. Tällöin voidaan opetella oikeita toimintatapoja asentotajun uudelleen saavuttamiseksi turvallisesti.

Tutkimuksessa tutustuttiin Alankomaiden ja Iso-Britannian ilmavoimien asentotajukoulutukseen. RNLAF:n asentotajukoulutus haluttiin ottaa tutkimuksen kohteeksi, sillä RNLAF on suunnilleen Suomen ilmavoimien suuruinen ilmavoima. Iso-Britannian asentotajukoulutus otettiin tutkimuksessa pohdintaan sen vuoksi, että se antaisi laajemman kuvan myös hieman suuremman ilmavoiman asentotajukoulutuksesta. RNLAF:n ja RAF:n asentotajukoulutuksiin tutustuminen auttoi vastaamaan tutkimuksen pääongelmaan paremmin. Varsinkin RNLAF:n asentotajukoulutuksesta saatiin hyvin laaja käsitys nykyaikaisesta asentotajukoulutuksesta ja se oli helpottamassa Suomen ilmavoimien asentotajukoulutus-vaihtoehtojen suunnittelua.

Tutkimuksen alaongelmaan (millaisia tuloksia asentotajukoulutuksella on saavutettu?) pyrittiin hakemaan vastauksia aikaisemmista tutkimuksista. Tutkimuksen alussa on esitelty muutamia aikaisempia tutkimuksia, mitkä käsittelevät asentotajukoulutuksen hyödyllisyyttä. Varsinkin Braithwaiten vuonna 1992 tekemän tutkimuksen mukaan asentotajukoulutuksella on selkeästi ollut merkitystä asentotajun menettämisestä johtuvien helikopterionnettomuuksien vähenemisessä. (Braithwaite 1997, 342.) Kalluksen ja Tropperin vuonna 2002 tekemän DISO -simulaattoritutkimuksen mukaan asentotajukoulutuksen avulla voidaan parantaa asentotajun hallintaa. Tutkimusta pohdittiin hieman tarkemmin tässä tutkimuksessa, sillä se vastaa erittäin hyvin tämän tutkimuksen ensimmäiseen alaongelmaan. Kalluksen ja Tropperin (2002) tutkimus osoitti, että asentotajukoulutuksen avulla voidaan pienentää ohjaajien aistiharhoista selviytymiseen käytettävää reaktioaikaa ja edesauttaa ohjaajia selviytymään aistiharhoista paremmin (Kallus & Tropper 2002). Viimeisen 15 vuoden aikana Suomessa tapahtuneissa sotilasilmailun onnettomuuksissa (HW-onnettomuus Siikaisissa vuonna 2004 sekä MG-onnettomuus Tammisaaressa vuonna 1992) oli kyse tilanteesta, jossa matalasuunnistuslennolla käytetyn alhaisen lentokorkeuden vuoksi ei aistiharhoista selviytymiseen ollut paljoa aikaa käytettävissä. Juuri tällaisten tilanteiden vuoksi on erittäin tärkeää, että aistiharhoista selviytymiseen käytettävä reaktioaika on minimaalinen.

Tutkimuksessa pyrittiin saamaan selville myös RAF:n ja RNLAF:n asentotajukoulutusten hyödyllisyys. Sitä oli kuitenkin hyvin vaikeaa arvioida, sillä kummatkaan ilmavoimat eivät ole järjestäneet asentotajukoulutuksen hyödyllisyyttä mittaavaa tutkimusta. Molemmat ilmavoimat ovat sen sijaan hyvin vakuuttuneita asentotajukoulutuksen tarpeellisuudesta omien kokemusten, haastatteluiden ja saamansa palautteen perusteella.

Tutkimuksen toiseen alaongelmaan (miten ja millaisella koulutusohjelmalla Suomen ilmavoimien tulisi aloittaa asentotajukoulutus?) pyrittiin hakemaan vastauksia sekä ilmailufysiologian teoriasta että muiden maiden ilmavoimien asentotajukoulutuksista. Tutkimuksen luvussa neljä on pyritty vastaamaan tutkimuksen alaongelmaan tuomalla esille muutamia vaihtoehtoja Suomen ilmavoimien asentotajukoulutuspaketiksi. Näistä ensimmäisenä on täysin toteuttamiskelpoinen yksinkertainen asentotajukoulutusvaihtoehto kotimaassa, mikä mahdollistaisi teoriakoulutuksen lisäksi joidenkin aistiharhojen havainnollistamisen käytettävissä olevilla laitteilla. Koulutus voitaisiin toteuttaa esim. uudessa valintakeskuksessa (AMC).

Tutkimuksessa esille tullut toinen asentotajukoulutusvaihtoehto sisälsi ehdotuksen ulkomailla järjestettävästä asentotajukoulutuksesta. Tämä vaihtoehto olisi jonkin verran kalliimpi verrattuna ensimmäiseen vaihtoehtoon. Tutkimuksen tekijän mielestä se kuitenkin antaisi ohjaajille

huomattavasti paremmat edellytykset tunnistaa, kohdata ja selviytyä aistiharhoista. Kolmas vaihtoehto, tai lähinnä suuntaa antava ehdotus, on Suomen ilmavoimien liittyminen Euroopan ilmavoimien yhteiseen järjestöön European Air Groupiin. Tämä vaihtoehto on luultavimmin kaikkein hankalin toteuttaa, eikä se tuo välitöntä ratkaisua asentotajukoulutukseen.

Miten Suomen ilmavoimien tulisi aloittaa asentotajukoulutus? Tutkimuksen tekijän vastaus kysymykseen on se, että ohjaajat kannattaisi ehdottomasti lähettää ulkomaille asentotajukoulutukseen. Tällä varmistettaisiin ammattitaitoinen ja nykyaikainen asentotajukoulutus sellaisilla laitteilla, mitkä on tarkoin suunniteltu asentotajukoulutukseen. Asentotajukoulutus tulisi järjestää ohjaajille kadettikurssin aikana. Tällöin helikopterilinjalle valitut kadetit saisivat myös asentotajukoulutuksen. Asentotajuongelma ei ole koske pelkästään ilmavoimia. Kuten aiemmin on todettu, ovat helikopterilentäjät suurimmassa vaarassa kohdata asentotajusta johtuvia onnettomuuksia. Kaikille maavoimien ja rajavartiolaitoksen helikopterilentäjille tulisi myös järjestää asentotajukoulutus.

Tutkimuksen tuottamat uudet tulokset

Tutkimus ei niinkään tuottanut kansainvälisellä tasolla uusia tuloksia. Sen sijaan tutkimuksen tekijän vierailu Alankomaissa ja Iso-Britannian ilmavoimien asentotajukoulutukseen tutustuminen lisäsivät asentotajutietoutta kotimaisella tasolla. Varsinkin Alankomaista saadut kokemukset toivat tutkimuksen tekijän mielestä lisäarvoa tutkimukseen. Alankomaiden ilmavoimien asentotajukoulutusta kuvaavassa osiossa pyrittiin selvittämään tarkoin millainen RNLAF:n asentotajukoulutus on, missä koulutusvaiheessa sitä annetaan sekä minkälaisin menetelmin ja laittein koulutusta annetaan. Tämä auttoi tutkijaa kehittämään Suomen ilmavoimien asentotajukoulutusvaihtoehtoja. Niitä mietittäessä tutkimuksen tekijälle syntyi muutamia uusia ideoita, miten Suomessa olevilla, muuhun kuin asentotajukoulutukseen tarkoitetuilla laitteilla voitaisiin havainnollistaa aistiharhoja. Suomen ilmavoimien asentotajukoulutusvaihtoehtojen pohtiminen tuotti tutkimuksen tekijän mielestä uutta tietoutta tutkittavalla alueella.

Tutkimuksessa otettiin selvää eri instanssien asentotajukoulutukselle asetetuista vaatimuksista. Niiden selvittämisellä haluttiin antaa näkemys siitä, mitkä ovat vähimmäisvaatimuksia, joita asentotajukoulutukselta vaaditaan. Asentotajukoulutus-vaatimusten tutkimisen kautta haluttiin lisäksi saada selville, mikä on asentotajukoulutuksessa oleellisinta. Tutkimuksessa koottiin asentotajun muodostumisen ja aistiharhojen teoriaa eri kirjallisuuslähteistä ja pyrittiin elävöittämään sitä tutkimuksen tekijän omien kokemusten ja havaintojen kautta. Tutkimuksen tekijä on yrittänyt havainnollistaa aistiharhojen teoriaa myös esimerkeillä. Eri aistien toiminta ja aistiharhojen kuvaaminen pyrittiin toteuttamaan ohjaajan näkökulmasta. Aikaisempien tut-

kimusten pohtiminen lisäsi myös jonkin verran tietoutta asentotajukoulutuksen hyödyllisyyden arvioinnissa. Tutkimuksessa esiteltiin muutamia tutkimuksia, joiden perusteella voidaan olettaa asentotajukoulutuksen olevan hyödyllistä lentoturvallisuuden ja tehtävätehokkuuden kannalta.

5.2. Tarkastelu

Luotettavuuden arviointi

Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta on varsin vaikea arvioida määrälliseen tutkimukseen verrattuna. Tämän tutkimuksen tulosten toistettavuus (reliaabelius) on hankala todentaa. Tulokset perustuvat kirjallisuuden ja aikaisempien tutkimusten lisäksi tutkijan omiin näkemyksiin, kokemuksiin ja havaintoihin. Tulokset eivät ole syntyneet joidenkin välittömien mittausten pohjalta. Tutkimuksen tuloksena voidaan kuitenkin pitää tutkijan omia havaintoja aistiharhoja kuvaavista laitteista. Nämä aistiharhat voidaan toistaa ihmiseltä toiselle yhä uudelleen.

Toinen luotettavuuden arviointiin liittyvä käsite on pätevyys (validius). ”Validius merkitsee kuvauksen ja siihen liitettyjen selitysten ja tulkintojen yhteensopivuutta” (Hirsjärvi ym. 2003, 214). Tässä tutkimuksessa kuvauksena voidaan pitää esimerkiksi tiettyä aistiharhaa kuvaavaa ilmiötä ja selityksenä ovat tutkijan omat näkemykset ja johtopäätökset ilmiöstä. Tutkimuksen tekijä uskoo tehneensä oikeita johtopäätöksiä tutkimuksessa esiintyvien aistiharhojen ym. kuvauksista. Hän on pyrkinyt varmistamaan illuusioita kuvaavien selitysten luotettavuuden mm. kirjallisuuslähteiden avulla.

Tutkimuksen luotettavuutta on pyritty parantamaan useamman lähteen samanaikaisen tarkastelun (triangulaation) avulla. Tutkittava aihe on mahdollistanut ilmiöiden todellisuuden varmistamisen useista eri lähteistä. Tutkimuksen luotettavuuden parantamiseksi on pyritty alkuperäislähteille. Kirjoitetun tiedon tukena on käytetty asiantuntijoiden antamia kommentteja.

Tutkimuksessa on haettu vastauksia asetettuihin tutkimusongelmiin mm. aikaisempien tutkimusten pohjalta. Aikaisemmista tutkimuksista on pyritty valitsemaan sellaiset, mitkä vaikuttavat luotettavilta. Tutkimuksessa tarkasteltua Kalluksen ja Tropperin (2002) tekemän DISO -tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa täytyy olla kriittinen, sillä tutkimus tehtiin yhteistyössä DISO -laitevalmistajan kanssa. Laitevalmistaja haluaisi saada mahdollisimman positiivisen tutkimustuloksen, jotta se olisi tukemassa DISO -asentotajusimulaattorin myyntiä. Kal-

luksen ja Tropperin (2002) tekemä tutkimus on luultavimmin toistettavissa ja tarkempi tutustuminen tutkimukseen antoi käsityksen, että se on todennäköisesti luotettava.

Tutkimuksessa käytetyistä lähteistä suurin osa on englanninkielisiä. Tutkimuksen tekijä on suomentanut tekstin, joten suomentamisen yhteydessä on voinut tulla joitakin virheitä. Lähteiden oikeellisuuden tarkistamiseksi on tutkimuksessa pyritty lisäämään lähdeviitteisiin sivunumerot, jotka helpottavat alkuperäisen tekstin löytämistä. Jotta tutkimus antaisi mahdollisimman laajan kuvan tutkittavasta aiheesta, on siinä jouduttu käyttämään jonkin verran internet-lähteitä. Internet-lähteitä käytettäessä on oltava hyvin lähdekriittinen, sillä internetiin voi kuka tahansa kirjoittaa mitä tahansa. Internet-lähteitä käytettäessä on pyritty valitsemaan suurten tunnustettujen organisaatioiden (U S Army, U S Air Force ym.) internet-sivuilta löydettyjä kirjoituksia tutkittavasta aiheesta. Tässä tutkimuksessa on pidetty luotettavina internet-lähteinä myös arvostettujen asentotajututkijoiden kirjoittamia raportteja.

Pohdintaa

Tutkimuksen päätarkoitus oli selvittää voidaanko asentotajun hallintaa kehittää asentotajukoulutuksella. Lisäksi haluttiin saada selville millainen asentotajukoulutus olisi tarpeellinen Suomen ilmavoimille. Tutkimuksen päätulos on, että asentotajun hallintaa voitaneen kehittää asentotajukoulutuksen avulla. Tutkimuksessa on esitelty asentotajukoulutusmenetelmiä ja pyritty niiden pohjalta rakentamaan Suomen ilmavoimille asentotajukoulutuspaketti.

Tutkimuksessa onnistuttiin tutkimuksen tekijän mielestä ratkaisemaan esille tulleet ongelmat hyvin. Tutkimuksen aikana ongelmaksi oli muodostua Suomen ilmavoimien asentotajukoulutusvaihtoehtojen luominen. Tämä ongelma ratkesi, kun tutkimuksen tekijä sai mahdollisuuden tutustua Alankomaiden ilmavoimien asentotajukoulutukseen tarkemmin. Vierailu Alankomaissa tuotti paljon uusia ideoita Suomen ilmavoimien asentotajukoulutuksen kehittämiseksi.

Tutkimuksessa käytetty menetelmä sopi tutkimuksen tekijän mielestä erittäin hyvin tutkimukseen. Tutkittava aihe on melko uusi kansallisella tasolla, joten tutkimuksen tekijän mielestä ei ollut tarkoituksenmukaista pyrkiä kokoamaan itse uutta aineistoa aiheesta esimerkiksi joidenkin mittausten avulla. Tämän sijaan hän päätti tukeutua valmiisiin dokumentteihin ja pyrki sitä kautta selvittämään, mitä tuloksia muut ovat saaneet tutkittavasta aiheesta. Dokumenttianalyysi tutkimusmenetelmänä ei asettanut mitään rajoituksia saatavilla olevan aineiston tutkimiseen. Tutkittavalla aiheella on liittymäpintoja moneen osa-alueeseen, joten laaja dokumenttien tutkiminen auttoi tutkijaa saamaan haluamansa tiedon selville.

Tutkimus lisäsi jonkin verran tietoa tutkittavalla alueella. Suomen ilmavoimilla ei tällä hetkellä ole varsinaista asentotajukoulutusta, joten tutkimus luultavimmin tuotti näkökulmia uuden asentotajukoulutuksen suunnittelemiseen. Varsinkin Suomen ilmavoimien asentotajukoulutusosiota voitaneen hyödyntää siten, että ehdotuksia pidetään pohjatyönä Suomen ilmavoimine asentotajukoulutusta suunnitellessa. Tutkimuksen merkitystä on vaikea arvioida. Se riippuu hyvin paljon siitä, aiotaanko Suomen ilmavoimissa panostaa aistiharhoja havainnollistavaan ohjaajien asentotajukoulutukseen. Mikäli näin tehdään, on tutkimuksella luultavasti merkitystä asentotajukoulutuksen suunnittelussa. Tutkimus tuo uusia ideoita, vaihtoehtoja, näkökulmia ja kokemuksia käsiteltävään aiheeseen. Tutkimusta voitaneen pitää asentotajukoulutuksen perustutkimuksena, jonka pohjalta voidaan tehdä perusteellisempia jatkotutkimuksia.

Tutkimus tuotti hyviä jatkotutkimusehdotuksia. Olisi hyvin mielenkiintoista saada tietää tutkimuksessa esitettyjen aistiharhojen havainnollistamiseen soveltuvien laitteiden (asentotajukoulutus kotimaassa –osion laitteet) hyödyllisyys asentotajun hallinnassa. Jatkotutkimus voitaisiin keskittää testaamaan aistiharhojen kuvaamiseen soveltuvien laitteiden toimivuutta asentotajukoulutuksen osana. Toinen jatkotutkimus voisi olla ohjaajille tehtävä kyselytutkimus, minkä tavoitteena olisi selvittää, mitä aistiharhoja he ovat kokeneet ja missä tilanteissa. Tämän tiedon pohjalta voitaisiin asentotajukoulutuksessa paremmin painottaa asentotajun säilyttämisen kannalta tärkeitä asioita. Yksi mielenkiintoinen jatkotutkimuksen kohde olisi myös se, että miten Suomen ilmavoimissa voitaisiin toteuttaa asentotajukoulutus oikealla lentokoneella.

TAULUKOT JA KUVIOT

TAULUKKO 1 Asentotajun menetykseen johtavat tekijät (Vapaavuori & Sorsa. 2005, 50).

TAULUKKO 2 Simulaattorilennot (Kallus & Tropper 2002).

TAULUKKO 3 ASCC:n asentotajukoulutusta koskevan asiakirjan luento-vaatimukset (ASCC Air Standard 61/117/1 1997, 9).

TAULUKKO 4 ASCC:n asentotajuasiakirjan vähimmäisvaatimukset lennolla tapahtuvalle asentotajukoulutukselle (ASCC Air Standard 61/117/1 1997, 10).

TAULUKKO 5 RNLAF:n pimeänäkökoulutuksen viisi eri testiä (Groen, Graaf, Bles, Bos & Kooi 2002, 7).

TAULUKKO 6 RNLAF:n ja TNO:n asentotajuasiantuntijoiden suunnittelema asentototajukoulutusvaihtoehto Suomen ilmavoimille (Roland Beekmann 2005).

TAULUKKO 7 Pimeänäkökoulutus perusasentotajukoulutuspaketin lisäksi (Roland Beekmann 2005).

KUVIO 1 Tutkimuksen viitekehys

KUVIO 2 Sotilaan toimintakyvyn osa-alueet (Toiskallio 1998a, 27).

KUVIO 3 Asentotajun muodostuminen (muokattu lähteestä Lahin 2004).

KUVIO 4 Sisäkorvan asentoreseptori (Antuñano 2003).

KUVIO 5 Sisäkorvan kaarikäytävä (Antuñano 2003).

KUVIO 6 Asentotajun muodostuminen (muokattu lähteestä Cheung. s.2).

KUVIO 7 HW -osastolentoa (Harri Koskinen 2004).

KUVIO 8 Perspektiiviharha lähestymisessä (Lahin 2004).

KUVIO 9 Kalteva pilvirintama (Harald Edens 2005).

KUVIO 10 Näköharha yöllä (Lahin 2004).

KUVIO 11 Autokinesis-ilmiö (Lahin 2004).

KUVIO 12 Musta-aukko-lähestyminen (Lahin 2004).

KUVIO 13 Varjokato

KUVIO 14 Aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä (Antuñano 2003).

KUVIO 15 Hautausmaakierre (Antuñano 2003).

KUVIO 16 Hautausmaaspiraali (Antuñano 2003).

KUVIO 17 Coriolis-ilmiö (Antuñano 2003).

KUVIO 18 Inversioharha (Antuñano 2003).

KUVIO 19 Ylösalaisin lentämisen aistiharha (Danish Aviation Photo 2005).

KUVIO 20 US Air Forcen vuosina 1988 - 1997 asentotajusta johtuneiden onnettomuuksien jako kolmeen pääryhmään (Baker 1998, 8).

KUVIO 21 Jättiläiskäsi-ilmiö (Heinle & Ercoline 2002).

KUVIO 22 ETC:n valmistama Gyrolab GL-1500 -asentotajusimulaattori (ETC 2005).

KUVIO 23 Tavanomainen potkurikoneen ohjaamo (Luiz Tena Orozco 2003).

KUVIO 24 F-18 Hornetin ohjaamo (Javier F. Bobadilla 2003).

KUVIO 25 AMST:n valmistama asentotajusimulaattori (Jari Sorvari 2005).

KUVIO 26 DISO-asentotajusimulaattorin valvontapöytä (Jari Sorvari 2005).

KUVIO 27 Vaikea lähestyminen yöllä –testi (Kallus & Tropper 2002).

KUVIO 28 Epätavallisista lentotiloista oikaisu –testi (Kallus & Tropper 2002).

KUVIO 29 Epätavallisista lentotiloista oikaisuihin kulunut aika (Kallus & Tropper 2002).

KUVIO 30 3-D rotating chair, “yaw mode” (Jari Sorvari 2005).

KUVIO 31 3-D rotating chair, ”roll mode” (TNO 2005).

KUVIO 32 Barany chair (TNO 2005).

KUVIO 33 Kallisteleva huone (TNO 2005).

KUVIO 34 Pistekuvioinen kupoli (Jari Sorvari 2005).

KUVIO 35 RNLAF:n pimeänäkökoulutus (TNO 2005).

KUVIO 36 F4949-pimeänäkölasit (ebay).

KUVIO 37 Alankomaiden ilmavoimien (RNLAF) hävittäjäohjaajien asentotajukoulutuksen ajoittuminen eri koulutusvaiheisiin

KUVIO 38 DESDEMONA (TNO 2005).

KUVIO 39 Optinen illuusio

KUVIO 40 Aerotrim® (Idee-show 2005).

KUVIO 41 Smart Balance Master® -järjestelmä (Neurocom 2006).

LÄHTEET

1. JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET

ASCC 1997. Air Standard 61/117/1.

BAe Hawk Mk. 51 Ohjaajan ohje 2005. Osa 2:lentäminen. Ilmavoimien esikunta, Operatiivinen osasto.

Groen E., Graaf B, Bles W., Bos J. & Kooi F. 2002. Spatial disorientation demonstration in the Netherlands. TNO Human Factors.

HW-355:n ja -334:n vaaratilanne Kauhavalla 17.12.2004. Tutkintapöytäkirja ja –raportti. 2005. Tikkakoski: Ilmavoimien esikunta

HW1-lentokoulutusohjelma 2005. Suomen ilmavoimat.

Kallus K. W. & Tropper K. 2002. Flight Performance and Psychophysiological Changes during Flight Simulator Training-sessions.

Lahin T. 2004. Asentotaju. Suomen ilmavoimien asentotajukoulutuksen luentomateriaali.

MG-128:n lento-onnettomuuden tutkintapöytäkirjan tutkimusselostus. 1992. Tikkakoski: Ilmavoimien esikunta.

NATO STANAG 3114 – Aeromedical Training of Flight Personnel. 2003.

2. JULKAISTUT LÄHTEET

Aeromedical training for flight personnel. 2003. Spatial Disorientation. U.S.Army. Saatavana www-muodossa http://www.transglobal-aerospace.co.uk/aeromedical/ch9.htm (Tulostettu 16.9.2004).

Ahonen J., Lahtinen T., Sandström M., Pogliani G. & Wirhed R. 1995. Kehon rakenne, toiminta ja lihashuolto. 4. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino OY.

Anttila P. 1998. Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. Saatavana www-muodossa http://www.metodix.com. (Tulostettu 3.5.2005)

Antuñano M. J. 1992. Inflight Spatial Disorientation. Human Factors & Aviation Medicine. 39. (Jan-Feb).

Antuñano M. J. 2003. Spatial disorientation. Federal Aviation Administration. Civil Aerospace Medical Institute. Aerospace Medical Education Division. Oklahoma City. Saatavana www-muodossa http://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/SpatialD.pdf (Tulostettu 12.1.2006)

Baker M. 1998. Which Way Is Up? A Primer on Spatial Disorientation. Flying Safety Magazine. July 8-10.

Benson A. J. 1999. Spatial disorientation – general aspects. Teoksessa Ernsting J., Nicholson A. N. & Rainford D. J. (toim.) Aviation Medicine. 3. painos. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Bles W. & Graaf B. 2000. Spatial Disorientation Training Dynamic Flight Simulation. TNO Human Factors. Work environment. Saatavana www-muodossa http://www.tno.nl/defensie_en_veiligheid/documenten/2000wo3e.pdf (Tulostettu 22.11.2005)

Braithwaite M. G. 1997. The British Army Air Corps in-flight spatial disorientation demonstration sortie. Aviation Space, and Environmental Medicine. 68 (4) 342 - 345.

Braithwaite M. G., Douglass P. K., Durnford S. J. & Lucas G. 1998a. The hazard of spatial disorientation during helicopter Flight safety foundation flight using night vision devices. Aviation Space, and Environmental medicine. 69 (11), 1038 - 44.

Braithwaite M. G., Durnford S. J., Groh S. L., Jones H. D., Higdon A. A., Estrada A. & Alvarez E. A. 1998b. Flight simulator evaluation of a novel flight instrument display to minimize the risks of spatial disorientation. Aviation Space, and Environmental Medicine 69 (8), 733 - 42.

Bukhtiarov I. V., Vorobjov O. A., Khomenko M. N. & Ushakov I. B. 2004. The mechanism of spatial orientation in conditions of G-stress. The Journal of Gravitational Physiology. 11 (2), 17 - 20

Cheung B. Non-visual Spatial Orientation Mechanisms. Defence and Civil Institute of Environmental Medicine (DCIEM). Defence & Defence. Canada. Saatavana www-muodossa http://www.spatiald.wpafb.af.mil/MechanismsStudies/cheung.pdf (Tulostettu 17.9.2004).

Durnford S. J., Crowley J. S., Rosado N. R., Harper J. & DeRoche S. 1995. Spatial Disorientation: A survey of U. S. Army Helicopter Accidents 1987-1992. U. S. Army Aeromedical Research Laboratory. Saatavana www-muodossa http://www.usaarl.army.mil/TechReports/95-25.PDF (Tulostettu 16.1.2006)

Endsley M. R. 1995. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human Factors, 37 (1), 32-64.

European Air Group. 2006. History of the EAG. Saatavana www-muodossa http://www.euroairgroup.org/history.htm (Tulostettu 21.1.2006)

Ercoline W. R., Self B. P. & Matthews R. S. 2002. Effects of three helmet-mounted display symbologies on unusual attitude recognition and recovery. Aviation Space, and Environmental Medicine. 73 (11), 1053 - 58

Hannola H. 2005. Motorinen suorituskyky sotilaslentäjillä: Kaularangan ja vartalon maksimaalinen isometrinen voima, ryhti ja lihastasapaino, anaerobinen teho, aerobinen kunto, räjähtävä voima sekä Aerotrim® kuormituksen vaikutus seisomatasapainoon sotilaslentäjillä. Kuopion yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Lisensiaatintyö.

Heinle T. E. & Ercoline W. R. 2002. Spatial Disorientation - Understanding the three types of spatial disorientation will bring a quicker solution to the spatial disorientation phenomenon. Saatavana www-muodossa http://www.afrlhorizons.com/Briefs/Dec02/HE0210.html (Tulostettu 23.8.2005)

Helde K. 2002. Exploring a visual flow display to enhance spatial orientation during flight. University college of Skövde. Saatavana www-muodossa http://www.ida.his.se/ida/htbin/exjobb/2002/HS-IDA-EA-02-503 (Tulostettu 5.4.2004).

Hirsjärvi S., Remes P. & Sajavaara P. 2003. Tutki ja kirjoita. 6. painos. Vantaa: Dark Oy.

von Holfsten C. & Rosander K. 1997. Spatial desorientering i flygsituationen. HFA report 1997 - 04, Linköping University. Departement of Mechanical Engineering.

Holmes S. R., Bunting A., Brown D. L., Hiatt K. L., Braithwaite M. G. & Harrigan M. J. 2003. Survey of spatial disorientation in military pilots and navigators. Aviation Space, and Environmental Medicine. 74 (9), 957 - 65.

Flight safety foundation. 1997. Inadequate Visual References in Flight Pose Threat of Spatial Disorientation. Human Factors & Aviation Medicine 44 (6). (Nov – Dec).

Jia H. B., Yu L. S., Bi H. Z., Wang K. N., Liu Z. & Xie S. J. 2001. Ground simulation of the G-excess illusion. Space Medicine & Medical Engineering (Beijing). 14 (2), 88 - 91.

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

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

Leibowitz H. 1988. The human senses in flight. In: E. Wiener. & D. Nagel. (Eds.), Human factors in aviation. London: Academic Press

Leino T. 1999. Neuroendocrine responses to psychological workload of military flying. Oulun yliopisto. Acta Universitatis Ouluensis 566.

Lento-onnettomuus Pertunmaalla 23.2.2003. Tutkintaselostus. Onnettomuustutkintakeskus. Helsinki: Multiprint OY.

Metsämuuronen J. 2003. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Roscoe S. 1999. What killed JFK Jr? Flight Safety magazine, Nov - Dec, 22-29.

Self B. P., Breun M., Feldt B., Perry C., Ercoline M. S. 2003. Assessment of Pilot Performance Using a Moving Horizon (Inside-out), a Moving Aircraft (Outside-In), and an Arc-Seqmented Attitude Reference Display. United States Air Force Academy. Saatavana www-muodossa http://www.usafa.af.mil/df/dfem/research_info/biomech/Paper-30-Self.doc (Tulostettu 15.1.2006)

Spatial Disorientation Countermeasures. 2005. Spatial Disorientation in Flight. U S Air Force Research Laboratory. Saatavana www-muodossa http://www.spatiald.wpafb.af.mil/Overview.aspx (Tulostettu 10.1.2006)

Toiskallio J. 1998a. Sotilaspedagogiikan perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy

Toiskallio J. (toim.) 1998b. Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.

Tuomi J. & Sarajärvi A. 2004. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 3. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Vapaavuori E. & Sorsa M. 2005. Lentävä ihminen. Ilmailufysiologian ja –psykologian perusteet ilmailulupakirjoja varten. Helsinki: EDITA

Watson D. 1992. Visual Dominance Can Lead to Illusions and Disorientation. Civil Aviation Authority (CAA) Australia, Aviation Bulletin No.2

LIITTEET

Liite 1 Tutkimuksessa käytetyt lyhenteet

Liite 2 Kypäränäytöissä (HMD) käytetyt symbolit

Liite 3 Asentotajusimulaattori DISO:n tekniset parametrit

Liite 4 Tutkimuksen tekijän kokemuksia DISO –asentotajusimulaattorista

Liite 5 TNO:n ja RNLAF:n asentotajuasiantuntijoiden ehdotus Suomen ilmavoimien asentotajukoulutuspaketiksi

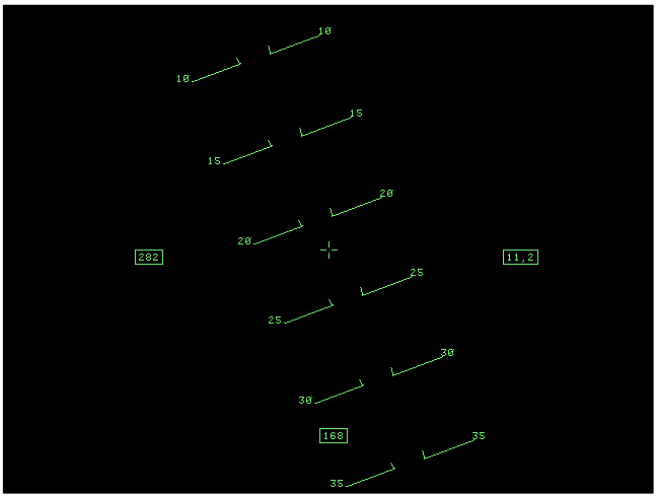
TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT LYHENTEET

ASMA	Aerospace Medical Association: kansainvälinen ilmailulääketiedettä tutkiva yhdistys
ASCC	Air Standardization Coordination Committee: eri maiden ilmavoimien toiminnan yhtenäistämiseen ja lentoturvallisuuden lisäämiseen tähtäävä komitea
AMST	Itävaltalainen asentotajusimulaattoreita valmistava yhtiö
DISO	Disorientation trainer: AMST:n valmistama asentotajusimulaattori
DOF	Degrees of freedom: vapausaste
EAG	European Air Group: Euroopan maiden ilmailujärjestö
EKG	Elektro-KardioGrafia: sydänsähkökäyrä (sydänfilmi)
FLIR	Forward looking infrared: lämpökuvauskamera
HMD	Helmet-mounted display: kypäränäyttö
HMCS	Helmet-mounted Cueing system: kypärätähtäin
HUD	Head-Up Display: ohjaajan silmien tasolla olevaan näyttölaitteeseen heijastettu näyttö
ILS	Instrument Landing System: suunta ja liukusäteeseen perustuva tarkka mittarilähestymismenetelmä
NASA	National Aeronautical and Space Administration
NATO	North Atlantic Treaty Organization: Pohjois-Atlantin liitto
NDB	Non-Directional Beacon: majakoihin perustuva mittarilähestymismenetelmä
NVD	Night Vision Devices: pimeänäkölaitteet
NVG	Night Vision Goggles: pimeänäkölasit
OTW	Out-the-window: simulaattorin näytön tyyppi
RAF	Royal Air Force: Iso-Britannian ilmavoimat
RNLAF	Royal Netherlands Air Force: Alankomaiden ilmavoimat
STANAG	Standard Agreement: Naton yhtenäistämisasiakirja
VOR/DME	VOR/Distance Measuring Equipment: VOR-majakkaan ja etäisyystietoon perustuva mittarilähestymismenetelmä
VTAS	Voice-throttle-and-stick: ääneen perustuva tilannetietoa parantava järjestelmä

KYPÄRÄNÄYTÖISSÄ (HMD) KÄYTETYT SYMBOLIT

MH-näyttö

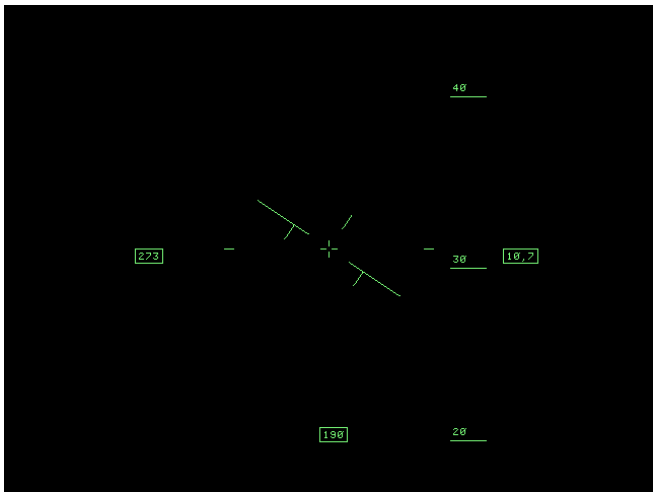
Perinteisessä MH-näytössä (moving horizon) on keinotekoinen liikkuva horisontti, joka on vaakatasossa silloin kun lentokone on vaakalennossa. Vasemmalle kaarrettaessa keinotekoinen horisontti kääntyy oikealle kuvaten todellisen horisontin suuntaa. MH-näytössä on kiinteä referenssipisteenä toimiva lentokone-symboli. Nousu- ja liukukulma on kuvattu MH-näytössä tyypillisesti pituuskallistusasteikon avulla.



KUVIO 42. MH-näyttö. Lentokone selkänousussa noin 150° kallistuneena vasemmalle.

MP-näyttö

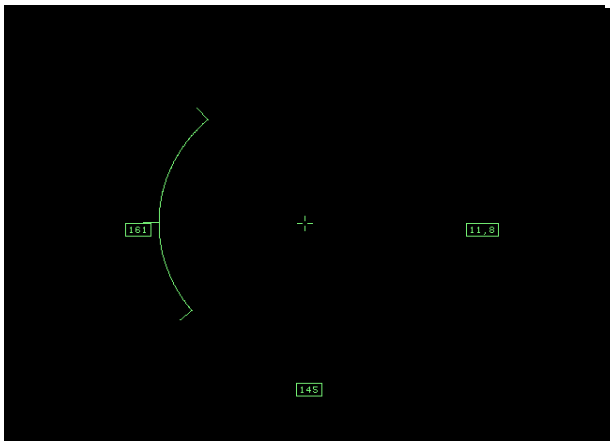
MP-näyttöjä (moving airplane) on hyvin usein venäläisvalmisteisissa lentokoneissa. MP-näytössä kallistusinformaatio kuvataan päinvastaisesti MH-näyttöön verrattuna. MP-näytössä horisontti pysyy paikallaan ja keskellä näyttöä oleva pienoislentokone kallistuu todellisen kallistuksen mukaisesti. MP-näytöissä on sivulla nousu- ja liukukulmaa kuvaava pituuskallistusasteikko.



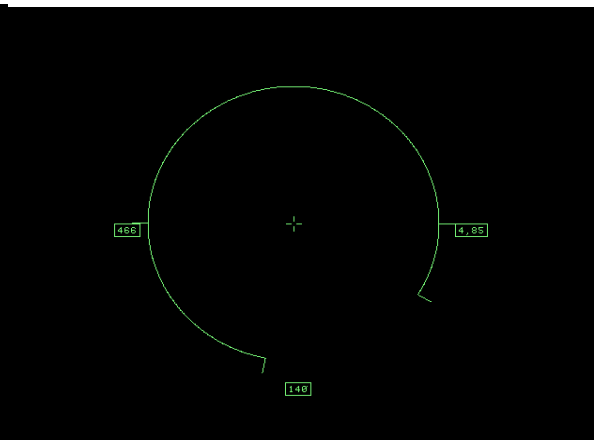
KUVIO 43. MP-näyttö. Lentokone oikeanpuoleisessa nousukaarrossa (n.30°)

GD-näyttö

GD-näytössä (grapefruit display) on lentokoneen asentoa kuvaava kaari, mikä vaihtaa asentoaan näytöllä lentokoneen kallistuksen mukaan. Kaaren pituus vaihtelee pituuskallistuksen mukaan. Lentokoneen nokkaa nostettaessa kaaren pituus lyhenee ja nokkaa laskettaessa kaaren pituus vastaavasti pitenee. Mikäli lentokone on täysin pystysuorassa nousussa, häviää kaari kokonaan. Täysin pystysuoraa syöksyä kuvaa näytölle muodostuva kokonainen ympyrä.



KUVIO 44. GD-näyttö. Lentokone nokka ylhäällä 90˚ vasemmalle kallistuneena.



KUVIO 45. GD-näyttö. Lentokone noin 135˚:n vasemmanpuoleisessa selkäsyöksyssä.

Lähde: Self B. P., Breun M., Feldt B., Perry C., Ercoline M. S. 2003.

ASENTOTAJUSIMULAATTORI DISO:N TEKNISET PARAMETRIT

	Liikkuvuus	**Nopeus**	**Kiihtyvyys**
pystysuunta	± 30º	20 º/s	150 º/s²
pituussuunta	± 30º	20 º/s	150 º/s²
sivusuunta	± 60º	20 º/s	150 º/s²
jatkuva sivusuunta	360º	150 º/s	15 º/s²
nousu (ylösalainen)	± 0.14 m	0.4 m/s	8 m/s²
syöksy	+ 0.32 / -0.27 m	0.4 m/s	8 m/s²
heilautus	± 0.28 m	0.4 m/s	8 m/s²

Lähde: AMST

TUTKIMUKSEN TEKIJÄN KOKEMUKSIA DISO –ASENTOTAJUSIMULAATTORISTA

Coriolis-ilmiö

Coriolis-ilmiöksi kutsutaan liike-elimen kaarikäytävien peräkkäisestä ärsytyksestä johtuvaa sekavaa harha-aistimusta. Jos ohjaaja kääntää päätä 90° kaartoon nähden, loppuu kaarron suunnassa olleen kaarikäytävän kulmakiihtyvyys ja syntyy vastakkaissuuntaisen liikkeen aistimus. Kaarron vaikutuksesta johtuva kiihdytysvoima vaikuttaa edelliseen kaarikäytävään kohtisuorassa olevaan kaarikäytävään ja syntyy oikea aistimus kaarrosta siinä tasossa, missä tämä kaarikäytävä on. Coriolis-ilmiö kuvattiin asentotajusimulaattorissa siten, että simulaattori asetettiin tasaiseen vaakakaartoon. Simulaattorissa esitettiin visuaalisesti koneen lentämistä vaakasuorassa, joten näköaistin tuottama informaatio poikkesi tasapainoaistin tuottamasta informaatiosta. Kaartoa jatkettiin niin pitkään, että sisäkorvan kaarikäytävän nesteet ehtivät tasaantua. Hetken kuluttua tutkimuksen tekijää pyydettiin kallistamaan päätä oikealle niin, että oikea korva koskettaa olkapäätä. Pään kallistaminen oikealle aiheutti välittömän, todella voimakkaan aistimuksen koneen nokan noususta. Aistiharha oli päinvastainen päätä kallistettaessa vasemmalle. Kun tutkimuksen tekijä kallisti päätä eteenpäin, sai hän välittömän aistimuksen koneen kallistumisesta oikealle. Aistiharha oli päinvastainen päätä kallistettaessa taaksepäin.

Kapea/leveä kiitotie

Kiitotie nähdään tietyn muotoisena vinoneliönä loppulähestymisen aikana. Kiitotien muoto muuttuu ohjaajan silmissä sen mukaan, miltä korkeudelta ja etäisyydeltä sitä katsotaan. Ohjaajilla on kokemuksen myötä syntynyt mielikuva oikeasta lähestymiskulmasta. Vaikka lähestymiskulma olisikin oikea, vaihtelee kiitoradan vinoneliö radan leveyden ja pituuden mukaan. Leveämpi kiitorata näyttää olevan lähempänä, kapeampi kauempana. Tutkimuksen tekijä sai kokeilla asentotajusimulaattorissa näkölähestymisiä sekä kapealle että leveälle kiitotielle. Oikean liukupolun arvioimista helpottavia PAPI-valoja ei ollut käytössä. Lähestyttäessä leveää kiitotietä oli hyvin vaikea arvioida oikeaa liukukulmaa. Lähestyminen suoritettiin huomatta-

vasti oikean liukupolun yläpuolelta ja lasku meni tällöin pitkäksi. Kapeaa kiitorataa lähestyttäessä oli oikean liukupolun arvioiminen jälleen hyvin vaikeaa. Lähestyminen suoritettiin liukupolun alapuolelta ja lasku meinasi jäädä lyhyeksi.

Aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä

Aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä syntyy, kun jatkuvasta kaarrosta oikaistaan äkillisesti takaisin vaakalentoon. Oikaisu vaakalentoon jatkaa kaarikäytävien nesteiden liikettä niiden hitautensa vuoksi ja tällöin syntyy harha-aistimus vastakkaissuuntaisesta liikkeestä. Aistiharha vastakkaissuuntaisesta liikkeestä havainnollistettiin asentotajusimulaattorissa siten, että tutkimuksen tekijää pyydettiin suorittamaan noin 30 sekuntia kestävä oikean puoleinen vaakakaarto. Kaarron aikana sisäkorvan kaarikäytävien nesteet ehtivät tasaantua. Hetken kuluttua tutkimuksen tekijää pyydettiin oikaisemaan kone vaakalentoon. Koneen oikaiseminen vaakalentoon sai aikaan kaarikäytävien nesteiden liikkeen ja tällöin syntyi välitön tunne koneen kallistumisesta vasemmalle alkuperäisen liikkeen vastakkaiseen suuntaan.

Autokinesis-ilmiö

Autokinesis-ilmiö saattaa syntyä silloin, kun tarkkaillaan tummaa taustaa vasten olevaa pientä hämärää valoa sellaisissa olosuhteissa, missä näkövihjeet ovat vähäiset. Kun valoa katsotaan 10 sekunnin ajan, se näyttää liikkuvan noin 20º/sek. Autokinesis-ilmiö havainnollistettiin asentotajusimulaattorissa erittäin hyvin. Tutkimuksen tekijä asetettiin lentämään vaakalentoa korkealle yöolosuhteisiin. Hänen pyydettiin seurata horisontissa olevaa pientä valoa. Hetken kuluttua tuntui kuin valo olisi lähtenyt liikkumaan. Aistiharha oli erittäin voimakas.

Musta aukko-lähestyminen

Musta aukko-lähestymiseksi kutsutaan tilannetta, jossa laskeudutaan yöllä pimeän maaston ympäröimälle kiitoradalle. Lähestyminen em. olosuhteissa on vaikeinta silloin, kun kiitotien reunavalot ovat ainoat näkyvät valot. Kiintopisteiden puuttuminen voi tehdä lähestymisestä hyvin vaikean ja se saattaa johtaa siihen, että lentokone osuu maahan huomattavan paljon ennen kynnystä. Asentotajusimulaattorissa musta aukko-lähestyminen havainnollistettiin erittäin hyvin. Simulaatiossa tutkimuksen tekijää pyydettiin tekemään näkölähestyminen yöllä kiitotielle, jonka reunavalot olivat ainoat valot näkyvissä.

Korkeutta koneella oli noin 4000 jalkaa. Ääreisnäön kiintopisteiden puuttuminen aiheutti aistimuksen, missä lentokone tuntui pysyvän paikoillaan ja kiitotie liikkui. Tutkimuksen tekijä katsoi mielestään oikean kohdan liu’un aloittamiseksi ja työnsi koneen liukuun. Liuku vaikutti sopivalta niin kauan, kunnes tutkimuksen tekijä tajusi olevansa noin 700 jalan korkeudessa

huomattavasti liukupolun alapuolella. Kentälle oli tällöin matkaa vielä useita maileja. Oikaistuaan koneen vaakalentoon alkoivat vähän ajan kuluttua PAPI-valot näyttää. Niiden avulla tutkimuksen tekijä sai tuotua koneen laskuun. Musta aukko-lähestymisen havainnollistaminen asentotajusimulaattorissa oli todella aito.

TNO:N JA RNLAF:N ASENTOTAJUASIANTUNTIJOIDEN EHDOTUS SUOMEN ILMAVOIMIEN ASENTOTAJUKOULUTUSPAKETIKSI

Dear Jari,
Eric Groen and I have discussed a realistic SD course proposal for your air force.
We actually have worked out two options. A basic SD course and a course in which we incorporate night vision disorientation/illusion awareness training.

1.Basic Disorientation training

SD acadamics ±1.5 hr
DISO demonstrations
- coriolis
- leans
- visual illusions -rwy perspective
  -cloud leans
  -ground star confusion
  -black hole approach

TNO demonstrations
- Somatographic illusion + vection in 3 D rotating chair
- Tilting room : visual leans

total 1 day for about 8 pilots, each pilot experiences all demo´s

2. basic plus night vision

Academics NVG characteristics, limitations and hazards (illusions errors)
Demonstrations - TNO NVG lab
- RNLAF NVG training terrain board

extra 1/2 day

The price still to be determined in bilateral agreement.

With kind regards,
Capt. Roland Beekmann
Aerospace physiologist / F-16 pilot
CML Soesterberg
RNLAF

Lähde: Roland Beekmann