



# Sotilaslentäjän asentotajun menettämi- sen ennaltaehkäiseminen

Silmien liikeharjoittelun ja katseen kohdistamisen nä-  
kökulmasta

Inari Katainen

Sofia Lohilahti

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu 2023

Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma (AMK)

**Katainen, Inari & Lohilahti, Sofia**

**Sotilaslentäjän asentotajun menettämisen ennaltaehkäiseminen. Silmien liikeharjoittelun ja katseen kohdistamisen näkökulmasta**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Marraskuu 2023, 53 sivua.

Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

**Tiivistelmä**

Lentämisen kolmiulotteinen ympäristö ja kiihtyvyysoimat luovat lentäjälle erilaisia haasteita, joista yksi on asentotajun menettäminen. Asentotajulla tarkoitetaan eri aistien yhteistoiminnan kautta luotua kykyä hahmottaa oman ja koneen asennon suuntautumista suhteessa ympäristöön. Asennon hahmottamista voi vaikeuttaa erilaiset aistiharhat, joiden myötä asentotaju yleensä menetetään. Asentotajun menettäminen johtaa usein lento-onnettomuuteen ja pahimmassa tapauksessa lentäjän kuolemaan. Tästä syystä asentotajun menettämisen ennaltaehkäiseminen ja aistiharhojen aikaisen lentämisen harjoittelu on tärkeää. Näköaistin ollessa tärkein aisti asentotajun muodostumisen kannalta voidaan silmien liikkeiden harjoittelua pitää tärkeänä lentäjän turvallisen ja tehokkaan toiminnan edistämiseksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää silmien liikeharjoittelun ja katseen kohdistamisen merkitystä turvallisen lentotoiminnan edistämiseksi. Opinnäytetyö toteutettiin integroivana kirjallisuuskatsauksena ja tavoitteena oli koota yhteen tutkittua tietoa aiheesta sotilaslentäjille ja heidän kanssaan työskenteleville alan ammattilaisille. Kirjallisuuskatsauksen aineisto kerättiin syyskuussa 2023 käyttämällä PubMed, Sage Journals ja Google Scholar -tietokantoja. Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui viisi tutkimusta sisäänotto- ja poissulkukriteerien sekä laadunarvioinnin perusteella.

Lennon aikaisilla silmien liikkeillä ja skannausstrategioilla todettiin olevan merkittävä rooli turvallisen lento-toiminnan takaamisessa. Silmien liikkeiden seuraamisesta näytti olevan mahdollisesti hyötyä osana simulaattoriharjoittelua tilannetietoisuuden kehittämisen kannalta, mikä osaltaan voisi ehkäistä asentotajun menettämistä. Lentäjien skannausstrategiat kehittyivät henkilökohtaisen palautteen ja videoharjoittelun myötä. Yhteenvedonä voitiin todeta, että silmien liikkeiden harjoittelulla olisi mahdollisesti vaikutusta silmien skannausstrategioihin ja mittareiden lukutaitoon. Samalla voitiin olettaa, että liikeharjoittelulla ja skannausstrategioilla olisi myös vaikutusta asentotajun menettämisen aikaisessa tehokkaassa mittareiden lukutaidossa.

**Avainsanat (asiasanat)**

Sotilaslentäjät, asentotaju, asentotajun menettäminen, silmänliikkeet, katseen kohdistaminen.

**Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Katainen, Inari & Lohilahti, Sofia**

**Prevention of spatial disorientation in military pilots. From eye movement training and fixation perspective.**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2023, 53 pages.

Degree Programme in Physiotherapy. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Flying in a three-dimensional space while being exposed to gravitational forces can present pilot with many difficulties. One of these difficulties which may occur is spatial disorientation. Spatial orientation is the ability to use sensory information from different senses to determine how one's body and aircraft are in relation to the environment. During flight spatial disorientation is often caused by illusions and it can even lead to accidents. For this reason, prevention of spatial disorientation as well as training how to perform during illusions is important. Spatial orientation uses vision as a primary source of sensory information. Because of this, eye movement training can be seen as an important part of ensuring pilot's efficient and safe flight performance.

The purpose of the thesis was to determine if eye movement training and fixation influence pilot's flight performance. The thesis was conducted as an integrative literature review and its aim was to gather researched information together for military pilots as well as other professionals who might be interested in this field. The material for the literature review was collected from PubMed, Sage Journals and Google Scholar databases in September of 2023. Five studies were selected for further review based on the inclusion and exclusion criteria along with a quality assessment.

The results showed that eye movements and scanning strategies were an important factor in flight safety. Eye tracking in simulator training showed a possible benefit for improving situational awareness which could help in maintaining spatial orientation. Pilots' scanning strategies also enhanced with personalised feedback and video training. In summary, eye movement training might influence scanning strategies and instrument reading ability. Furthermore, scanning strategies and eye movement training could improve pilot's performance during spatial disorientation.

### **Keywords/tags (subjects)**

Military pilots, spatial orientation, spatial disorientation, eye movements, fixation.

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Sotilaslentäminen</b> .....	<b>5</b>
2.1	Ilmavoimien kalusto .....	5
2.2	Ammatillisia vaatimuksia .....	6
<b>3</b>	<b>G-voimat</b> .....	<b>7</b>
3.1	G-voimien vaikutuksia .....	9
3.2	G-suojaus.....	10
3.3	G-voimien aiheuttamat tuki- ja liikuntaelinvaivat .....	10
<b>4</b>	<b>Asentotajun merkitys sotilaslentämisessä</b> .....	<b>12</b>
4.1	Aistit .....	12
4.1.1	Näköaisti .....	13
4.1.2	Kuuloaisti .....	13
4.1.3	Vestibulaarijärjestelmä .....	14
4.1.4	Proprioseptiikka .....	16
4.2	Asentotajun menettäminen .....	17
4.3	Asentotajukoulutus .....	20
<b>5</b>	<b>Silmän liikuttajalihakset</b> .....	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>Silmien liikkeet ja huomion jakaminen</b> .....	<b>22</b>
6.1	Silmien liikkeet .....	22
6.1.1	Nystagmus .....	23
6.1.2	Vestibulo-okulaarinen refleksi .....	24
6.2	Huomion jakaminen lentotilanteessa .....	25
6.3	Silmien liikeharjoittelun esimerkkejä .....	26
<b>7</b>	<b>Opinnäytetyön toteutus</b> .....	<b>27</b>
7.1	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet .....	27
7.2	Aineiston hankintamenetelmä.....	27
7.3	Tiedonhaku.....	28
7.4	Sisäänotto- ja poissulkukriteerit .....	29
7.5	Aineiston laadunarviointi .....	31
7.6	Aineiston analysointi .....	32
<b>8</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>34</b>
8.1	Katseen kohdistamisen merkitys lentämisessä .....	34
8.2	Silmien liikeharjoittelun vaikutus asentotajun menettämiseen .....	35

8.3 Johtopäätökset.....	36
<b>9 Pohdinta.....</b>	<b>36</b>
9.1 Eettisyys ja luotettavuus .....	39
9.2 Jatkotutkimusideat.....	40
<b>Lähteet .....</b>	<b>42</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>48</b>
Liite 1. JBI kriteeristöt.....	48
Liite 2. Tutkimusten laadunarviointi .....	50
<b>Kuviot</b>	
Kuvio 1. Kiihtyvyyden tuntemista kuvaavat suunnat.....	8
Kuvio 2. Sisäkorva (Vaskovic 2023) .....	15
Kuvio 3. Silmän liikuttajalihakset (Macrovector n.d.).....	22
Kuvio 4. Tiedonhakuprosessi .....	31
<b>Taulukot</b>	
Taulukko 1. Keskeisimmät käsitteet ja hakusanat .....	29
Taulukko 2. Tietokannat ja hakulausekkeet .....	29
Taulukko 3. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit.....	30
Taulukko 4. Kirjallisuuskatsauksen tutkimukset .....	33

## Sanasto

**Aistiharha** = Vestibulaarijärjestelmän tai näköaistin toimintahäiriöstä johtuva vääristynyt tunne asennosta tai liikkeestä. Johtaa usein asentotajun menettämiseen.

**Asentotaju** = Kyky hahmottaa eri aistien välityksellä oma ja koneen asento suhteessa ympäristöön.

**Fiksaatio** = Katseen kiinnittäminen. Mahdollistaa silmien pysymisen paikallaan kohdetta katsoessa.

**G-voima** = Sotilasilmailussa G-voimilla kuvataan sitä, kuinka moninkertaisesti normaali putoamiskiihtyvyyden voima koetaan ilmassa.

**Hävittäjälentäjä** = Korkean suorituskyvyn koneen lentäjä. Tässä opinnäytetyössä erityisesti Hawk ja Hornet -lentäjät.

**Katseen kohdistaminen** = Kattaa tässä opinnäytetyössä fiksaation, silmien liikkeiden muodostamat kuviot ja skannausstrategiat.

**Miehitetty sotilaslentotoiminta** = Sotilasilmailussa konetta ohjaa koneen sisällä oleva ihminen.

**Skannauskuvio** = Silmien liikkeiden muodostama kuvio.

**Skannausstrategia** = Muodostuu skannauskuvioista, fiksaation kestosta ja sen toistuvuudesta.

**Sotilaslentäjä** = Tarkoittaa tässä opinnäytetyössä kaikkia kiinteäsiipisten sotilaskoneiden lentäjiä eli poissulkee helikopterilentäjät.

**Tilannetietoisuus** = Eri aistikanavien kautta luotu ajankohtainen ymmärrys omasta ympäristöstä ja ympärillä tapahtuvista asioista.

**Vestibulaarijärjestelmä** = Tasapainoaistin osa, joka aistii pään erisuuntaisia liikkeitä.

**VOR** = Vestibulo-okulaarinen refleksi. Pään kääntyessä silmät tuottavat automaattisen kompensatioliikkeen ja mahdollistaa kuvan pysymisen vakaana.

# 1 Johdanto

Suomessa Ilmavoimien yhtenä tehtävänä on kouluttaa sotilaslentäjiä valvomaan ja turvaamaan Suomen ilmatilaa. Ilmavoimat perustettiin vuonna 1918 ensimmäisen maailmansodan aikana, jolloin myös ensimmäisten koneiden hankinta alkoi. Alussa lentokalusto oli hyvin sekalaista ja pääasiassa sitä käytettiin tiedusteluun, pommituksiin ja lentolehtisten pudottamiseen. Vuosien saatossa lentokalusto ja teknologia on ottanut suuria harppauksia eteenpäin esimerkiksi digitalisaation myötä. Digitaalisten järjestelmien liittäminen osaksi lentotoimintaa on myös osaltaan helpottanut sotilaslentäjien työkuormaa. (Ilmavoimien historia ja perinteet n.d.) Toisaalta digitalisaation ja teknologian kehittymisen kautta myös sotilaslentäjien fyysisten ja psyykkisten ominaisuuksien vaatimukset ovat kasvaneet jokaisen lentokonesukupolven myötä (Sovelius 2019, 92). Tämä tarkoittaa sitä, että lentäjien altistuminen entistä suuremmille kiihtyvyyksi- eli G-voimille vaatii heiltä entistä enemmän mukautuvuutta (Honkanen & Sovelius 2021, 81).

Lentäminen vaatii kykyä toimia dynaamisessa kolmiulotteisessa ympäristössä. Tällainen ympäristö altistaa lentäjän erilaisille vaaratilanteille, joista yhtenä merkittävimpana voidaan pitää asentotajun menettämistä. (Newman 2014, 49.) Asentotaju on ihmisen luontainen kyky hahmottaa ja ylläpitää omaa asentoaan suhteessa ympäristöön. Koska ihminen on tottunut ylläpitämään omaa asentoaan vakaalla maanpinnalla, luo lentämisen kolmiulotteinen ympäristö haasteita asentotajun säilyttämiselle ristiriitaisten aistimuksien sekä aistiharhojen vuoksi. (Antuñano 2016.) Aistiharhat voivat aiheuttaa asentotajun menettämisen, jolloin lentäjä ei hahmota maanpintaan nähden koneensa asentoa (Sorvari 2006, 32). Kyseinen tilanne voi johtaa koneen hallinnan menettämiseen tai pahimmassa tapauksessa koneen putoamiseen (Newman 2014, 49). Tilastollisesti onkin nähtävissä, että kaikista lento-onnettomuuksista 5–10 % voidaan yhdistää asentotajun menettämiseen ja näistä tapauksista 90 % ovat olleet kuolemaan johtavia (Antuñano 2016).

Asentotajun menettämistä voidaan pyrkiä ennaltaehkäisemään teoriapohjaisella koulutuksella, jonka tavoitteena on auttaa lentäjää ymmärtämään aistiharhojen syntyyn vaikuttavia tekijöitä ja asentotajun menettämisen mahdollisia seurauksia. Lisäksi koulutukseen olisi hyvä yhdistää esimerkiksi simulaattorissa tapahtuvaa harjoittelua, jossa lentäjä altistetaan lennon aikaisille aistiharhoille. (Newman 2014, 61–62.) Mikäli lentäjä kokee lennon aikana aistiharhoja, olisi hänen tärkeää seurata ja luottaa mittareihin, jotka kertovat koneen todellisesta asennosta (Antuñano 2016). Mittareiden seuraaminen vaatii tehokasta silmien liikkeiden koordinoitua ja huomion jakamista.

Näin ollen silmien liikkeiden harjoittelulla voisi olla edistävä vaikutus lentäjän turvalliseen toimintaan ja mittareiden lukutaitoon.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin integroivan kirjallisuuskatsauksen avulla katseen käyttäytymistä lentotilanteessa ja sen merkitystä asentotajun menettämisen yhteydessä. Tutkimustietoa sovellettiin sotilaslentäjien silmien liikeharjoitteluun fysioterapeuttisesta näkökulmasta. Tässä opinnäytetyössä sotilaslentäjällä tarkoitettiin pääsääntöisesti hävittäjälentäjää, mutta kirjallisuuskatsausosiossa käsiteltiin lentäjäammatteja laajemmin, poissulkien kuitenkin helikopterilentäjät.

Opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantona Ilmasotakoululle. Opinnäytetyössä käytettiin sekä suomalaista että kansainvälistä kirjallisuutta ja kirjoittajat pyrkivät koko opinnäytetyöprosessin ajan jatkuvaan kriittiseen arviointiin kirjallisuuden luotettavuuden suhteen. Tutkimusten ja saatavilla olevien materiaalien rajallisuuteen nähden pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman tuoretta kirjallisuutta.

## **2 Sotilaslentäminen**

### **2.1 Ilmavoimien kalusto**

Sotilaslentäjät koulutautuvat tiettyyn tehtävään ja lentokalustoon uransa aikana. Tällä hetkellä Ilmavoimilla on käytössään Boeing F/A-18 Hornet -monitoimihävittäjiä, joilla suoritetaan muun muassa tunnistustehtäviä alueellisen koskemattomuuden turvaamiseksi sekä harjoitus- ja koulutuslentoja (Monimuotoista lentotoimintaa n.d.). Tulevaisuudessa Hornetit tullaan korvaamaan Lockheed Martinin F-35A Lightning II -monitoimihävittäjällä (Lockheed Martin F-35A Lightning II on Suomen seuraava monitoimihävittäjä 2021). Ohjaajien koulutus alkaa kuitenkin Grob G 115E -alkeiskoulukoneella, jonka jälkeen siirrytään sekä koulutuskäytössä että tietyissä rauhan- ja kriisiajan operatiivisissa tehtävissä hyödynnettävään Hawk-suihkuharjoituskoneeseen (BAE Systems Hawk). Hawk-suihkuharjoituskoneita käytetään muun muassa taktiseen koulutukseen. Ilmavoimilla on edellisten koneiden lisäksi kuljetus- ja yhteyskoneita, jotka tukevat omalta osaltaan hävittäjätoimintaa. (Monimuotoista lentotoimintaa n.d.)



## 2.2 Ammatillisia vaatimuksia

Sotilaslentäjä työskentelee fyysisesti vaativassa ja kognitiivisesti haastavassa toimintaympäristössä, mikä asettaa henkilölle tietynlaisia vaatimuksia. Kyky tehdä nopeita päätöksiä ja taito tehdä montaa eri asiaa yhtäaikaisesti ovat hyviä ominaisuuksia sotilaslentäjällä. Lisäksi hyvä paineensieto- ja hahmottamiskyky sekä teknisten asioiden ymmärtäminen ja kyky ajantasaiseen tilannetietoisuuden muodostamiseen eri kanavista saatavan informaation perusteella ovat myös suotuisia ominaisuuksia. (Newman 2014, 115–116.) Myös Sorvari (2006) tunnistaa osan näistä ominaisuuksista. Hän lisää sotilaslentäjältä vaadittavien ominaisuuksien luetteloön toimintamahdollisuuksien ja tavoitteiden tuntemisen, itseluottamuksen sekä luottamuksen järjestelmiin ja tovereihin. (Sorvari 2006, 25.) Eloranta (1996) mainitsee taitavuuden yhtenä osa-alueena sotilaslentäjän suorituskyvyn näkökulmasta. Taitavuus tarkoittaa muun muassa monimutkaisten liikkeiden hallitsemista ja uusien taitojen oppimista sekä niiden tehokasta toteuttamista erilaisissa tilanteissa. Taitava lentäjä kykenee toimimaan optimaalisesti haastavissa ja kuormittavissa olosuhteissa, kun elimistön reagoitakykyä koetellaan tai lentäjä on henkisen paineen alaisena. (Eloranta 1996, 32–34.)

Soveliuksen (2019, 92) mukaan sotilaslentäjän ammatti on psykofysiologinen haaste, jossa tekniikan kehittyminen tuo ammattiin vielä enemmän vaatimuksia ja haasteita niin fyysiselle kuin psyykkisellekin puolelle. Fyysisiä haasteita korostaen Sorvari (2006) toteaa hyvän fyysisen kunnon olevan yksi sotilaslentäjän ominaisuuksista, mikä on edellytys tehtävistä suoriutumiseen. Hyvällä fyysisellä toimintakyvyllä on vaikutusta lentäjän psyykkiseen ja fyysiseen palautumiseen sekä kykyyn kestää kovaa kuormitusta. Lisäksi hyvä fyysinen kunto toimii perustana suurta tarkkaavaisuutta vaativalle työlle. (Sorvari 2006, 22, 25.) Rintala ja Kanninen (1996, 28) mainitsevat hyvän lihaskunnon olevan merkittävässä roolissa G-sietokyvyn kannalta, kun suoritetaan fyysisesti raskasta vastaponnistusta sekä kiihtyvyysoimien alla pehmytkudosvaurioiden ennaltaehkäisyssä ja pään sekä vartalon hallinnassa. Myös Honkasen (2019) tutkimustulokset puoltavat hyvän fyysisen kunnon olevan suojaava tekijä ammatin fyysisen kuormituksen kannalta. Tämän takia hän toteaa, että etenkin lentäjävalinnoissa tulisi kiinnittää huomiota lihaskuntoon sekä mahdolliseen kilpaurheilutaustaan, sillä kyseisillä tekijöillä on huomattu olevan vaikutusta tukirankavaivoihin ja niiden aiheuttamiin lentokelpoisuusrajoituksiin. (Honkanen 2019, 67.)

Hyvän fyysisen ja psyykkisen toimintakyvyn lisäksi sotilaslentäjän ammatillisiin vaatimuksiin sisältyy näköaistiin liittyviä seikkoja. Esimerkiksi silmälasit eivät ole esteenä sotilaslentäjän ammatille,

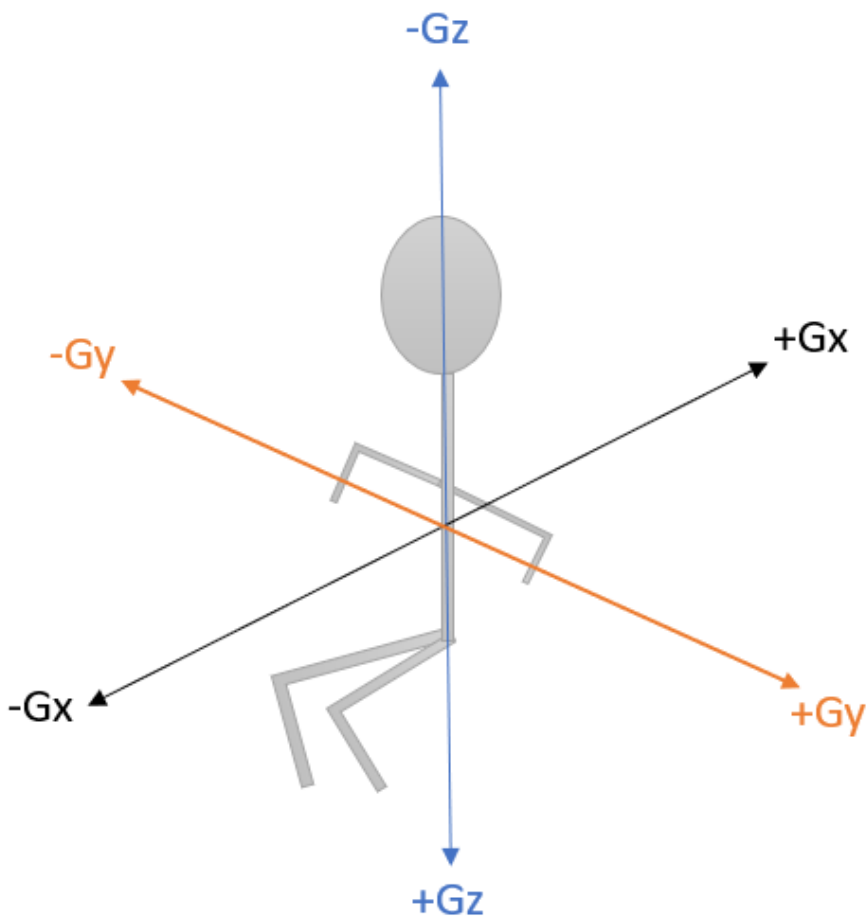
mikäli näölle asetetut kriteerit täyttyvät (Kiinnostaako lentäjän ura Puolustusvoimissa? n.d.; Lentäjän näkövaatimukset armeijassa ja siviili-ilmailussa n.d.). Silmälaseilla korjattuna näöntarkkuuden on oltava vähintään 1.0 eli normaali, kun taas ilman laseja hyväksytään näöntarkkuudeksi 0.5, joka on myös ajokortille minimivaatimus (Lentäjän näkövaatimukset armeijassa ja siviili-ilmailussa n.d.; Näöntarkkuus n.d.). Silmälasien sallittu vahvuus on kaukotaitteisuudessa, jolloin nähdään heikosti lähelle, +2.5 diopteria ja likitaitteisuudessa eli nähtäessä heikosti kauas -1.5 diopteria (Kiinnostaako lentäjän ura Puolustusvoimissa? n.d.; Taittovirheet 2019). Diopteria käytetään visuaalisen taittokyvyn mittayksikkönä ja se ilmoittaa linssien voimakkuuden sekä silmän taittovirheen numeroasteikolla, joka on suoraan muunnettavissa metreiksi. (Taittovirheet 2019). Ennen lentäjän ammatillisen koulutuksen aloittamista on määriteltävä, ettei näköä ei saa korjata leikkauksella. Kuitenkin sotilaslentäjän uran aikana näkö voidaan tarvittaessa korjata taittovirhekirurgialla. Näiden kriteereiden lisäksi sotilaslentäjältä vaaditaan virheetöntä värinäköä. (Kiinnostaako lentäjän ura Puolustusvoimissa? n.d.; Lentäjän näkövaatimukset armeijassa ja siviili-ilmailussa n.d.)

### 3 G-voimat

Sotilaslentäjät altistuvat lentäessään eri suuruisille kiihtyvyyksi- eli G-voimille. Kiihtyvyys käsitteenä perustuu painovoimaan. Maanpinnalla esine putoaa painovoiman vaikutuksesta kiihtyvällä voimalla kohti maan pintaa. (Acceleration in Aviation: G-Force 2021.) Tämä putoamiskiihtyvyys (G) riippuu painovoimasta ja normaaliputoamiskiihtyvyys eli 1 G on  $9,80665 \text{ m/s}^2$  maan pinnalla (ISO 80000-2:2019, 23). Lennettäessä eli liikuttaessa ilmassa painovoima ja kiihtyvyys muuttuvat (Acceleration in Aviation: G-Force 2021). Sotilaslentäjät kokevat suuriakin G-voimia, erityisesti ilmatistelun tyyppisessä liikehdinnässä. Sotilasilmailussa G ilmaisee sen, kuinka moninkertaisesti normaalin putoamiskiihtyvyyden voima koetaan. Esimerkiksi +5 Gz-kaarto tarkoittaa, että maassa koettu voima koetaan viisinkertaisena ilmassa. Toisin sanoen lentäjä kokee oman painonsa viisi kertaa raskaampana. (Newman 2014, 33–36.) Sotilaslentäjä voi altistua jopa yhdeksänkertaiseen kuormitukseen. Vaikka nykyaikaisten koneiden rakenteet kestäisivät yli +20 Gz-voiman, tulevat ihmisen fysiologiset rajoitteet vastaan. (Rintala 2010, 98.)

G-voimat voidaan kokea eri suunnista (ks. Kuvio 1.). Näitä eri suunnista tapahtuvia kiihtyvyyksiä ja kiihtyvyyden tuntemista kuvataan Gx-, Gy- ja Gz-termeillä. Gx-termiä käytetään kuvaamaan voimaa, joka kohdistuu rinnasta selkään, kuten kiihtyvässä lentoalähdössä, jolloin lentäjän selkä painautuu penkkiä vasten. Kun voima kohdistuu sivuttaissuunnassa olkapäästä toiseen olkapäähän,

käytetään termiä Gy. Tällainen voima koetaan vaakakierteessä, kun lentäjä tekee täyden pyörähdysten koneen nokan osoittaessa samaan pisteeseen eli koneen lentorata pysyy samana. Gz-terminillä kuvataan voimaa, joka tunnetaan kehossa joko päästä jalkoihin tai jaloista päähän kohdistu-neena voimana. Kun voima tunnetaan päästä jalkoihin, puhutaan positiivisesta G-voimasta ja tämä esiintyy esimerkiksi silloin, kun lentäjä oikaisee koneen nousuun. Negatiivinen G tarkoittaa jaloista päähän kohdistuvaa voimaa ja tämä tunnetaan silloin, kun lentäjä tekee koneella sukelluksen eli työntää ohjaussauvasta eteenpäin, jolloin kone lähtee liukuun (Acceleration in Aviation: G-Force 2021.) Sotilaslentäjät altistuvat usein päästä jalkoihin kohdistuvaan +Gz-voimaan (Sovelius 2014, 13).



Kuvio 1. Kiihtyvyyden tuntemista kuvaavat suunnat

### 3.1 G-voimien vaikutuksia

Korkean suorituskyvyn koneilla lennettäessä voi lentäjä altistua erilaisille psykofysiologisille ongelmille. Korkeiden kiihtyvyysoimien ja kovan psyykkisen sekä fyysisen kuormituksen alla voi lentäjä äärimmäisessä tilanteessa jopa menettää tajuntansa. (Kuronen & Myllyniemi 1996, 11). Lentämisen yhteydessä tapahtuvasta osittaisesta tai kokonaisesta tajunnan menettämisestä puhutaan käsitteillä A-LOC (Almost Loss Of Consciousness) tai G-LOC (G-induced Loss Of Consciousness), jotka molemmat ovat tapahtuessaan erittäin vaarallisia (Newman 2014, 38).

A-LOC tarkoittaa tilaa, jossa lentäjä melkein menettää tajuntansa. Tällainen ilmiö voi tapahtua, kun korkeille G-voimille altistutaan nopeasti, mutta lyhytkestoisesti esimerkiksi kolmen sekunnin kestoisen +6 G. A-LOC-tila kestää yleensä noin viiden sekunnin ajan, mutta sen jälkeinen kyky toimia on heikentynyt jopa 10–15 sekuntiin asti. Osittaisen tajunnan menettämisen oireet vaihtelevat psyykkisistä fyysisiin oireisiin, mutta tilannetietoisuuden kadottaminen psyykkisen heikkenemisen myötä on yksi yleisimmistä. Muita oireita ovat muun muassa sensoriset poikkeavuudet, kuten tunnottomuus ja pistely, euforian tunne, muistin menettäminen ja sanojen tuottamisen vaikeus. A-LOC-tilan oireet helpottuvat, kun verta pääsee virtaamaan riittävästi aivoihin G-voimien hellittäessä. Tällainen osittainen tajunnan menettäminen lennon aikana voi johtaa vakaviin tilanteisiin ja voi olla jopa yhtä vaarallinen kuin täydellinen tajunnan menettäminen. (Mts., 38.)

Tila, jossa lentäjä menettää G-voimien takia kokonaan tajuntansa, on nimeltään G-LOC. Tällöin kardiovaskulaarisen järjestelmän kyky ylläpitää verenkiertoa aivoihin heikentyy ja sydämen pumppaama voima on riittämätön verrattuna suurten G-voimien aiheuttamaan hydrostaattisen voiman suuruuteen. Aivojen verenkierto lakkaa, lentäjä menettää tajuntansa ja aiheuttaa näin ollen vaarallisen tilanteen. G-LOC-tilan yhteydessä on kuitenkin lyhyt ajanjakso, jonka aikana aivoilla on mahdollista toimia ilman tehokasta verenkiertoa korkeiden G-voimien alla. Kyseinen aika johtuu aivoissa olevasta varastoituneesta hapen määrästä. Tämän lyhyen ajanjakson aikana on mahdollista sietää tiettyyn pisteeseen asti kiihtyvyydestä johtuvia voimia, mutta mikäli aika ylitetään, tajunta menetetään äkillisesti. (Mts., 38–39.)

### 3.2 G-suojaus

Sotilaslentäjillä on erilaisia keinoja G-voimilta suojautumista varten. Vastaponnistus, G-housut ja ylipainehengitys ovat keinoja, joiden avulla pystytään sietämään suuriakin kiihtyvyysoimia. (Sovelius 2019, 93.) Vastaponnistuksessa tarkoituksena on tehdä yhtäaikainen vartalon lihasten jännitys, pakotettu uloshengitys ja mahdollisimman pakkautunut asento, jotta aivojen ja sydämen korkeusero olisi mahdollisimman pieni (Kuronen ym. 1996, 17–18). Lentäessä G-housuihin tulee paineilmaletkia pitkin painetta jalkojen sekä vatsan alueelle, minkä tarkoituksena on estää veren pakkautuminen alaruumiiseen ja samalla lisätä ääreisverenkierron vastusta. Tämä vaikuttaa myös aivojen verenkierron paranemiseen, kun pallea sekä sydän nousevat ja samalla aivojen sekä sydämen välinen korkeusero pienenee, kuten vastaponnistuksessa. (Taistelulentäjän varustus n.d.) Ylipainehengitysjärjestelmä on otettu käyttöön ensimmäisenä maailmassa Ilmavoimissa. Järjestelmän tarkoituksena on lisätä G-sietokykyä parantamalla hengitysfunktiota ja nostamalla verenpainetta. Kiihtyvyyden lisääntyessä kasvaa myös happinaamarin kautta tuleva hengityskaasun paine. Samalla saadaan nostettua rintaontelon painetta, kun paineilmaa johdetaan myös paineliiviin. (Sovelius 2019, 93.)

### 3.3 G-voimien aiheuttamat tuki- ja liikuntaelinvaiat

Voimakkaat ja jatkuvat G-voimat voivat tajunnan menettämisen lisäksi aiheuttaa sotilaslentäjille tuki- ja liikuntaelinvaijoja, joita pystytään ennaltaehkäisemään ja tarvittaessa kuntouttamaan yksilöllisen kuntoutussuunnitelman ja terveydenhuollon ammattilaisten, kuten fysioterapeuttien ja lääkäreiden, avulla. Nykyaikaisten taistelulentokoneiden aiheuttamia tuki- ja liikuntaelinvaijoja on tutkittu jo vuosikymmenien ajan. Rintalan (2012) väitöskirjassa käsitellään sotilaslentäjien fyysistä suorituskykyä sekä työperäisiä tuki- ja liikuntaelinoireita. Rintalan mukaan tuki- ja liikuntaelinoireisiin vaikuttavat erityisesti altistuminen kiihtyvyysoimille ja pään kiertäminen sekä kallistaminen ilmatilan tarkkailussa. Kuormittavuutta lisäävät kiihtyvyyssaltistuksen lisäksi huono ohjaamoergonomia, kypärään liitettävät apuvälineet sekä staattinen istuma-asento. Nämä yhdessä voivat aiheuttaa akuutin tai jopa kroonisen tuki- ja liikuntaelinvaijan. Vuodesta 1995 asti kaularangan oireilu on voitu määrittää ammattitaudiksi tietyin kriteerein. (Rintala 2012, 40–42.) Toisaalta Honkanen (2019) on tuonut esille, ettei uran alkuvaiheen kiihtyvyysoimakertymä korreloi suoraan selkärangan oireilusta johtuviin lentokelpoisuusrajoituksiin. Tulosten mukaan kiihtyvyysoimille

altistuminen ei siis ole itsenäinen riskitekijä, kun puhutaan lentokelpoisuusrajoituksista. (Honkanen 2019, 56.)

Rintalan (2012) toteuttaman tuki- ja liikuntaelinoireilun kyselyn tulosten perusteella selvisi muun muassa, että lentäjistä noin kolme neljästä oli kokenut jonkinlaista työperäisestä kuormittumisesta johtuvaa kipua. Oireiden esiintyvyys oli erityisen korkea kaularangan alueella. Alaselän oireilua koettiin myös lähes saman verran. (Rintala 2012, 74, 97.) Honkanen (2019, 56) toi puolestaan esille sen, että alaselän oireilu oli yleisempää sotilaslentäjillä, jotka lensivät suorituskykyisempiä koneita, mutta oireilu johtui muista syistä kuin lentämisen kiihtyvyysoimavarmuudesta. Rintalan (2012) tulosten perusteella lentotoimintaan liittyvästä oireilusta oli kärsinyt yli 90 % lentäjistä, jotka olivat suorittaneet suihkuharjoituskonekoulutuksen. Tuki- ja liikuntaelinoireiden merkittävä lisääntyminen alkoi Rintalan tutkimuksen mukaan noin 250 HW-lentotunnin jälkeen. Esikuntavaiheessa olevat lentäjät kokivat eniten haittaa oireistaan, kun taas laivuetason lentotehtävissä, joissa altistutaan suurille G-voimille, koettiin määrällisesti eniten oireita. Lisäksi niskan alueen ammattitauti todettiin tutkimuksen mukaan joka kymmenellä esikuntavaiheessa olevalla lentäjällä johtuen kaularangan kulumamuutoksista. (Rintala 2012, 81, 97.)

Rintalan (2012) tuloksia vahvistaen Newmanin (2014, 41) mukaan sotilaslentäjien fyysiseen kuormittumiseen vaikuttavat suurten G-voimien lisäksi painavat lentovarusteet. Varusteista lentokypärä ja happimaski lisäävät pään painoa ja näin ollen niskan lihakset joutuvat työskentelemään enemmän. Etenkin ilmataistelun tyyppisessä liikehdinnässä, jossa kaularankaa joudutaan kiertämään, niskan lihasten rooli korostuu ja näin ollen vauriotkin niskan alueella ovat yleisiä. (Newman 2014, 41.) Soveliuksen ja muiden (2019) tutkimuksessa, jossa lentäjillä oli käytössään kypärätähätin (Joint Helmet Mounted Cueing System (JHMCS)), todettiin ilmataistelun aikaisen niskalihasten kuormituksen ylittävän lihasten voimantuoton. Tällainen voimantuoton ylitys tapahtui erityisesti kaularangan fleksioon (koukistukseen) ja ekstensioon (ojennukseen) osallistuvissa lihaksissa. Kaularangan kierto liike yhdistettynä ekstensioon johti lisäksi lihasaktivaation heikkenemiseen. Tällainen lihasten ylikuormittaminen lisää lihas- ja nivelsidevammojen riskiä. (Sovelius, Mäntylä, Huh-tala, Oksa, Valtonen, Tiitola & Leino 2019.) Etenkin suoraan taaksepäin pään kääntämisen eli ”check six” tähtystysasennon, jossa kaularangan liikeradat ovat äärisasennoissa, on todettu olevan erittäin suuri riskitekijä niskavaurioille (Sovelius 2014, 16).

## 4 Asentotajun merkitys sotilaslentämisessä

Sotilaslentäjän toimintakyvyn vaatimukseen lukeutuu asentotajun hallinta (Sorvari 2006, 25). Rollin Stottin (2011) mukaan lentäjän ensisijainen tehtävä on pitää kone halutulla lentoradalla. Kyseinen tehtävä vaatii koneen suunnan, nopeuden ja korkeuden tiedostamista, toisin sanoen asentotajun hallintaa. Asentotajun lisäksi lentäjän on oltava tietoinen säästä, polttoaineen määrästä ja maantieteellisestä sijainnistaan. Sotilaslentäjän on myös huomioitava mahdolliset ympäröivät uhat. Näiden tekijöiden samanaikaista huomiointia on ryhdytty kutsuma tilannetietoisuudeksi, vaikka joissakin tilanteissa kyseistä termiä käytetään synonyyminä asentotajun kanssa. (Rollin Stott 2011).

Asentotaju muodostuu eri aistien tehokkaasta yhteistoiminnasta, jolloin kuulo- ja näköaisti sekä proprioseptiikka ja vestibulaarijärjestelmä tuottavat informaatiota henkilön sen hetkisestä asennosta aivoille. Saatu informaatio käsitellään keskushermostossa, minkä pohjalta muodostuu arvio asennosta. (Sorvari 2006, 25.) Kyseistä informaatiota tuottavat järjestelmät eivät ole tottuneet toimimaan optimaalisesti lentäessä, jolloin asentotajun saavuttaminen muodostuukin haastavaksi, sillä aistien tuottamat aistiärsykkeet vaihtelevat suuruudeltaan, taajuudeltaan sekä suunnaltaan lennon aikana (Helde 2002, 2; Antuñano 2016). Myös erilaiset tilanteelliset ympäristöt ja koettu korkeampi stressi lentäessä haastavat aistijärjestelmiä. Esimerkiksi heikkojen visuaalisten olosuhteiden vuoksi aistit saattavat antaa hyvinkin vaarallisesti harhaanjohtavaa informaatiota lentäjälle, mikäli hän ei pysty havaitsemaan horisonttia tai maan pintarakenteita. (Helde 2002, 2.)

### 4.1 Aistit

Aistit ovat olennainen osa asentotajun muodostumista. Aistien avulla ihminen saa subjektiivisia kokemuksia ja tuntemuksia sekä tietoa kehostaan ja ympäristöstään (Sandström & Ahonen 2011, 27). Ne myös auttavat elimistöä sopeutumaan vallitsevaan ympäristöön ärsykkeiden eli stimulusien kautta. Kaikissa aistinelimissä sijaitsee aistireseptoreita, jotka vastaanottavat ärsykeitä ja muuntavat niitä edelleen hermoimpulsseiksi. Hermoimpulssit kulkevat keskushermostoon aistiraajoja pitkin ja aisteille erikoistuneet aivon alueet vastaanottavat sekä käsittelevät tulevaa informaatiota. Yleisesti aistitoimintoja voidaan kutsua sensorisiksi toiminnoiksi. (Leppäluoto, Kettunen, Rintamäki, Vakkuri, Vierimaa & Lätti 2015, 447.)

#### 4.1.1 Näköaisti

Ihminen saa näköaistin avulla suurimman osan ympäröivän maailman antamasta informaatiosta ja pohjauttaa käsityksensä siitä kyseiseen tietoon. Näkeminen perustuu siihen, miten valo heijastuu ja imeytyy ympärillä sijaitseviin esineisiin. Näköaisti on myös tasapainon säilyttämisen kannalta merkittävä aisti. (Leppäluoto ym. 2015, 462, 479.) Osa näköjärjestelmän tiedonkäsittelystä tapahtuu passiivisesti ja osa puolestaan aktiivisesti. Aktiivisesti tehty havainnointi on riippuvainen ihmisen sisäisistä tekijöistä, kuten vireystilasta, motivaatiosta ja tunteista. (Sandström & Ahonen 2011, 30.)

Silmän toiminta rinnastetaan usein kameran toimintaan, missä sen linsijärjestelmä kohdistaa verkkokalvolla sijaitseville valoastinsoluille ympäristön olevista kohteista heijastuvaa valoa. Verkkokalvolle muodostuvaa kuvaa kutsutaan näkökentäksi, joka muodostuu katseen kohdistuttua silmän ulkopuoliseen ympäristöön. Silmien jatkuvan liikkeen myötä syntyy toiminnallinen näkökenttä, kun työmuisti yhdistää jokaisen nähdyn kentän yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. (Mts., 30.)

Lentäminen pohjautuu suurilta osin visuaaliseen toimintaan, sillä noin 80 % lentäjän saamasta informaatiosta oletetaan tulevan näköaistin kautta joko ohjaamon ulkopuolella olevasta ympäristöstä tai sen sisältä mittareista (Rollin Stott 2011). Tästä syystä näköaisti on asentotajun muodostumisen kannalta oleellisimpia aisteja ja asentotajun menettäminen onkin todennäköisempää heikkojen visuaalisten lento-olosuhteiden aikana (Rollin Stott 2011; Newman 2014, 52). Tällöin asennon arvioinnin on pohjauduttava proprioseptiikkaan ja vestibulaarijärjestelmään, jotka ovat taipuvaisia epätarkkuuksiin. Tavallisessa ympäristössä näköaistin ollessa hallitseva aistijärjestelmä, visuaalinen aistiharha voi olla erittäin voimakas. Kyseinen harha voi ilmetä jopa hyvällä säällä ja usein siihen liittyy vahvasti tieto siitä, mitä lentäjän tulisi nähdä. (Newman 2014, 52.)

#### 4.1.2 Kuuloaisti

Kuuloaistin tärkeimpiä tehtäviä ovat äänilähteen havaitseminen, paikallistaminen, tunnistaminen ja sen sisältämän tiedon tulkitseminen. Ihminen kohtaa arjessa jatkuvasti lukuisia päällekkäisiä äänilähteitä, jotka voivat tuntua kaoottisilta. Kuitenkin näistä äänistä syntyvä aistimus on järjestäytyntä ja siitä on mahdollista erottaa muun muassa äänten sisältämät viestit sekä tutut tai vieraat



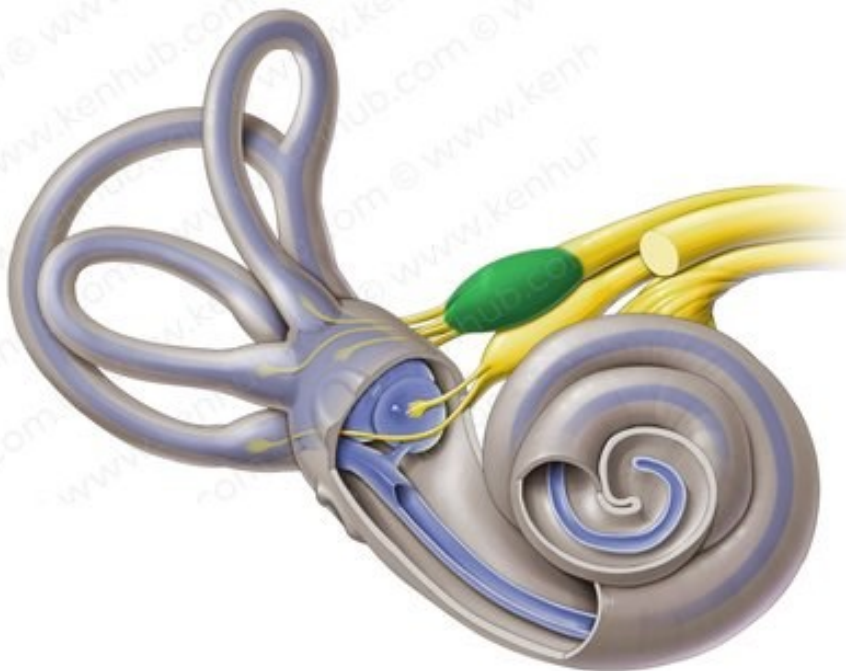
äännet. (Sandström & Ahonen 2011, 31.) Maan päällä kuuloaisti on tärkeä osa asentotajun muodostamista, kun taas lentäessä sen avulla ei ole mahdollista saada tarpeeksi tärkeää informaatiota, johon pystyisi tehokkaasti luottamaan (Helde 2002, 3).

Binauraalinen äänten paikallistaminen tarkoittaa muiden häiritsevien signaalien keskeltä kykyä havaita haluttuja signaaleja (Blauert 1996, 240). Kyseisestä kyvystä on vain vähäistä apua asennon arvioimiseen lennetäessä. Tämä johtuu erityisesti koneen ohjaamon pienessä tilassa sisäisen äänen heijastuvuudesta ja ympäröivän äänen voimakkuudesta. Myös läpi lennettävän ilman ja koneen välisestä vuorovaikutuksesta kantautuva ääni haittaa asennon arviointia. Lentotoiminnan aikana on mahdollista saada tietoa koneen asennosta ja lentoradasta radion kautta, mutta kyseinen informaatio on pääsääntöisesti maantieteelliseen sijaintiin liittyvää. (Cheung 2004, 79.)

#### **4.1.3 Vestibulaarijärjestelmä**

Elimistön eri osissa, kuten lihaksissa ja nivelissä sijaitsee tasapainon aistimiseen liittyviä reseptoreita, jotka välittävät tietoa kehon liikkeistä ja sen osien asennoista (Leppäluoto ym. 2015, 479). Itse tasapainoelin eli vestibulaarielin sijaitsee sisäkorvassa (Antuñano 2016). Sen runko-osassa on otoliittielin, jonka tehtävänä on aistia suoraviivaista kiihtyvyyttä sekä pään asentoa painovoimakentässä. Otoliittielin koostuu kahdesta rakkulasta, soikeasta rakkulasta (utriculus) ja pyöreästä rakkulasta (sacculus). Nämä nesteen (endolymfa) täyttämät kalvopussit sisältävät aistinsoluja, jotka muistuttavat läheisesti karvasoluja. Pyöreässä rakkulassa aistinsolut ovat asettuneet pystyyn, kun taas soikeassa rakkulassa ne ovat vaakatasossa. Aistinsolujen kärjissä on lukuisia aistinkarvoja ja niistä reunimmaista ja suurinta kutsutaan kinokiliumiksi. Hyytelömäinen massa, joka sisältää tätä raskaampia tasapainokiviä eli otoliittejä, sijaitsee aistinkarvojen päällä. Muutokset painovoimassa tai kiihtyvyydessä painavat massaa aistinkarvoja vastaan ja liikkeen suunta vaikuttaa siihen, kuinka aistinsolujen kalvot jännittyvät. (Leppäluoto ym. 2015, 479—481.) Esimerkiksi lennetäessä koneen kiihdyttäminen ja hidastaminen aiheuttavat kalvojen jännittymistä. Eteenpäin suuntautuvat kiihdytykset antavat lentäjälle tunteen pään kallistumisesta taaksepäin. Tästä syystä lentoonlähdössä lentäjä voi kokea nousukulman olevan normaalia jyrkempi, jolloin hän pyrkii laskemaan koneen nokkaa alemmas. (Instrument flying handbook 2012.)

Kolme eritasoista kaarikäytävää sijaitsevat otoliittielimen yläpuolella ja niiden tehtävänä on aistia pään sekä vartalon kiertoliikkeestä johtuvaa kiihtyvyyttä (ks. Kuvio 2.). Ne muodostuvat luisista rakenteista (canalis semicircularis) sekä niiden sisällä kulkevista kalvokanavista (ductus semicircularis), joissa virtaa endolymfaa. Jokaisen kaarikäytävän alussa sijaitsee pullistuma eli ampulla, jonka keskellä on aistinkarvoja sisältäviä karvasoluja sekä niiden päällä oleva hyytelömainen massa (cupula). Kiertoliikkeen alettua endolymfa ei pysy liikesuunnan mukana, vaan kääntää hyytelömassaa vastakkaiseen suuntaan jarruttavan vaikutuksen vuoksi. Liikesuunnan perusteella myös kaarikäytävien aistinsolujen kalvojäännitys lisääntyy tai vähenee. Pyörivän liikkeen jatkuessa tasaisena on endolymfan mahdollista saada liike kiinni, jolloin aistinsolujen aktivaatio katoaa. (Leppäluoto ym. 2015, 481—482.) Liikkeen kiinni saamisessa voi mennä jopa 15—20 sekuntia johtuen kaarikäytävien ja nesteen välisestä kitkasta (Instrument flying handbook 2012). Endolymfa jatkaa hetken aikaa liikettään kiertoliikkeen loputtua aiheuttaen liikkeen alkuun verrattuna vastakkaisen kalvojännitetapahtuman. Kyseinen tapahtuma on mahdollista huomata esimerkiksi karusellista poistuessa, jolloin voi tuntea pään olevan hetken pyörällä liikkeen loputtua. (Leppäluoto ym. 2015, 481—482.)



Kuvio 2. Sisäkorva (Vaskovic 2023)

Lennettäessä endolymfan ja kaarikäytävien välinen liike korostuu esimerkiksi tehdyissä käännöksissä. Liikkeen alkaessa aivot tulkitsevat tapahtuvaa liikettä oikeaoppisesti käännökseksi. Kääntyvän liikkeen jatkuessa tasaisena pidempään endolymfa saavuttaa saman liikenopeuden, jolloin aivoille tulee vääristynyt tieto kääntöliikkeen loppumisesta. Kun lentäjä suoristaa koneen takaisin tasaiseen lentoon, lähtee endolymfa hetkellisesti liikkeelle vastakkaiseen suuntaan. Tätä liikehdintää tulkitaan aivoissa virheellisesti uutena käännöksenä, jolloin lentäjä saattaa pyrkiä korjaamaan virheellistä aistimusta tekemällä vastaliikkeen ja samalla aiheuttaa koneen hallinnan menettämisen. (Instrument flying handbook 2012.)

Kuten muutkin sensoriset järjestelmät, myös vestibulaarijärjestelmä on perustoiminto, joka muuntaa ympäristön välittämää informaatiota biologisiksi signaaleiksi. Tämä järjestelmä kuitenkin erottuu muista siinä, että sen normaalista toiminnasta ei tyypillisesti olla tietoisia rutiininomaisissa toiminnoissa. Vestibulaarijärjestelmä toimiikin ikään kuin kulissien takana asentotajun muodostamisessa sekä tasapainon ja silmän liikkeiden vakauttamisessa. Toimiakseen näissä tehtävissä se muuntaa pään kiihtyvät liikkeet sekä maan vetovoiman tuottamat voimat biologisiksi signaaleiksi. Nämä signaalit kulkeutuvat edelleen motorisiin yksikköihin katseen vakautusta ja asennon hallintaa varten sekä aivokuorelle avustamaan asennon arvioinnissa. (Baloh, Honrubia & Kerber 2011, 3.)

Vestibulaarijärjestelmän akuutti toimintahäiriö voi johtaa totaaliseen toimintakyvyttömyyteen joutuessa vaikeasta asentotajun menettämisestä, tasapainovaikeuksista ja huonovointisuudesta kaikkien intensiivisimpien kohtausten aikana. Tällaisessa tilanteessa ihminen kokee maailman liikkuvan kuin olisi herpaantumattomassa vuoristoradassa ja ei silloin yksinkertaisesti kykene navigoimaan ympäröivässä tilassa. (Mts., 4.) Fysioterapeutin rooli toimintahäiriöiden kuntoutuksessa on löytää yksilölle sopivia harjoitusmuotoja ja edistää kuntoutusprosessia muokkaamalla harjoitteita toimintakyvyn lisääntyessä. Toimintahäiriöihin kuuluu usein myös katseen vakauttamisen haasteita. Tällöin fysioterapeutin johdolla on tärkeä harjoitella silmä-pää-koordinaatio- ja katseen kohdistamisliikkeitä. (Morris & Gottshall 2014, 513.)

#### **4.1.4 Proprioseptiikka**

Pimeässä tilassa tai oltaessa silmät kiinni on mahdollista havaita kehonosien asentoja ja sijaintia suhteessa toisiinsa. Tätä kykyä kutsutaan asentotunnoksi, joka perustuu proprioseptoreihin, jotka

ovat kudosten venymisen havaitsemiseen erikoistuneita reseptoreita. Ne sijaitsevat kehon eri osissa, kuten sidekudoksissa, jänteissä ja ligamenteissa. (Sandström & Ahonen 2011, 34.) Esimerkiksi seistessä jalkapohjien sekä jalan nivelten proprioceptorit viestivät aivoille, että pystyasentoa ylläpidetään kyseisellä hetkellä (Newman 2014, 53).

Istuinlihaksissa sekä pakaralan lihaksissa on proprioseptoreita, jotka reagoivat muun muassa tärinään sekä kuormituskertoimen muutokseen. Kokenut lentäjä voikin erottaa koneen liikehdinnän paine-eroista istuimen ja kehon välillä. Maanpinnalla proprioseptoreiden kautta saatu arvio sen hetkisestä asennosta on yleensä luotettavaa, kun taas ilmassa sen varassa lentäminen on vaarallista ja epäluotettavaa. (Sorvari 2006, 30.) Lentäessä aivot saavat kehon eri osista viestejä, jotka kertovat kehon osien asennon suhteesta maan painovoimaan. Esimerkiksi kiihtyvyys on mahdollista tuntea, kun lentäjä painautuu istuintaan vasten. Kaaroksista aiheutuvat voimat voivat puolestaan johtaa vääristyneeseen kuvaan painovoiman suunnasta, jolloin lentäjän on vaikea hahmottaa sitä, mikä on ylös ja mikä alas. Myös erilaiset hetkelliset tilanteet, kuten turbulenssi, liirto tai koordinoimattomat liikkeet voivat häiritä aivojen toimintaa sekavien signaalien vuoksi. Lentäjien onkin tärkeää tiedostaa, että sairastaminen tai väsymys voivat lisätä tuntemuksien määrää, mikä omalta osaltaan voi johtaa hetkelliseen lamaan tunteeseen lentotilanteessa. (Instrument flying handbook 2012.)

## 4.2 Asentotajun menettäminen

Asentotajun menettämisellä tarkoitetaan orientaation eli asennon arvion ylläpitämisen epäonnistumista, joka lentotilanteessa osoittautuu liian usein katastrofaaliseksi (Previc & Ercoline 2004, 1). Lentäjä ei enää pysty arvioimaan koneensa liikettä, asentoa tai asemaa maanpintaan ja maan vetovoimaan nähden menetettyään asentotajunsa (Cheung 2013). Tällöin voi olla, ettei lentäjä kykene näkemään, tulkitsemaan tai uskomaan koneen mittareiden antamaa informaatiota, ja hän alkaa luottamaan omien aistiensa kautta saamaansa vääristyneeseen asentotajuun (Sorvari 2006, 32).

Asentotajun menettäminen voidaan luokitella sen mukaan, millainen lentotilanne on käynnissä ja miten lentäjä reagoi siihen (Previc & Ercoline 2004, 20). Sorvari (2006, 57) kutsuu näitä luokkia nimillä I) tiedostamaton, II) tiedostettu, hallittu ja III) tiedostettu, hallitsematon asentotajun menet-

täminen, kun taas Previc ja Ercoline (2004, 20) sekä Newman (2014, 49–50) kuvailevat niitä nimityksillä tyyppi I (tunnistamaton), tyyppi II (tunnistettu) ja tyyppi III (lamauttava). Tässä opinnäytetyössä käytetään jälkimmäistä nimitystapaa käsiteltävän asian selkeyttämiseksi. Tyyppi I on asentotajun menettämisen muoto, jossa lentäjä ei itse huomaa tai tiedosta tilannetietoisuuden tai orientaation menettämistä (Newman 2014, 49). Se on myös asentotajun menettämisen tyypeistä kaikista vaarallisin (Sorvari 2006, 57). Tyyppi II puolestaan johtaa harvemmin lento-onnettomuuteen, vaikka se onkin edellistä luokkaa yleisempi. Tässä luokassa lentäjä tunnistaa olemassa olevan ongelman, kuten sensorisen informaation ja mittariston välisen eron, ja pystyy tekemään tarvittavia oikaisuliikkeitä palauttaakseen koneen normaalin lentoradan. (Newman 2014, 50.) Kolmas luokka eli tyyppi III on vähiten tunnettu ja harvinaisin asentotajun menettämisen tyypeistä. Sen aikana lentäjä saattaa muun muassa olla kykenemätön korjaamaan koneen liikettä, vaikka ymmärtäisikin menettäneensä asentotajun. (Sorvari 2006, 60.)

Asentotajun menettämiseen liittyvät aistiharhat johtuvat yleisimmin vestibulaarijärjestelmästä, vaikka myös visuaaliset harhat voivat olla osallisena niiden syntyyn (Instrument flying handbook 2012). Vestibulaarijärjestelmästä johtuvat aistiharhat voidaan jakaa edelleen sen mukaan minkä osan toiminnasta harhat johtuvat. Vestibulaarielimen kaarikäytävien aiheuttamia harhoja kutsutaan somatogyryrisiksi aistiharhoiksi ja otoliittielimen toimintaan liittyviä harhoja nimitetään puolestaan somatograavisiksi aistiharhoiksi (Sorvari 2006, 48, 53). Somatogyryriset aistiharhat esiintyvät ensisijaisesti tilanteissa, joissa ulkoisia kiintopisteitä ei ole tarjolla tai ne ovat epäluotettavia. Tämä johtaa vääristyneeseen tunteeseen pyörivästä liikkeestä. Näihin aistiharhoihin lukeutuu hautausmaakierre sekä -spiraali, coriolis-ilmiö ja kallistukseen liittyvät harhat. Kallistusharha muodostuu, kun vaakalento on oikaistaan äkillisesti hitaasta ja tasaisesta kaarresta. (Antuñano 2016.) Kaarikäytäviä täyttävä neste ei hitaassa kaarrossa ole lähtenyt liikkeelle, jolloin äkillinen oikaisu saa nesteen liikkeelle ja luo tunteen vastakkaisen suunnan kaarroksesta (Instrument flying handbook 2012).

Hautausmaakierre- sekä spiraali ovat nimensä mukaisesti eräitä vaarallisimmista aistiharhoista, joiden vuoksi moni lentäjä on joutunut turmiolliseen lento-onnettomuuteen. Hautausmaakierreessä lentäjä on ajautunut kierteeseen joko tahallisesti tai tahattomasti. (Sorvari 2006, 49.) Kierteen jatkuessa kaarikäytävien nesteen liike ehtii tasaantumaan, jolloin lentäjä kokee kierteen vähentyneen ja tekee vastakkaiseen suuntaan oikaisuliikkeen, joka johtaa uuteen kokemukseen

kierteestä. Tätä korjatakseen lentäjä vaihtaa oikaisu-suuntaansa takaisin alkuperäiseen kierteseen ja mikäli lentokorkeutta on menetetty riittävästi, maastoon törmääminen on erittäin todennäköistä. (Antuñano 2016.) Hautausmaaspiraali puolestaan muistuttaa kallistusharhaa, jolloin jyrkästä kaarrostaa koneen oikaisu vaakalentoon käynnistää kaarikäytävän nesteiden liikkeen vastakkaiseen suuntaan ja tätä aistiharhaa korjattaessa kone joutuu jyrkkään spiraaliin (Sorvari 2006, 50). Coriolis-ilmiössä lennetään kaarrossa tarpeeksi pitkään, jotta kaarikäytävien nesteet ehtivät saavuttamaan liikkeen nopeuden. Tällöin pään kääntäminen eri suuntaan, esimerkiksi katsottaessa mittaristoa, aiheuttaa nesteen liikehdinnän uuteen suuntaan ja muodostaa lentäjälle aistiharhan käännöksestä tai kiihdytyksestä täysin eri liikesuuntaan. Coriolis-ilmiön vuoksi onkin tärkeää, että lentäjät oppivat tarkistamaan mittariston kertomia lukuja ja vertaamaan niitä omiin tuntemuksiinsa sekä tavan tähyillä ympärilleen mahdollisimman vähillä pään liikkeillä. (Instrument flying handbook 2012.)

Somatograavisessa aistiharhassa tyypillistä on nopean kiihtyvyyden aiheuttama otoliittielimen aktivoituminen samalla tavoin kuin pään taaksepäin kallistumisessa. Näihin aistiharhoihin luetaan muun muassa inversioharha ja hissiharha. Inversioharhassa nousukallistuksen äkillinen muutos vaakalentoa voi johtaa tunteeseen taaksepäin kallistuksesta, jolloin lentäjä voi haluta laskea koneen nokkaa alemmas ja samalla lisää aistiharhan tunnetta. (Mts.) Hissiharha puolestaan johtuu äkillisistä pystysuorisista kiihtyvyyksistä ylös- tai alaspäin, kuten turbulenssin muodostamasta pystyvirtauksesta (Sorvari 2006, 56).

Koska lentäjät luottavat paljon silmien kautta saatuun informaatioon, ovat visuaaliset aistiharhat erittäin vaarallisia (Instrument flying handbook 2012). Visuaalisten aistiharhojen muodostumiseen ei tarvita huonoja visuaalisia olosuhteita, jolloin kyseiset harhat voivat syntyä missä ja milloin tahansa (Sorvari 2006, 37). Esimerkiksi horisonttiharha sekä autokinesis-ilmiö liittyvät pelkästään näköaistin toimintaan. Horisonttiharhaan liittyy usein kalteva pilvimuodostelma, revontulet, epämääräinen horisontti tai maaston tietyn muotoisessa geometrisessä muodostelmassa näkyvät valot, jotka voivat vaikeuttaa koneen linjaamista oikeaan horisonttiin. Autokinesis-ilmiö puolestaan liittyy pimeässä näkyvään paikallaan pysyvään valoon, joka pitkään tuijotettaessa näyttää liikkuvan itsestään. Tällöin lentäjän yrittäessä linjata konetta näkemänsä liikkeen mukaan hän voi menettää koneensa hallinnan. (Instrument flying handbook 2012.)

Suomessa on tapahtunut 1970-luvun jälkeen muutamia asentotajun menettämisestä johtuvia lento-onnettomuuksia niin siviili- kuin sotilasilmailunkin puolella. Eräs siviilipuolen onnettomuuksista tapahtui vuonna 2003, kun Cessna 172N -lentokone putosi järven jäälle Pertunmaalla ohjaajan menetettyä asentotajunsa. Tämä tapaturma vaati kaikkien kolmen matkustajan hengen. (Lento-onnettomuus Pertunmaalla 23.2.2003.) Sotilasilmailussa tapahtuneista onnettomuuksista mainittakoon vuonna 1972 Alahärmässä yölennolla maahan syöksynyt Ilmasotakoulun Fouga CM 170 Magister -suihkuharjoituslentokone sekä vuonna 1982 Kiuruvedellä ja vuonna 1992 Tammissaarella huonosta lentosäästä johtuneet Karjalan lennoston Mikojan MiG-21BIS-suihkuhävittäjien maahansyöksyt sekä vuonna 2004 Siikaisissa kaarron aikana maahan syöksynyt Ilmasotakoulun Hawk-suihkuharjoituskone. Kaikkien neljän onnettomuuden seurauksena ohjaajat menettivät hengen. Edellä mainittujen tapaturmien oletetaan johtuneen asentotajun menettämisestä huonoissa lento-olosuhteissa. (Sotilasilmailun lento-onnettomuudet Suomessa 1970— . 2023.)

### 4.3 Asentotajukoulutus

Asentotajukoulutus on tärkeä osa lentoturvallisuutta ja -koulutusta. Asentotajukoulutukseen voi sisältyä teoriaosuutta, simulaattori- ja lentokoulutusta sekä maan päällä tehtyjä havainnollistuksia. (Sorvari 2006, 69, 77; Cheung 2013.) Monissa maissa asentotajukoulutukseen sisältyy suurimmaksi osaksi teoriaopetusta, kun taas käytännönharjoittelun laajuus ja syvyys vaihtelee maiden välillä huomattavasti (Spatial Disorientation Training – Demonstration and Avoidance 2008). Vertigon, GYRO, VRSDD ja Barany Chair ovat esimerkkejä laitteista, joita pystytään hyödyntämään maan päällä tapahtuvaan asentotajukoulutukseen. Laitteet ovat kehitelty tuottamaan asentotajun menettämiseen liittyviä aistiharhoja. Lentäjien olisi hyvä kokea näiden laitteiden aikaansaamaa tunnetta aistiharhoista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa uraansa, jotta he osaisivat tunnistaa ja reagoida lennon aikana mahdollisiin vaaratilanteisiin paremmin. (Antuñano 2005.)

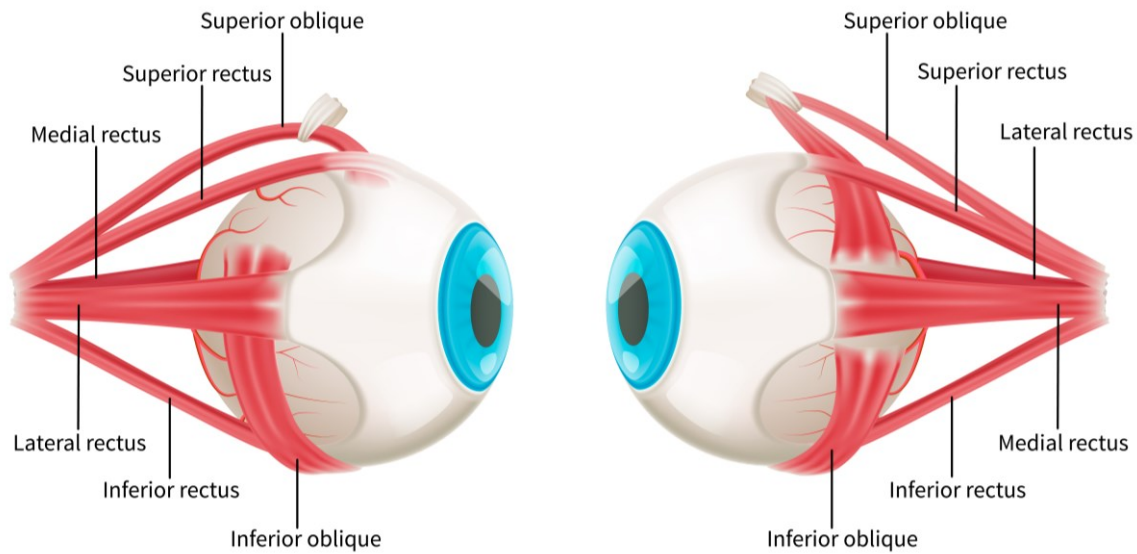
## 5 Silmän liikuttajalihakset

Silmässä on yhteensä kuusi ulkoista silmälihasta, jotka vastaavat silmän liikuttamisesta (ks. Kuvio 3.). Yläsuora silmälihas (m. rectus superior) liikuttaa silmää vertikaaliakselin mukaisesti ylöspäin, horisontaaliakselin mukaisesti lähennykseen ja anteroposteriorisen akselin mukaisesti lihas kiertää silmää sisäänpäin. Alasuora silmälihas (m. rectus inferior) puolestaan liikuttaa silmää vertikaaliak-

selin mukaisesti alaspäin, horisontaaliakselin mukaisesti lähennykseen ja anteroposteriorisen akselin mukaisesti lihas kiertää silmää ulospäin. Lihaskiertyminen, joka osallistuu ainoastaan silmän lähennykseen horisontaaliakselin mukaisesti, on sisäsuora silmälihas (m. rectus medialis). Ulkosuora silmälihas (m. rectus lateralis) liikuttaa silmää ainoastaan loitonnuksen horisontaaliakselin mukaisesti. Näiden edellä mainittujen silmälihasten lähtökohtana on anulus tendineus communis eli yhteinen jännen rengas ja kiinnityskohtana silmän kovakalvo. Kaksi muuta silmää liikuttavaa ulkoista silmälihasta ovat ylävino silmälihas (m. obliquus superior) ja alavinosilmälihas (m. obliquus inferior). Ylävino silmälihas osallistuu silmän liikuttamiseen vertikaaliakselin mukaisesti alaspäin, horisontaaliakselin mukaisesti loitonnukseen ja anteroposteriorisen akselin mukaisesti lihas kiertää silmää sisäänpäin. Alavino silmälihas puolestaan osallistuu silmän liikuttamiseen vertikaaliakselin mukaisesti ylöspäin, horisontaaliakselin mukaisesti loitonnukseen ja anteroposteriorisen akselin mukaisesti lihas kiertää silmää ulospäin. Ylävino silmälihaksen lähtökohtana on kitaluu (os. sphenoidale) ja alavino silmälihaksen lähtökohtana silmäkuopan mediaalireuna. Molemmat edellä mainituista lihaksista kiinnittyvät muiden ulkoisten silmän liikuttajalihasten tapaan silmän kovakalvoon. (Gilroy, MacPherson, Schuenke, Schulte & Schumacher 2017, 568.)

Edellä mainittuja silmän ulkoisia lihaksia hermottaa nervi craniales eli aivohermo. Aivohermo jakautuu okulomotoriseen hermoon (nervus oculomotorius), telahermoon (nervus trochlearis) ja loitontajahermoon (nervus abducens). Silmän ulkoisista lihaksista sisäsuoraa, alasuoraa ja alavinoa silmälihasta hermottaa alempi okulomotorinen hermo (r. inferior nervi oculomotorii), joka on aivohermon kolmas hermo. Ylempi okulomotorinen hermo kuuluu myös aivohermon kolmanteen hermoon ja sen tehtävänä on hermottaa yläsuoraa silmälihasta. Ulkosuoraa silmälihasta hermottaa aivohermon kuudes hermo eli loitontajahermo ja ylävinoa silmälihasta hermottaa aivohermon neljäs hermo eli telahermo. (Mts., 568.) Okulomotorisen hermon kautta voidaan silmien liikkeiden yhteydessä puhua myös nimestä okulomotoriikka, joka yksinkertaisuudessaan tarkoittaa silmää liikuttavaa (Perry 2023).





Kuvio 3. Silmän liikuttajalihakset (Macrovector n.d.)

## 6 Silmien liikkeet ja huomion jakaminen

### 6.1 Silmien liikkeet

Plishkan (2015) mukaan on olemassa erilaisia silmien liikkeitä, jotka ovat vastuussa kohteen näkemisestä. Sakkadinen liike, vergenssi ja hidas seurantaliiike vastaavat yhdessä silmien kohdistamisesta. (Plishka 2015, 194.) Sakkadinen liike on silmien nopeaa samansuuntaista sivuttaista liikettä, jossa siirrytään fiksaatiopisteestä nopeasti toiseen (Hung 2001, 1–7). Kyseinen liike on nopein silmien liikkeistä ja sitä käytetään esimerkiksi vaihdettaessa katsetta nopeasti kahden esineen välillä (Plishka 2015, 11). Eräässä tutkimuksessa huomattiin, että sotilaslentäjän asentotajun menettämisen yhteydessä silmien sakkadisen liikkeen intensiteetti lisääntyi ja fiksaation eli katseen kiinnittämisen aika pidentyi. Lisäksi kyseisessä tutkimuksessa todettiin, että asentotajun menettämistä pystytään havainnoimaan seuraamalla ja mittaamalla silmien sakkadista liikettä simulaattorilennon tai normaalin lennon aikana. (Szczepański, Skibniewski, Gąsik & Truszczyński 2000.)

Vergenssi tarkoittaa molempien silmien samanaikaista, mutta vastakkaista liikettä kohteen mukaisesti. Vergenssinen liike voi olla konvergenssinen, jolloin kohde liikkuu kaukaa lähelle, tai divergenssinen, jossa kohde liikkuu läheltä kauemmaksi. (Hung 2001, 1–7). Hidas seurantaliiike (eng. smooth pursuit) mahdollistaa tarkan kuvan saamisen hitaasti liikkuvasta kohteesta ja tästä hyvänä

esimerkkinä on toisen henkilön seuraaminen, kun itse istuu paikallaan. Hidasta seurantaliiikettä käytetään myös silloin, kun itse liikutaan, mutta halutaan pitää staattinen kohde näkyvissä. (Plishka 2015, 10–11.) Sivuttaissuuntaisia silmien liikkeitä kutsutaan konjugoiduiksi liikkeiksi, joihin sakkadinen sekä hidas seurantaliike lukeutuvat (Hung 2001, 7). Konjugoitu liike tarkoittaa, että silmät toimivat parina liikkuen samaan suuntaan (Purves, Augustine, Fitzpatrick, Katz, LaMantia, McNamara & Williams 2001b).

Kuvan paikallaan pitämisestä vastaavat fiksaatio, optokinetiikka ja vestibulo-okulaarinen refleksi. Fiksaatio eli katseen kiinnittäminen mahdollistaa silmien pysymisen paikallaan kohdetta katsoessa. Optokineettinen järjestelmä mahdollistaa selkeiden kuvien näkemisen ja silmien vakauttamisen jatkuvan pään, ympäristön tai pään sekä ympäristön liikkeen aikana. Tästä esimerkkinä istuminen liikkuvassa autossa ja samalla tien reunan katsominen. Vestibulo-okulaarinen refleksi pitää myös kuvan vakaana silmien liikkeessä vastakkaiseen suuntaan pään liikkeisiin nähden. (Plishka 2015, 10–11, 194, 213–214.)

### **6.1.1 Nystagmus**

Nystagmus eli silmävärve on silmien rytmistä ja toistuvaa värähtelyä (Biousse & Newman 2020, 506). Nystagmus voi Jutilan ja Hirvosen (2013) mukaan olla fysiologinen tai patologinen. Patologinen nystagmus johtuu vestibulaarijärjestelmän ongelmasta ja heijastaa vestibulo-okulaarisen refleksin häiriötä. (Jutila & Hirvonen 2013.) Fysiologinen nystagmus voi syntyä ympäristön ärsykkeestä tai vartalon asennon muutoksesta (Biousse & Newman 2020, 506). Vestibulaarielimen aiheuttamassa nystagmuksessa on niin sanottu hidaskompensoiva vaihe. Tässä vaiheessa pään liikkeet aiheuttavat silmien kompensatioliikkeen, kun katse kohdistetaan. Fysiologisen nystagmuksen tarkoituksena on vakauttaa katse pään liikkeiden aikana ja samalla säilyttää kuva vakaana verkkokalvolla. Pään liike saa aikaan vestibulo-okulaarisen refleksin laukeamisen sisäkorvan kaarikäytävistä, joka puolestaan saa aikaan nystagmuksen. Refleksikaaren kautta välittyy kaarikäytävien aktivaation muutos silmän ulkoisiin lihaksiin, minkä seurauksena alkaa nystagmuksen hidaskompensoiva vaihe vastakkaiseen suuntaan pään liikkeen kanssa. Terveillä henkilöillä fysiologinen nystagmus voi ilmetä pään tai ympäristön kiertoliikkeen seurauksena tai silmien ääri-asennoissa. (Jutila & Hirvonen 2013.)

Nystagmus voi esiintyä lentäessä esimerkiksi pyörivän liikkeen oikaisun jälkeen, kun kaarikäytävät aistivat pyörimisen suunnan päinvastaisesti. Tämä voi johtaa näkökentän liikkumiselta vaikuttavaan aistiharhaan, joka puolestaan vahvistaa väärän pyörimisen suunnan aistimusta. Virheellinen aistimus voi johtaa vaaralliseen tilanteeseen, jossa lentäjä väärin visuaalisten vihjeiden kautta tekee alkuperäisen pyörimissuunnan mukaisen liikkeen uudelleen. Kun nystagmus loppuu, on lentäjällä mahdollisuus jälleen nähdä selvästi ja päätellä koneen mittareiden perusteella, missä asennossa kone juuri sinä hetkenä on. (Newman 2007, 8–9.)

### 6.1.2 Vestibulo-okulaarinen refleksi

Vestibulaarijärjestelmän yksi tärkeimmistä tehtävistä on pään ja silmien liikkeiden koordinointi. Vestibulo-okulaarinen refleksi (VOR) mahdollistaa katseen kohdistamisen tiettyyn pisteeseen pään liikkeen aikana ja samalla kuvan pysymisen tarkkana. (Purves ym. 2001a.) Refleksi tarvitsee muokautumiseen vain kahta sensorista ärsykettä, jotka ovat pään liike ja näköhavainto (Schubert 2014, 20). Refleksin avulla kohde pidetään yhä näkyvillä verkkokalvolla pään asennon vaihdellessa. Vestibulo-okulaarisen liikkeen toimintaa pystytään ymmärtämään silloin, kun kohdistetaan katse tiettyyn pisteeseen ja liikutetaan päätä sivulta sivulle. Pään liikkuesssa silmät tuottavat automaattisen kompensatioliikkeen vastakkaiseen suuntaan ja kohteen kuva saadaan pysymään lähes samassa kohdassa verkkokalvolla. Silmien tuottama kompensatioliike on samansuuruinen verrattuna pään tuottamaan liikkeeseen. Vestibulaarijärjestelmä tuottaa nopeita korjaavia silmien liikkeitä havaitsemalla pään asennon vaihtelut. Kaarikäytävien tuottama sensorinen informaatio ohjaa silmien liikkumisen vastakkaiseen suuntaan pään liikkeeseen nähden. (Purves ym. 2001b.)

Vestibulaarijärjestelmän toiminta haastavoituu hitaissa pään liikkeissä tai jatkuvassa pyöryksessä. Silmien kompensatioliikkeet lakkaavat noin 30 sekunnin pyöryksen jälkeen, mikäli vestibulo-okulaarista refleksiä testataan jatkuvalla pään pyöryksellä pimeässä tai silmät kiinni eli ilman visuaalista vihjettä. Mikäli sama testi suoritettaisiin visuaalisten vihjeiden kanssa, silmät tuottaisivat kompensatioliikkeitä. Nämä kompensatioliikkeet eivät johdu vestibulaarijärjestelmän tiedoista, vaan hitaan seurantaliiikkeen aktivoitumisesta visuaalisten vihjeiden seurauksena. (Mts.)

Pään liikkeeseen yhdistetyn näköhavainnon liikkumisen on myös tutkimusten kautta havaittu aktiivoin VOR:n. VOR aktivoituu uudelleen, kun liikkuvista tarkasteltavista kohteista kuva ilmestyy

verkkokalvolle. Kohteen liikkeen suunta suhteessa pään liikkeeseen vaikuttaa VOR:n uudelleen aktivoitumisen suuntaan. Seurattu kohde, joka liikkuu eri nopeudella verrattuna pään liikkeeseen pään kierron aikana, saa aikaan adaptaation eli sopeutumisen ja muutoksen vestibulo-okulaarisen refleksin silmien kierron määrässä verrattuna pään rotaation määrään. Tällainen voidaan saavuttaa muun muassa silloin, kun katsotut kohteet liikkuvat pään liikkeeseen nähden vastakkaiseen suuntaan, jolloin kohteen nopeus kasvaa tai kohde liikkuu pään liikkeeseen nähden samaan suuntaan, jolloin kohteen nopeus pienenee. Silmien ja kohteen nopeuden ero pystytään ilmaisemaan määrällisesti. Tätä eroa kuvataan termillä ”retinal slip”, joka on samalla nopeuden virhesignaali ja sen ajatellaan myös olevan tehokkain keino muuttaa VOR:n käyttäytymistä. (Shubert 2014, 20.)

Katseen vakauttaminen lennon aikana on lentäjille välttämätöntä. Lennonaikaisen toistuvan altistumisen erilaisille liikeärsykeille on ajateltu saavan aikaan muutoksia vestibulaarijärjestelmän toiminnassa. Esimerkiksi VOR:ä tutkimalla voidaan selvittää mahdolliset muutokset kyseisen refleksin toiminnassa. On kuitenkin epäselvää, onko VOR:n mukautumisella häiritseviä vaikutuksia katseen vakauttamisessa, jolloin sillä voi olla heikentävä vaikutus lennon laatuun. VOR:ä pystytään tutkimaan muun muassa pään impulssitestillä (HIT, Head Impulse Test). Testissä tutkija aiheuttaa tutkittavalle äkillisiä impulssin omaisia passiivisia pään pyöriä ja tutkittavan on pidettävä katse kiinnitettynä tutkijan nenän kärkeen. Testin on arvioitu olevan hyödyllinen työkalu refleksin epänormaalien toiminnan havaitsemisessa. (Bertolini, Pagnamenta, Kunz, Del Torso & Bron 2023, 2–8.)

## 6.2 Huomion jakaminen lentotilanteessa

Huomion jakaminen on kognitiivinen prosessi. Lentotehtävän aikana lentäjän tulee käsitellä katseen kautta niin ohjaamon sisä- kuin ulkopuoleltakin tulevaa informaatiota ja erityisesti sotilaslentäjillä lentotehtävään liittyy usein ohjaamon ulkopuolisen dynaamisen tai staattisen kohteen seuraaminen. Näin ollen huomion jakamisella on merkittävä rooli tehtävästä suoriutumisesta ja heikko huomion jakaminen voi johtaa jopa onnettomuuksiin. Tilannetietoisuuden muodostamisen kannalta on myös merkittävää mihin sekä miten katse ja samalla huomio on kohdistettu. (Li, Yu, Braithwaite & Greaves 2016, 989–990.) Tilannetietoisuuden onkin ajateltu olevan edellytys turvallisuudelle lentotoiminnalle, sillä se on keskeisessä roolissa lentäjän tiedon käsittelyssä ja pohjana päätöksenteolle (Yu, Wang, Li & Braithwaite 2014, 708).

Silmien liikkeiden muodostaman kuvion seuraamisella pystytään muun muassa arvioimaan lentäjän kognitiivista prosessia lentotehtävän aikana. Tällä fiksaatiopisteiden muodostamalla kuviolla mittareihin tai muihin kiinnostuksen alueisiin (AOI, area of interest) voidaan ymmärtää, millainen on lentäjän huomion kohdistamisen muodostama liikerata. (Li, Yu, Braithwaite & Greaves 2016, 989–990.) Samalla lentäjä osoittaa erilaisia skannausstrategioita, jotka muodostuvat muun muassa ”skannauskuvioista” (eng. visual scanning pattern) ja fiksaation kestosta sekä sen toistuvuudesta (Lefrançois, Matton & Causse 2021). Fiksaation kesto voi puolestaan kertoa kohteen tiedon, kuten mittarin, tärkeydestä tai sen omaksumisen haasteista. Lisäksi se voi näyttäytyä liiallisena tiettyyn mittariin keskittymisenä, jolloin huomion siirtäminen itse tehtävän suorittamiseen hidastuu. (Li, Yu, Braithwaite & Greaves 2016, 989–990.) Liiallinen keskittyminen tiettyyn tai tiettyihin kiinnostuksen kohteisiin tai mittareihin voi heikentää tilannetietoisuutta. Yun ja muiden (2014) mukaan eräässä tutkimuksessa havaittiin, että lentäjien omat tiedot ja kokemukset määräsivät sen mitä informaatiota tarvitsee ja mihin huomio tulisi keskittää. Kokeneemmat lentäjät pystyivät nopeaan huomion siirtämiseen tarvittavan tiedon saavuttamisessa ja pystyivät myös päättämään nopeasti tärkeimmät tehtävät, joihin keskittyä verrattuna aloitteleviin lentäjiin. (Yu, Wang, Li & Braithwaite 2014, 709.)

### 6.3 Silmien liikeharjoittelun esimerkkejä

Silmien liikkeitä on mahdollista harjoittaa esimerkiksi visuaalisen terapian keinoin. Harjoittelulla on todettu olevan vaikutusta muun muassa silmien liikehallintaan, koordinaatioon, havainnointiin ja katseenseurantaan (eng. eye tracking). Lisäksi harjoittelua hyödynnetään erilaisten näköön liittyvien sairauksien hoidossa. Digitaaliset laitteet, harjoituslasit, tasapainolaudat ja kiintopisteet ovat esimerkkejä visuaalisessa terapiassa käytettävistä harjoitusvälineistä. (Houlis 2023.)

Katseen vakauttamista ja VOR:ä on mahdollista harjoittaa yksinkertaisilla 1–2 minuutin harjoituksilla, joiden tarkoitus on hienosäätää silmien, sisäkorvan ja aivojen yhteistoimintaa. Esimerkiksi istuen tai seisten voidaan katsetta pitää paikallaan pysyvässä kiintopisteessä samalla, kun päätä liikutetaan rauhassa oikealta vasemmalle tai ylös ja alas. Kiintopistettä voidaan myös liikuttaa kaukaa lähelle ja läheltä kauas, jolloin pään on tarkoitus pysyä paikallaan ja ainoastaan katse liikkuu kohteen mukana. (VOR Exercise / Gaze Stabilisation Exercises n.d.) Lisäksi silmiä liikuttavia lihaksia voidaan harjoituttaa liikuttamalla 30 sekunnin ajan silmiä ensin hitaasti ja sitten nopeammin sivulta sivulle, ylhäältä alas sekä esimerkiksi kahdeksikon muodossa (Eye Muscle Exercise

2023; VOR Exercise / Gaze Stabilisation Exercises n.d.). Tällaisia harjoitteita on hyödynnetty muun muassa whiplash-vamman eli niskan retkahdusvamman hoidossa (Tuo, Cheng & Kao 2006). Vastaavien harjoitteiden vaikuttavuudesta sotilaslentäjille ei ole saatavilla tutkimusnäyttöä. Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa on kuitenkin pyritty löytämään yhteyksiä silmien liikkeiden ja asentotajun menettämisen ennaltaehkäisyn välillä.

## **7 Opinnäytetyön toteutus**

### **7.1 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää katseen kohdistamisen, kuten silmien liikkeiden ja skannausstrategioiden merkitystä asentotajun menettämisen ehkäisemisessä. Koska miehitetty sotilaslentotoiminta pohjautuu ihmisen toimintaan, virhealttiuden ja riskitekijöiden, kuten aistiharhojen, määrän todennäköisyys on suuri. Kun lentäjä joutuu tilanteeseen, jossa asentotaju on menetetty, johtaa se hyvin usein vakavaan tapaturmaan. Tämän takia on tärkeä selvittää harjoittelun vaikuttavuutta lentäjän turvallisen toiminnan edistämiseen. Koska aihetta ei ole tutkittu paljoa, tuo se mahdollisesti uutta tietoa myös fysioterapian kentälle. Lisäksi teoriolla pyritään tuomaan lisää tietoa yleisesti sotilaslentotoiminnasta. Tavoitteena oli integroivan kirjallisuuskatsauksen kautta koota yhteen tutkittua tietoa ja vastata tutkimuskysymyksiin:

1. Onko katseen kohdistamisella merkitystä lentämisessä?
2. Voidaanko sotilaslentäjien asentotajun menettämistä ehkäistä silmien liikeharjoittelulla?

### **7.2 Aineiston hankintamenetelmä**

Kirjallisuuskatsaus on yksi tutkimustekniikka, jonka sanotaan olevan laadullisen ja määrällisen tutkimuksen yhdistelmä. Sitä hyödyntäen pyritään kokoamaan yhteen tutkimusten tuloksia ja samalla luomaan uutta tietoa. Toisin sanoen kirjallisuuskatsauksessa tehdään tutkimusta toisista tutkimuksista. (Salminen 2011, 4.) Katsauksen on oltava toistettavissa ja se perustuu prosessimaiseen toimintaan (Suhonen, Axelin & Stolt 2016, 7). Tämä prosessi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen, jotka ovat katsauksen tarkoituksen ja tutkimusongelman määrittely, tiedonhaku ja aineiston valinta, tutkimusten arviointi, aineiston analyysi ja synteesi sekä tulosten raportointi (Niela-Vilén & Hamari

2016, 23). Kirjallisuuskatsaus voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan, systemaattiseen katsaukseen, kuvailevaan katsaukseen sekä meta-analyysiin (Salminen 2011, 6). Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytettiin kuvailevaan kirjallisuuskatsaukseen kuuluvaa integroivaa katsausta.

Tutkimusmenetelmänä kuvaileva kirjallisuuskatsaus on suosittu, jonka vuoksi sitä voidaan kuvailla yleiskatsaukseksi. Katsauksessa hyödynnetyt aineistot ovat laaja-alaisia eikä niiden valintaan tarvita tarkkoja sääntöjä ja samalla tutkimuskysymykset ovat väljempiä verrattuna esimerkiksi systemaattiseen katsaukseen. Kuitenkin kuvailevan katsauksen tutkittavaa ilmiötä pystytään tarkastelemaan monipuolisesti, vaikka tarkat rajat eivät ohjaa katsauksen tekemistä. Kuvaileva katsaus voidaan jakaa edelleen narratiiviseen ja integroivaan katsaukseen. Integroiva kirjallisuuskatsaus muistuttaa useilta osiltaan myös systemaattista katsausta, mutta se ei ole niin valikoiva tai tutkimusaineistoa tarkasti läpikäyvä kuin systemaattinen katsaus. Väljemmän ominaisuutensa vuoksi tutkittavasta ilmiöstä pystytään keräämään selkeästi suurempi otos analysoitavaksi, johon hyväksytään myös eri metodein tehdyt tutkimukset. (Mts., 8.)

### 7.3 Tiedonhaku

Tiedonhaun ja aineistonvalinnan tarkoituksena on tunnistaa ja löytää tutkittavan ilmiön kannalta oleellinen materiaali. Tämän mahdollistamiseksi on määriteltävä aiheeseen liittyvät keskeiset käsitteet, joiden pohjalta muodostetaan hakulausekkeita eri tietokantoihin tehtäviä hakuja varten. (Niela-Vilén & Hamari 2016, 25.) Tässä työssä on hyödynnetty kerättyä aineistoa PubMedistä, Google Scholarista ja Sage Journalsista. Tiedonhaun tukena on käytetty myös manuaalista käsihaku täydentämään valittua aineistoa. Varsinainen haku suoritettiin viikon 39 aikana syksyllä 2023.

Hakulausekkeiden muodostuksessa on hyödynnetty Boolean operaattoreita, joita hyödynnetäänkin useimmissa tietokannoissa hakusanojen yhdistelemisessä. Näitä operaattoreita on pääsääntöisesti kolme AND, OR ja NOT. AND-operaattoria käytetään, kun halutaan yhdistää eri hakusanat toisiinsa. OR-operaattori puolestaan yhdistää vaihtoehtoisia hakusanoja yhteen hakulausekkeeseen. Jos hakulausekkeesta halutaan sulkea jotain pois, käytetään NOT-operaattoria. Boolean operaattorit toimivat haun aikana tietyssä järjestyksessä, jolloin AND ja NOT suoritetaan ennen OR-operaattoria. Sulkeita voidaan hyödyntää, kun halutaan muuttaa haun suorituserjärjystä. (Lehtiö & Johansson 2016, 35, 38—39.) Tämän opinnäytetyön kannalta keskeiset käsitteet on esitetty taulukossa 1. ja taulukossa 2. on puolestaan tiivistetyssä muodossa olevat hakulausekkeet.

Taulukko 1. Keskeisimmät käsitteet ja hakusanat

Keskeisimmät käsitteet	Hakusanat englanniksi
Sotilaslentäjä, hävittäjälentäjä	military pilot, fighter pilot
Asentotaju, asentotajun menettäminen	spatial orientation, spatial disorientation
Silmien liikkeet, katse	eye movement, gaze
Harjoittelu	training

Taulukko 2. Tietokannat ja hakulausekkeet

Tietokanta	Hakulauseke
PubMed	("fighter pilot" OR "military pilot") AND ("spatial orientation" OR "spatial disorientation") AND ("eye movement" OR "gaze") AND ("training")
Sage Journals	("fighter pilot" OR "military pilot") AND ("spatial orientation" OR "spatial disorientation") AND ("eye movement" OR "gaze") AND ("training")
Google Scholar	("fighter pilot" OR "military pilot") AND ("spatial orientation" OR "spatial disorientation") AND ("eye movement" OR "gaze") AND ("training")

## 7.4 Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Tarkkaan mietittyjen hakulausekkeiden avulla hakutuloksina voi silti esiintyä katsaukseen sopimattomia tutkimuksia. Tällöin on tärkeä hyödyntää tiedonhakuprosessin oleellisena osana pidettäviä sisäänotto- ja poissulkukriteereitä. Oikeanlaiset kriteerit auttavat katsausta pysymään haluttujen

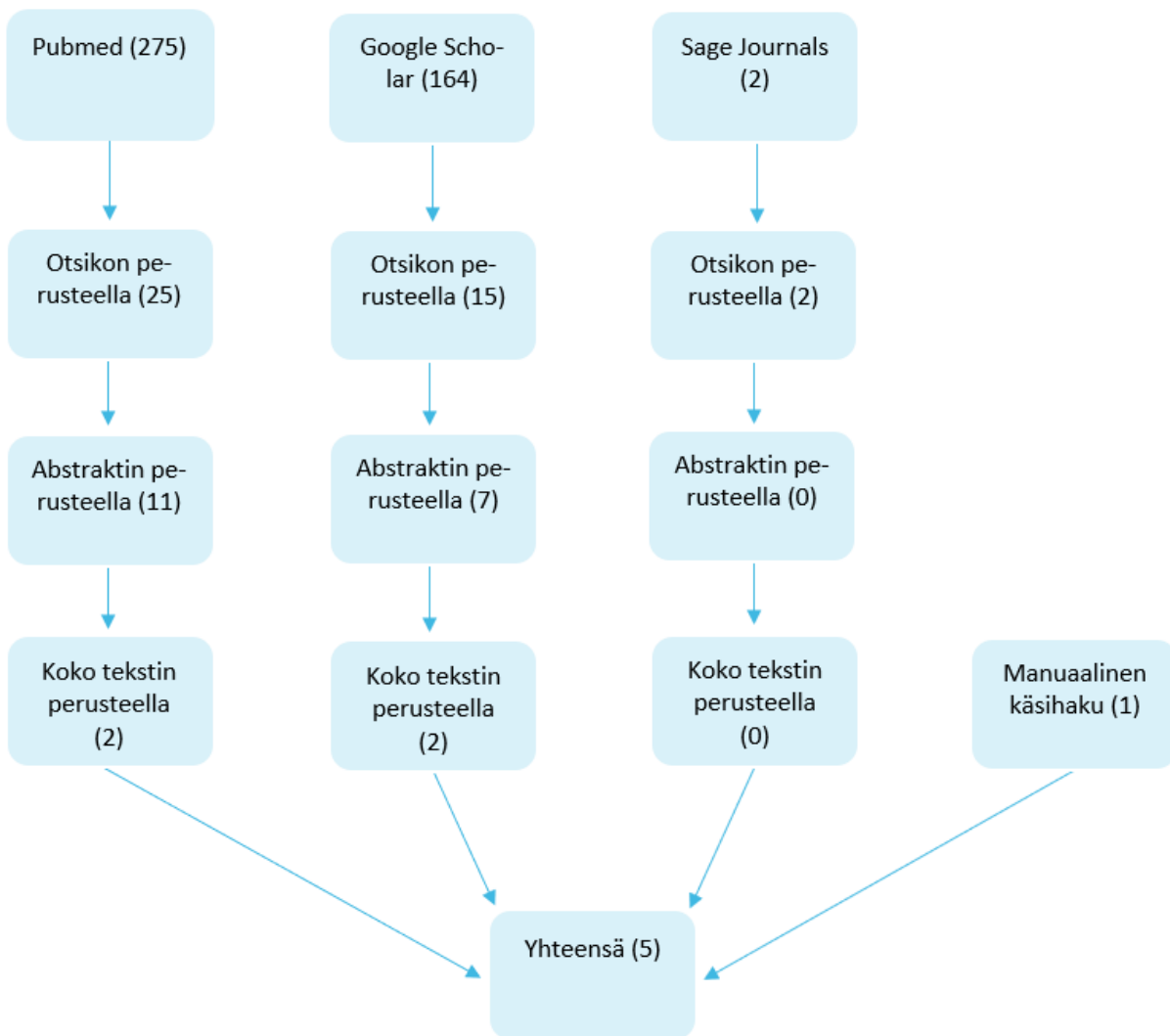


raamien sisällä. Muun muassa määrittelemällä vuosiluku tai julkaisukieli saadaan hakutuloksia rajattua helpommin käsiteltävään kokoon. Kriteerit auttavat tutkimusten valinnassa ensin otsikoiden perusteella, sen jälkeen abstraktien perusteella ja lopulta koko tekstin perusteella. (Niela-Vilén & Hamari 2016, 26–27.) Kirjallisuuskatsauksessa käytetyt sisäänotto- ja poissulkukriteerit ovat kuvattuna alla olevassa taulukossa (Taulukko 3.).

Taulukko 3. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Tutkimus kohdistuu lentäjiin tai lentämiseen	Tutkimus ei kohdistu lentäjiin tai lentämiseen
Tutkimus vastaa yhteen tai useampaan tutkimuskysymykseen	Tutkimus ei vastaa yhteenkään tutkimuskysymykseen
Tutkimuksen julkaisukieli on suomi tai englanti	Tutkimuksen julkaisukieli on muu kuin suomi tai englanti
Tutkimus on julkaistu vuosina 2010–2023	Tutkimus on julkaistu ennen vuotta 2010
Koko teksti on saatavilla	Koko teksti ei ole saatavilla

Työhön valitut sisäänottokriteerit määräytyivät aiemmin tehtyjen pilottihakujen avulla, jolloin esimerkiksi julkaisuvuoden kriteeriksi määräytyi vuoden 2010 jälkeen julkaistut tutkimukset. Vähemmän tutkitun aiheen vuoksi oli myös kriteerien pysyttävä mahdollisimman avoimina, jolloin kirjallisuuskatsaukseen hyväksyttiin myös muita lentäjiä kuin sotilaslentäjiä. Tiedonhaun tuloksena tutkimuksia löytyi aluksi yhteensä 441, joista poistettiin seuraavan vaiheen aikana duplikaatit muun muassa eri tietokantojen väliltä. Otsikon perusteella jatkoon näistä meni 42 ja abstraktin perusteella 18. Lopulliseen katsaukseen valikoitui koko tekstin perusteella neljä ja manuaalisen käsihaun jälkeen tutkimuksia oli viisi. Tiedonhakuprosessi on eritelty tarkemmin kuviossa 4.



Kuvio 4. Tiedonhakuprosessi

## 7.5 Aineiston laadunarviointi

Tutkimuksen kriittinen arviointi eli laadunarviointi on katsauksen seuraava osa (Systemaattinen tiedonhaku: Laadunarviointi 2023). Sen tarkoituksena on määritellä tutkimustulosten luotettavuutta ja kunkin tutkimuksen painoarvoa kirjallisuuskatsauksessa (Lemetti & Ylönen 2016, 67). Arvioinnin avuksi on olemassa erilaisiin tutkimuksiin sopivia arviointikriteereitä, joiden tehtävänä on kiinnittää huomiota tutkimuksessa oleviin mahdollisiin järjestelmällisiin virheisiin. (Systemaattinen tiedonhaku: Laadunarviointi 2023.)

Tutkimuksista yksi oli satunnaistettu kontrolloitu tutkimus eli RCT-tutkimus (eng. Randomized Controlled Trial) ja loput neljä ei-randomoituja kokeellisia tutkimuksia. Tutkimusten laadunarviointi tapahtui Joanna Briggs instituutin (JBI) kriteeristöjä hyödyntäen. RCT-tutkimus arvioitiin RCT-kriteeristöllä, josta se sai yhdeksän pistettä eli noin 70 % maksimipisteistä. Ei-randomoidut kokeelliset tutkimukset puolestaan arvioitiin kvasikokeellisen kriteeristön mukaan, jonka mukaan yksi tutkimus sai 6 pistettä (n. 67 %), kaksi tutkimusta 5 pistettä (n. 56 %) ja yksi puolestaan 4 pistettä (44 %). Laadukkaan tutkimuksen olisi hyvä saada vähintään 50 % kriteeristön pisteistä. Alhaisempi tulos voidaan kuitenkin huomioida, mikäli heikkolaatuinen tutkimus on saatavilla olevaa parasta näyttöä kyseisestä aiheesta. (Näytönastekatsauksen laatiminen n.d.) Tutkimuksiin hyödynnetyt laadunarviointikriteeristöt löytyvät työn lopusta liitteenä (Liite 1.)

## **7.6 Aineiston analysointi**

Aineiston analysoinnilla halutaan järjestellä ja vetää yhteen kirjallisuuskatsaukseen valittujen tutkimusten tuloksia. Analyysin ensimmäisessä vaiheessa kuvataan tutkimusten tärkeimmät sisällöt, kuten kirjoittajat, julkaisuvuosi, tarkoitus ja aineistonkeruumenetelmät sekä tutkimuksen päätulokset. Toisessa vaiheessa aineistoa luetaan, tehdään merkintöjä ja jaetaan esimerkiksi teemoihin. Tämän prosessin myötä on mahdollista luoda synteesi aineistosta. (Niela-Vilén & Hamari 2016, 30—31.)

Tämän opinnäytetyön kirjallisuuskatsaukseen valikoituneet tutkimukset käsittelivät pääosin lentäjien visuaalisia skannausstrategioita ja niiden vaikutuksia lentosuorituksiin. Kaikissa tutkimuksissa hyödynnettiin teknologiaa esimerkiksi silmien liikkeiden seuraamisessa ja kokeellisen lentotilanteen muodostamisessa simulaattorilla. Kolmessa tutkimuksessa osallistujat olivat sotilaslentäjiä ja kahdessa puolestaan liikennelentäjiä. Kaikki tutkimuksiin osallistuvat olivat iältään 20–40-vuotiaita miehiä ja he osallistuivat tutkimuksiin vapaaehtoisesti. Tutkimusten oleelliset tiedot sekä laadunarviointi on esitetty tiivistetysti alla olevassa taulukossa (Taulukko 4.)

Taulukko 4. Kirjallisuuskatsauksen tutkimukset

Tutkimuksen tekijät	Julkaisu-vuosi	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimuksen menetelmä ja otanta (n)	Johtopäätökset	Tutkimuksen laatu (JBI kriteeristö)
Bałaż, Lewkowicz, Francuz, Augustyńowicz, Fudali-Czyż, Strózak & Truszczyński	2018	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, millä tavalla simulaattorilla luodut aistiharhat vaikuttavat katseen käyttäytymiseen sotilaslentäjillä ja ei-lentäjillä.	Ei-randomoitu kokeellinen tutkimus, tutkimukseen osallistui 40 (n=40)	Tutkimuksessa todettiin aistiharhojen vaikuttavan molemmilla ryhmillä yhtäläisesti. Katseenseurantateknologia voisi olla hyödyllinen väline aistiharhojen aikaisen lentosuorituksen harjoitteluun.	6/9
Ledegang & Groen	2018	Tarkoituksena oli tutkia, millä tavoin asentotajun menettäminen vaikuttaa sotilaslentäjän lentosuoritukseen ja visuaaliseen hahmottamiseen.	Ei-randomoitu kokeellinen tutkimus, tutkimukseen osallistui 10 (n=10)	Asentotajun menettäminen voi aiheuttaa sopimattomia ohjausliikkeitä ja näin vaikuttaa lentäjän visuaaliseen hahmottamiseen ja visuaaliseen hahmottamiseen. Katseen seuraaminen antaa hyödyllistä palautetta mittariston lukemisesta.	5/9
Lefrançois, Matton & Causse	2021	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää liikennelentäjien silmien skannausstrategioiden vaikutusta lentämiseen.	RCT, tutkimukseen osallistui 14 (n=14)	Tutkimus osoitti heikomman mittareiden seurannan liittyvän heikompaan lentosuoritukseen. Tulokset näyttäisivät myös viittaavan siihen, että visuaalisia skannausstrategioita olisi mahdollista harjoittaa yksilöllisen palautteen ja esimerkkivideoiden avulla.	9/13
Shao, Lu, Wang, Liu, Zhang, Liu & Wu	2020	Tarkoituksena oli tutkia liikennelentäjien keskittymiskyvyn, mittareiden lukemisen ja silmien liikkeiden välistä yhteyttä.	Ei-randomoitu kokeellinen tutkimus, tutkimukseen osallistui 16 (n=16)	Mittareiden lukemisen ja huomion jakamisen harjoittelu voi tehostaa lentäjien suoritusta.	5/9
Yu, Wang, Li & Braithwaite	2014	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää laitteiden avulla, kuinka silmien toiminta ja huomion jakaminen vaikuttivat sotilaslentäjien tilannetietoisuuteen.	Ei-randomoitu kokeellinen tutkimus, tutkimukseen osallistui 18 (n=18)	Tutkimus osoitti, että silmien skannausstrategioiden seuraaminen laitteiden avulla voisi auttaa lentäjän huomion jakamisen hahmottamisesta. Tilannetietoisuuden harjoittelun kannalta näiden laitteiden käyttöönotto olisi todennäköisesti hyödyllistä.	4/9

## 8 Tulokset

### 8.1 Katseen kohdistamisen merkitys lentämisessä

Useassa tarkastelun kohteena olleessa tutkimuksessa tuli esiin katseen kohdistamisen merkitys lentämisessä. Bałaj ja muut (2018) löysivät tutkimuksessaan mahdollisen yhteyden liiallisen ohjauksen ulkopuolisen fiksaation ja asentotajun menettämisen suhteen oleellisten mittareiden skannauksen puuttuessa. Myös Ledegangin ja Groenin (2018) tutkimustulokset tukevat Bałajin ja muiden (2018) tuloksia sotilaslentäjien skannausstrategioiden ja asentotajun menettämisen välillä. Ledegang ja Groen (2018) korostivat oikean mittariston skannausstrategian olevan jopa pelastava tekijä asentotajun menettämisen ja siitä seuraamien sopimattomien ohjausliikkeiden yhteydessä. Tämän takia he toivat esille simulaattorilla luotujen asentotajun menettämistilanteiden harjoittelun yhdistettynä silmien liikkeiden seuraamiseen. Tällöin lentäjillä itsellään olisi myös mahdollista ymmärtää mittariston lukemisen merkityksellisyys osana asentotajun menettämisen ennaltaehkäisyä. (Ledegang & Groen 2018.)

Shaon ja muiden (2020) tutkimustulosten mukaan vahva mittariston lukemiskyky oli suoraan yhteydessä liikennelentäjien tehokkaamman visuaalisen informaation prosessointikykyyn. Samalla he korostivat mittariston lukemiskyvyllä olevan merkitystä lentäjien automaattiseen tiedon prosessointiin lennon aikana. (Shao ym. 2020.) Nämä tulokset osoittivat Shaon ja muiden (2020) sekä Ledegangin ja Groenin (2018) olevan yhtä mieltä siitä, että mittariston tehokkaalla lukemiskyvyllä ja skannausstrategioilla on merkitystä turvallisen lentotoiminnan takaamisessa (Shao ym. 2020; Ledegang & Groen 2018).

Bałaj ja muut (2018) nostivat tutkimuksessaan esille sotilaslentäjien ja ei-lentäjien välisten skannausstrategioiden erojen olleen merkittävässä roolissa lentotoiminnasta suoriutumisen kannalta, osoittaen sotilaslentäjien skannausstrategiat tehokkaimmiksi. (Bałaj ym. 2018.) Myös Lefrançois ja muut (2021) osoittivat liikennelentäjien skannausstrategioita tutkiessaan, että lentäjillä, joilla oli heikommat mittareiden skannausstrategiat, suoriutuivat tehtävästään heikommin, verrattuna tehokkaamman skannausstrategian omaaviin kokeneempiin lentäjiin. Tehtävästä heikommin suoriutuneet lentäjät keskittyivät joko liikaa tai liian vähän tiettyihin mittareihin, ja samalla heillä oli vähemmän skannauskuvioita. (Lefrançois ym. 2021.) Shao ja muut (2020) mainitsivat, että liikennelentäjien mittareiden lukemiskykyyn vaikuttivat lentäjien mentaaliset mallit ja kokemukset.

Lisäksi he totesivat eri mittareiden välillä olevan eroja niiden lukemisen haastavuuden suhteen, nopeusmittarin ollessa tulosten mukaan helpoin luettava mittari. (Shao ym. 2020.)

## 8.2 Silmien liikeharjoittelun vaikutus asentotajun menettämiseen

Asentotajun menettämisen vaikutuksia lentäjien suorituksiin tutki muun muassa Bałaj ja muut (2018) sekä Ledegang ja Groen (2018). Ledegang ja Groeng (2018) osoittivat tutkimuksessaan sotilaslentäjien lentosuoritukseen ja katseen käyttäytymiseen vaikuttavan huomattavasti sekä vestibulaariset että visuaaliset aistiharhat. Bałajin ja muiden (2018) tulokset tukevat tätä, sillä he huomasivat aistiharhojen häiritsevän tutkimuksessa mukana olleiden lentäjien normaalia mittareiden seuranta, joka oli nähtävissä tilanteessa tarvittavien mittareiden lyhentyneenä katsomisaikana. Lisäksi he huomasivat, ettei kokemuksella ollut suojaavaa vaikutusta lentotoiminnan heikkenemiseen aistiharhojen aikana. (Bałaj ym. 2018.)

Shao ja muut (2020) esittivät tutkimuksessaan, että silmien liikkeiden tehokkuus voi auttaa liikennelentäjiä keskittymään nopeammin, keräämään laajaa tietoa kohteesta sekä suorittamaan haku-tehtäviä lyhyessä ajassa. Samalla lentäjän päätöksenteko nopeutuu ja tilannetietoisuus kehittyy. (Shao ym. 2020.) Tätä tulosta kannattelee Yun ja muiden (2014) tutkimus, jonka mukaan silmien liikkeiden seuraaminen laitteiden avulla voi edistää sotilaslentäjän huomion jakamisen seuraamista. Myös Lefrançois ja muut (2021) esittivät, että liikennelentäjien visuaalisia skannausstrategioita olisi mahdollista kehittää harjoittelulla, joka sisältäisi henkilökohtaista palautteenantoa ja ammattilaislentäjien silmien liikkeiden seurannasta kertovaa videomateriaalia.

Yu ja muut (2014) totesivat, että simulaattoriharjoittelun haasteena on ohjaajan kyvyttömyys tunnistaa sotilaslento-oppilaan katseen sijaintia mittaristolla. Jos oppilaan skannauskuviot pystytettiin tallentamaan ja näyttämään ohjauspaneelilla samanaikaisesti, pystyisi ohjaaja tarkastella oppilaan huomion jakautumista ja tätä kautta kehittämään oppilaan suoritusta tilannetietoisuuden näkökulmasta. (Yu ym. 2014.) Tästä syystä myös Ledegang ja Groen (2018) sekä Shao ja muut (2020) toivat Yun ja muiden (2014) lisäksi esille, että silmien liikkeiden seurantalaitteiden lisääminen osaksi simulaattoriharjoittelua edistäisi tilannetietoisuuden sekä asentotajun menettämisen ennaltaehkäisevää harjoittelua.

### 8.3 Johtopäätökset

Tutkimukset korostivat lennon aikaisten silmien liikkeiden ja skannausstrategioiden tärkeyttä niin sotilaslentäjien kuin liikennelentäjienkin osalta turvallisen lentotoiminnan takaamisessa. Lisäksi tutkimustulokset vahvistivat jo teoriaosuudessa esiin tullutta näköaistin roolin tärkeyttä osana sotilaslentäjien asentotajun muodostumista. Silmien liikkeiden seuraamisesta todettiin olevan mahdollisesti hyötyä osana simulaattoriharjoittelua tilannetietoisuuden kehittämisen kannalta, mikä osaltaan voisi ehkäistä asentotajun menettämistä. Tutkimuksissa todettiin myös videoharjoittelulla ja henkilökohtaisella palautteen antamisella olevan vaikutusta lentäjien skannausstrategioiden kehittymiseen. Näin ollen on mahdollista ajatella, että silmien liikkeiden harjoittelulla voisi olla vaikutusta silmien skannausstrategioihin ja mittareiden lukutaitoon. Samalla voidaan olettaa, että liikeharjoittelulla ja skannausstrategioilla olisi myös vaikutusta asentotajun menettämisen tai aistiharjojen aikaisessa tehokkaassa mittareiden lukutaidossa, mikä puolestaan edistäisi turvallista lentotoimintaa. Kaikki tutkimukset osoittivat silmien liikkeiden seuraamisella olevan positiivista näyttöä lentotehtävistä suoriutumisessa. On kuitenkin hyvä huomioida, ettei tutkimustuloksia voida yleistää niiden rajallisen otannan ja heikkojen laatukriteerien vuoksi.

## 9 Pohdinta

Sotilaslentotoiminta Suomessa voi olla monelle vieras aihe, minkä vuoksi opinnäytetyön teoriaosuudessa haluttiin kertoa siitä kattavasti. Opinnäytetyössä hyödynnettiin kansainvälistä materiaalia suomalaisen kirjallisuuden rajallisuuden vuoksi. Käytetty kirjallisuus oli pääasiassa 2000-luvulla julkaistua, mutta joistakin aiheista ei ollut saatavilla tuoreempaa materiaalia. Tästä syystä etenkin teoriaosuudessa jouduttiin hyödyntämään myös 1990-luvun kirjallisuutta. Opinnäytetyössä hyödynnettiin osittain toissijaisia lähteitä, koska alkuperäistä materiaalia ei aina ollut saatavilla. Hyödynnetyn kirjallisuuden iän ja alkuperäisten lähteiden puutteen vuoksi kaikki tieto ei välttämättä ole yleistettävissä nykypäivään. Lisäksi käytetty lähdemateriaali on suurimmaksi osin englannin kielistä, joka ei ole opinnäytetyön kirjoittajien äidinkieli. Tämän takia kirjoittajat ovat voineet ymmärtää yksittäisiä käsitteitä tai asiayhteyksiä väärällä tavalla. Väärinymmärryksien välttämiseksi opinnäytetyön kirjallisuutta ja sanastoa pyrittiin kuitenkin kääntämään mahdollisimman huolellisesti alkuperäisen sisällön säilyttämiseksi.

Kirjallisuuskatsauksen tutkimukset arvioitiin laadullisesti JBI kriteeristöjä hyödyntäen. Tutkimusten laatu jäi kohtalaiselle tasolle muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Yhtäältä heikko tutkimuksen laatu alentaa sen luotettavuutta ja samalla tutkimustulosten pätevyyttä. Toisaalta, vaikka valitut tutkimukset olivat yksinään heikkotasoisia, nousi jokaisessa tutkimuksessa esille samankaltaisia tuloksia. Tutkimukset siis yhdessä vahvistavat tulosten pätevyyttä ja tätä kautta niiden laatua voidaan pitää korkeampana. Tutkimusten luotettavuutta arvioitaessa huomioitiin myös tutkittavien samankaltaisuus. Kaikissa tutkimuksissa mainittiin tutkimukseen valittujen henkilöiden kriteerit tarkasti, jonka avulla oli helpompi arvioida, oliko tutkittavat keskenään samankaltaisia. Yksilölliset erot tutkittavien välillä voivat vaikuttaa tutkimustuloksiin, jolloin samankaltaisuus poistaa tämän riskitekijän tutkimuksesta.

Tarkasteltaessa tutkimusten otantaa voidaan huomata tutkittavien määrän olevan jokaisessa tutkimuksessa niukka. Keskimääräisesti osallistujia tutkimuksissa oli noin 20, joka on luotettavalle tutkimuksella alhainen määrä ja tällöin tutkimustuloksia on harvemmin mahdollista yleistää koskemaan koko populaatiota. Otanta voidaan kuitenkin osin selittää alan ammattilaisten rajallisena määränä etenkin, kun huomioidaan tutkimusten esittämät kriteerit tutkittavien mukaanotto- ja poissulku-prosessissa. Pienen otannan lisäksi on hyvä huomata, että kirjallisuuskatsauksen perusteella valikoituneista tutkimuksista yksi oli RCT-tutkimus ja loput neljä puolestaan ei-randomoituja kokeellisia tutkimuksia. Näistä neljästä tutkimuksesta uupui randomoinnin lisäksi kontrolliryhmä, mikä osaltaan lisää epävarmuutta tulosten yleistettävyydestä. Kaikista tutkimuksista kävi kuitenkin ilmi vakioidut tutkimusolosuhteet, jotka mahdollistavat tutkimusten toistettavuuden ja lisäävät näin läpinäkyvyytensä kautta luotettavuutta.

Tutkimustulosten perusteella lentäjien skannausstrategioilla ja silmien liikkeillä on merkitystä lentotoimintaan ja niitä seuraamalla on myös mahdollista kehittää lentäjän toimintaa. Tuloksista kävi ilmi erilaisten simulaattoriharjoitusten ja niistä saadun palautteen tärkeys osana lentäjän oman toiminnan ymmärtämistä. Oman toiminnan reflektointi voi edistää tilannetietoisuutta ja lennon aikaista suoriutumista. Tutkimukset puolsivat asentotajukoulutuksen tärkeyttä osana lentäjien uraa. Koulutuksella pyritään saamaan lentäjä toimimaan oikein tilanteissa, joissa asentotaju on jo mahdollisesti menetetty. Vaikka tutkimuksissa käsiteltiin sekä liikenne- että sotilaslentäjiä, toivat ne esille molempien ammattien yhteisen kolmiulotteisen toimintaympäristön haasteet ja mahdollisuuden vaikuttaa niihin. On kuitenkin hyvä huomioida mahdolliset mittaristojen, ohjaamoiden ja



lentotehtävien eroavaisuudet etenkin, kun tutkimuksissa oli mukana niin liikenne- kuin sotilaslentäjiäkin.

Sotilaslentäjien silmien liikkeistä aistiharhojen tai asentotajun menettämisen yhteydessä on tehty hyvin vähän tutkimuksia. Lisäksi silmien liikeharjoittelun vaikuttavuutta lentäjän toimintaan ei ole tutkittu tai tutkimuksia ei ollut saatavilla. Tämän takia etenkin tutkimuskysymyksiin vastaaminen oli pääasiassa johtopäätösten varassa, jolloin suoraa vastausta ei tutkimusten perusteella voitu antaa. Syy-seuraussuhteiden kautta löydettiin kuitenkin yhteyksiä silmien liikeharjoittelun ja asentotajun välillä. Silmien liikkeiden harjoittelun edistäessä teorian mukaan katseenseurantaa ja havainnointia voitiin johtopäätöksenä todeta, että harjoittelulla voisi mahdollisesti olla merkitystä esimerkiksi mittareiden lukutaitoon, fiksaatioon ja skannausstrategioihin. Tästä ei kuitenkaan ollut löydettävissä puoltavaa tutkimustulosta, joka tätä edellä mainittua johtopäätöstä täysin tukisi.

Johtopäätösten perusteella silmien liikeharjoittelu visuaalisen terapian keinoin voisi olla hyödyllinen lisäys sotilaslentäjien uran aikaiseen harjoitteluun, vaikka suoraa tutkimusnäyttöä harjoitteiden hyödyistä ei ollutkaan saatavilla. Tämä tutkimusnäytön puute on hyvä ottaa huomioon, mikäli silmien liikeharjoitteita sovelletaan käytäntöön. Harjoitteluun voitaisiin mahdollisesti myös yhdistää pään liike, jolloin vestibulaarijärjestelmä saataisiin toimintaan mukaan ja adaptaatio erilaisten liikeärsykkeiden kautta olisi mahdollista. Silmien toiminnan ymmärtäminen ei välttämättä ole osa fysioterapeutin perusosaamista, joten yhteistyö muiden ammattilaisten kanssa voisi olla suotuisaa harjoittelun suunnittelussa ja toteuttamisessa. Moniammatillinen yhteistyö esimerkiksi fysioterapeuttien ja lääkäreiden välillä voisi olla tässä tapauksessa tarpeen, tehokkaan ja toimivan harjoitusohjelman luomiseksi. Opinnäytetyössä esiin tulleet harjoitteet ja harjoitusvälineet olivat vain pieni esimerkki siitä, miten silmien liikeharjoittelua voitaisiin toteuttaa.

Kuten aiemmin teoriaosuudessa mainittiin, sotilaslentäjän ammatti voi aiheuttaa erilaisia tuki- ja liikuntaelinongelmia. Tämän vuoksi fysioterapeutti voi silmien liikeharjoittelun toteuttamisen lisäksi toimia lentäjän tukena fyysisen toimintakyvyn edistämässä ja työkyvyn säilyttämisessä erilaisin keinoin. Fysioterapeutin työnkuva voisi mahdollisesti painottua ennaltaehkäisevään ohjaukseen ja neuvontaan sekä manuaaliseen terapiaan ja kuntoutukseen. Kuntoutuksen tulisi olla yksilöllisesti suunniteltua ja tavoitteiden mukaisesti toteutettua, jotta kuntoutuksen vaikuttavuus olisi mahdollisimman suuri. Lisäksi tiivis yhteistyö lentäjän ja fysioterapeutin välillä voisi vähentää

yhteiskunnallista kuormitusta, kun lentäjien työkykyisyys säilyisi pidempään ja näin ollen välttyttäisiin samalla ylimääräisiltä terveydenhuollollisilta kuluilta.

## 9.1 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyössä on hyödynnetty Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) laatimaa hyvän tieteellisen käytännön (HTK) ohjeistusta, jonka tavoitteena on olla edistämässä positiivista tieteellistä toimintaa (Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK) 2023). Muun muassa rehellisyyttä, luotettavuutta, arvostusta ja vastuunkantoa voidaan pitää tutkimuksen peruseriaatteena HTK:n näkökulmasta (Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2023, 11). Hyödyntämällä kyseistä ohjeistusta, työssä pyrittiin säilyttämään sen eettisyys ja luotettavuus oikeaoppisen tieteellisen toiminnan takaamisella. Tieteellisen tutkimuksen työstämisessä on tärkeä huomioida huolellinen suunnittelu, toteutus sekä dokumentointi (Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2023, 13). Opinnäytetyön teossa noudatettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun opinnäytetyön työskentely- ja raportointiohjetta. Ennen varsinaisen työn aloitusta tehtiin opinnäytetyösuunnitelma, jonka tarkoituksena oli ohjata tulevaa työprosessia pysymään haluttujen kriteerien sisällä. Kyseinen suunnitelma sekä muut tiedostot tallennettiin asianmukaisille alustoille työn avoimuuden varmistamiseksi.

Ennen tutkimuksen aloittamista on tutkimuslupien oltava kunnossa (Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK) 2023). Lisäksi tutkimusaineistoa käsitellessä on noudatettava tietosuojalainsäädäntöä sekä mahdollisia salassapitovelvoitteita (Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2023, 13). Tutkimuslupia sekä salassapitovelvollisuuksia ajatellen päädyttiin jo työn alkuvaiheissa pidättäytymään julkisissa tietokannoissa sekä kirjallisuuskatsauksessa. Julkisten tietokantojen käyttö toi oman rajallisuutensa tähän työhön, sillä on mahdotonta sanoa, olisiko laadukkaampia tai uudempia tutkimuksia ja kirjallisuutta löytynyt tietosuojan takaa. Toisaalta opinnäytetyön tarkoitus on olla avoin ja kaikille luettavissa oleva, minkä vuoksi työn kirjoittajille oli tärkeää pidättäytyä avoimissa lähteissä. Lisäksi kirjoitusprosessin aikana pyrittiin kirjaamaan käytetyt lähteet heti ylös sekä käyttämään asianmukaisia viittaustapoja plagioinnin estämiseksi. Asianmukaisilla viittaustavoilla kunnioitetaan asiantuntijoiden kirjallisuutta tiedeyhteisössä (Mts., 14). Tämän opinnäytetyön luotettavuutta lisää siihen osallistuneiden kirjoittajien määrä, joka tässä tapauksessa oli kaksi henkilöä. Esimerkiksi sekä kirjallisuushaun että laadunarvioinnin kirjoittajat suorittivat ensin itsenäisesti, jonka jälkeen tehtiin yhteenveto ja verrattiin saatuja tuloksia. Näin

tutkimuksen osalta tulokset on varmistettu kahdesti lisäten sen todenmukaisuutta ja luotettavuutta.

Eettisesti kestävien ja tutkimuskriteerien mukaisten tiedonhankinta-, tutkimus- ja arviointimenetelmien soveltaminen on osa HTK-ohjeistusta (Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK) 2023). Opinnäytetyön tiedonhankintaprosessin aikana hyödynnettiin luotettavia tieteellisiä tietokantoja. Samalla tutkimusten valinnassa apuna käytettiin sisäänotto- ja poissulkukriteerien lisäksi laadunarviointiin tarkoitettuja Joanna Briggs instituutin kriteeristöjä. Tarkasteluun päätyneet tutkimukset arvioitiin niille sopivilla kriteeristöillä laadun osalta. Tutkimukset jäivät suurilta osin kohtalaisen ja hyvän välille, mikä osaltaan heikentää työn luotettavuutta. On kuitenkin hyvä huomioida aiheen kannalta oleellisten tutkimusten olemassaolon rajallisuus ja saatavuus, minkä takia muun muassa maksu-  
muurin vuoksi tutkimuksia on jouduttu karsimaan pois. Lisäksi opinnäytetyön kirjoittajat toteuttivat ensimmäistä kertaa aineiston laadunarviointia, jolloin kokemuksen ja rutiinin puutteen vuoksi arviointi voi olla puutteellinen. Koko tutkimusprosessi kuvattiin työssä tarkasti taulukoihin, kuvioihin ja liitteisiin, jotta pystyttiin varmistamaan tutkimukselle tärkeässä roolissa oleva toistettavuus. Työn lähteiksi pyrittiin löytämään mahdollisimman tuoretta tietoa luotettavuuden lisäämiseksi, sillä muun muassa jatkuvan teknologisen kehityksen vuoksi useamman vuosikymmenen takaiset lähteet eivät välttämättä päde tänä päivänä. Kuitenkin lähdemateriaalin rajallisuuden vuoksi, täytyi osittain hyödyntää vanhempaa kirjallisuutta. Kirjallisuuskatsauksessa käytetyt tutkimukset puolestaan olivat vähintään viimeisen kymmenen vuoden aikana julkaistuja, jota voidaan pitää varsinkin tämän aiheen kannalta tuoreena tietona.

## 9.2 Jatkotutkimusideat

Tutkimusnäyttöä silmien liikeharjoittelun vaikutuksista sotilaslentotoimintaan on vielä vähän saatavilla. Varsinkaan suomalaisia tutkimuksia ei tullut kirjallisuushaun aikana vastaan lainkaan. Tästä syystä yhtenä jatkotutkimusideana voisi olla selvittää silmien liikeharjoittelun vaikutuksia lentotehtävistä suoriutumiseen Suomessa. Tässä opinnäytetyössä esitettyjen silmien liikeharjoitteiden testaaminen käytännössä voisi myös olla yksi jatkotutkimusidea. Lisäksi jatkotutkimusideana voisi olla Ilmavoimiin kohdistuva silmien liikkeiden tutkiminen eri lentotilanteissa, esimerkiksi asentotajukoulutuksen yhteydessä. Saman aiheen sisällä voisi verrata myös lentokoulutuksen eri vaiheissa olevien lentäjien skannausstrategioita sekä mahdollisia eroavaisuuksia. Koska huomion jakaminen on kognitiivinen prosessi, olisi myös mielenkiintoista tietää millaisia vaikutuksia kognitiivisella

kuormalla kuten väsymyksellä tai lentotehtävän haastavuudella mahdollisesti olisi sotilaslentäjien skannausstrategioihin ja mittareiden lukutehokkuuteen. Opinnäytetyön kirjoittajien mielestä asennotaju ja sen menettäminen ovat erittäin tärkeitä aiheita ja etenkin tutkimusten puutteellisuuden vuoksi kyseisistä aiheista ja niihin liittyvistä tekijöistä olisi hyvä tehdä enemmän tutkimustyötä toiminnan tehokkuuden ja turvallisuuden edistämiseksi.

## Lähteet

Antuñano, M. 2016. Spatial disorientation. Federal Aviation Administration. Päiv. 15.9.2016. Viitattu 9.2.2023. <https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/SpatialD.pdf>.

Antuñano, M. 2005. Spatial disorientation: Seeing is not believing. Federal Aviation Administration. Viitattu 25.10.2023. [https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/SpatialDisorientation\\_VisualIllusions.pdf](https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/SpatialDisorientation_VisualIllusions.pdf).

Acceleration in Aviation: G-Force. 2021. Federal Aviation Administration. Viitattu 15.2.2023. <https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/acceleration.pdf>.

Bałaj, B., Lewkowicz, R., Francuz, P., Augustynowicz, P., Fudali-Czyż, A., Strózak, P. & Truszczyński, O. 2018. Spatial disorientation cue effects on gaze behaviour in pilots and non-pilots. *Cognition, Technology & Work*, 21, 3, 473–486. Viitattu 3.10.2023. <https://spatialdisorientation.cueeffects.org/>

Baloh, R., Honrubia, V. & Kerber, K. 2011. *Clinical Neurophysiology of the Vestibular system*. 4. p. E-kirja. New York: Oxford University Press, 3–4. Viitattu 16.2.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Bertolini, G., Pagnamenta, A., Kunz, A., Del Torso, A. & Bron, D. 2023. Reduction of the vertical vestibular-ocular reflex in military aircraft pilots exposed to tactical, high-performance flight. *Frontiers in Neurology*, 2–8. Viitattu 18.10.2023. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389>.

Biousse, V. & Newman, N. 2020. *Neuro-Ophthalmology Illustrated*. 3.p. E-kirja. New York, New York: Thieme, 506. Viitattu 31.8.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Blauert, J. 1996. *Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization (Revised Edition)*. E-kirja. Cambridge: The MIT Press, 240. Viitattu 19.4.2023. <https://finna.fi>, MIT Press Direct.

Cheung, B. 2004. Nonvisual Spatial Orientation Mechanisms. Julkaisussa: *Spatial Disorientation in Aviation*. E-kirja. Reston, Va.: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 79. Viitattu 17.2.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Cheung, B. 2013. Spatial Disorientation: More Than Just Illusion. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 84, 11, 1211–1214. Viitattu 26.10.2023. <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem/2013/00000084/00000011/art00016#>.

Eloranta, V. 1996. Lentäjän tarvitsema suorituskyky. Julkaisussa: *Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas*. Jyväskylä: Gummerus, 32–34.

Eye Muscle Exercise. 2023. Julkaisu Physiopedia-sivustolla. Päiv. 11.8.2023. Viitattu 25.10.2023. [https://www.physio-pedia.com/Eye\\_Muscle\\_Exercise?utm\\_source=physiopedia&utm\\_medium=search&utm\\_campaign=ongoing\\_internal](https://www.physio-pedia.com/Eye_Muscle_Exercise?utm_source=physiopedia&utm_medium=search&utm_campaign=ongoing_internal).

Gilroy, A., MacPherson, B., Schuenke, M., Schulte, E. & Schumacher, U. 2017. Atlas of anatomy. 3. p. New York: Thieme Medical, 568.

Helde, K. 2002. Exploring a Visual Flow Display to Enhance Spatial Orientation during Flight. Tieteellinen katsaus, University College of Skövde, Department of Computer Science, 2—3. Viitattu 15.2.2023. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:3086/FULLTEXT02>.

Honkanen, T. 2019. Fighter pilots' physical performance and spinal-injury induced flight duty limitations. Tieteellinen katsaus, University of Jyväskylä, Faculty of Sports and Health Sciences, 56, 67. Viitattu 23.9.2023. [https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/63884/978-951-39-7723-8\\_vaitos24052019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/63884/978-951-39-7723-8_vaitos24052019.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Honkanen, T. & Sovelius, R. 2021. Sotilaslentäjien fyysinen kuormittuminen ja harjoittelu. Julkaisussa: Taistelijan fyysinen toimintakyky 2020. Tieteellinen katsaus, Maanpuolustuskorkeakoulu, johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, 81. Viitattu 9.2.2023. [Taistelijan fyysinen toimintakyky 2020 - Tieteellinen katsaus \(doria.fi\)](https://www.doria.fi/handle/10137/54444).

Houlis, A. 2023. Vision therapy. Julkaisu Vision Center-sivustolla. Päiv. 10.2.2023. Viitattu 22.10.2023. <https://www.visioncenter.org/resources/vision-therapy/>.

Hung, G. 2001. Models Of Oculomotor Control. E-kirja. River Edge, NJ: World Scientific, 1—7. Viitattu 21.2.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). 2023. Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK). Päiv. 9.10.2023. Viitattu 18.10.2023. <https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytando-htk>.

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. 2023. Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 11—14. Viitattu 18.10.2023. [https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje\\_2023.pdf](https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf).

Ilmavoimien historia ja perinteet. N.d. Julkaisu Puolustusvoimat.fi-sivustolla. Viitattu 9.2.2023. <https://puolustusvoimat.fi/web/historia/ilmavoimat>.

Instrument Flying Handbook. 2012. U.S. Federal Aviation Administration: Department of Transportation. E-kirja. Newcastle: Aviation Supplies & Accademics. Viitattu 23.2.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

ISO 80000-2:2019. SI-opas. Kansainvälinen suure- ja yksikköjärjestelmä. 7. p. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS, 23. Viitattu 24.2.2023. <https://sfs.fi/wp-content/uploads/2020/10/SI-opas.pdf>.

Jutila, T. & Hirvonen, T. 2013. Nystagmus. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 31.8.2023. <https://www.duodecimlehti.fi/duo10932#s4>.

Kiinnostaako lentäjän ura Puolustusvoimissa? N.d. Julkaisu Intti.fi-sivustolla. Viitattu 21.11.2023. <https://intti.fi/lentajat>.

Kuronen, P. & Myllyniemi, J. 1996. Lentäjän työn kuormittavuus. Julkaisussa: Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerus, 11, 17–18.

Ledegang, W. & Groen, E. 2018. Spatial Disorientation Influences on Pilots' Visual Scanning and Flight Performance. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 89, 10, 873–882. Viitattu 3.10.2023. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30219114/>.

Lefrançois, O., Matton, N. & Causse, M. 2021. Improving Airline Pilots' Visual Scanning and Manual Flight Performance through Training on Skilled Eye Gaze Strategies. *Safety*, 7, 4, 70. Viitattu 3.10.2023. <https://www.mdpi.com/2313-576X/7/4/70>.

Lehtiö, L. & Johansson, E. 2016. Järjestelmällinen tiedonhaku hoitotieteessä. Julkaisussa: Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turku: Turun yliopisto, 35, 38–39.

Lemetti, T. & Ylönen, M. 2016. Kirjallisuuskatsaukseen valittujen tutkimusartikkeleiden arviointi. Julkaisussa: Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turku: Turun yliopisto, 67.

Lento-onnettomuus Pertunmaalla 23.2.2003. Tutkintaselostus, Onnettomuustutkintakeskus. Helsinki: Multiprint. Viitattu 23.9.2023. [https://turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/ilmailuonnettomuuksientutkinta/2003/b12003I\\_tutkintaselostus/b12003I\\_tutkintaselostus.pdf](https://turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/ilmailuonnettomuuksientutkinta/2003/b12003I_tutkintaselostus/b12003I_tutkintaselostus.pdf).

Lentäjän näkövaatimukset armeijassa ja siviili-ilmailussa. N.d. Blogi-kirjoitus Piilolinssioptikko.net-sivustolla. Viitattu 21.11.2023. <https://www.piilolinssioptikko.net/lentajan-nakovaatimukset-armeijassa-ja-siviili-ilmailussa/>.

Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. 2012. Anatomia ja fysiologia. Rakenteesta toimintaan. 3.–5. p. Helsinki: Sanoma Pro.

Li, W., Yu, C., Braithwaite, G. & Greaves, M. 2016. Pilots' Attention Distributions Between Chasing a Moving Target and a Stationary Target. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 87, 12, 989–990. Viitattu 23.10.2023. [https://pilots attention distributions between chasing a moving target and a stationary target](https://pilots%20attention%20distributions%20between%20chasing%20a%20moving%20target%20and%20a%20stationary%20target).

Lockheed Martin F-35A Lightning II on Suomen seuraava monitoimihävittäjä. 2021. Julkaisu Ilmavoimat.fi-sivustolla. Viitattu 30.8.2023. <https://ilmavoimat.fi/-/lockheed-martin-f-35a-lightning-ii-on-suomen-seuraava-monitoimihavittaja>.

Macrovector. N.d. Freepik. Viitattu 5.11.2023. [https://www.freepik.com/free-vector/human-eye-anatomy-diagram\\_6438436.htm#query=eye%20muscles&position=8&from\\_view=search&track=ais](https://www.freepik.com/free-vector/human-eye-anatomy-diagram_6438436.htm#query=eye%20muscles&position=8&from_view=search&track=ais).

Monimuotoista lentotoimintaa. N.d. Julkaisu Ilmavoimat.fi-sivustolla. Viitattu 20.2.2023. <https://ilmavoimat.fi/lentotoiminta>.

Morris, L. & Gottshall, K. 2014. Physical Therapy Management of the Patient with Vestibular Dysfunction from Head Trauma. Julkaisussa: Vestibular Rehabilitation. E-kirja. 4.p. Philadelphia, Pennsylvania: F. A. Davies Company, 513. Viitattu 3.11.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

- Newman, D. 2007. An overview of spatial disorientation as a factor in aviation accidents and incidents. Australian Transport Safety Bureau, 8–9. Viitattu 24.10.2023. <https://www.atsb.gov.au/sites/default/files/media/29971/b20070063.pdf>.
- Newman, D. 2014. Flying Fast Jets: Human Factors and Performance Limitations. E-kirja. Boca Raton: CRC Press. Viitattu 9.2.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.
- Niela-Vilén, H. & Hamari, L. 2016. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet. Julkaisussa: Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turku: Turun yliopisto, 23–31.
- Näytönastekatsausten laatiminen. N.d. Julkaisu Hotus -sivustolla. Viitattu 11.10.2023. <https://www.hotus.fi/naytonastekatsausten-laatiminen/>.
- Näöntarkkuus. N.d. Julkaisu Silmäasema.fi-sivustolla. Viitattu 21.11.2023. <https://www.silmäasema.fi/artikkeli/naontarkkuus.html>.
- Perry, C. 2023. Oculomotor nerve. Julkaisu KenHub-sivustolla. Päiv. 30.10.2023. Viitattu 2.11.2023. <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-oculomotor-nerve>.
- Plishka, C. 2015. A clinician's guide to balance and dizziness: Evaluation and treatment. E-kirja. Thorofare, New Jersey: SLACK Incorporated. Viitattu 30.8.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.
- Previc, F. & Ercoline, W. 2004. Spatial Disorientation in Aviation: Historical Background, Concepts, and Terminology. Julkaisussa: Spatial Disorientation in Aviation. E-kirja. Reston, Va.: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1–20. Viitattu 17.2.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.
- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Katz, L., LaMantia, A., McNamara, J. & Williams, S. 2001a. Central Vestibular Pathways: Eye, Head, and Body Reflexes. Julkaisussa: Neuroscience. 2.p. Viitattu 30.8.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10987/>.
- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Katz, L., LaMantia, A., McNamara, J. & Williams, S. 2001b. Types of Eye Movements and Their Functions. Julkaisussa: Neuroscience. 2. p. Viitattu 31.8.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10991/>.
- Rintala, H. & Kanninen, P. 1996. Lentäjän tarvitsema suorituskyky. Julkaisussa: Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerus, 28.
- Rintala, H. 2012. Sotilaslentäjien fyysinen suorituskyky sekä työperäiset tuki- ja liikuntaelinoireet. Väitöskirja, Maanpuolustuskorkeakoulu, johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos. Viitattu 10.8.2023. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/86186/Vit skirja Rintala netti.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/86186/Vit%20skirja%20Rintala%20netti.pdf?sequence=4&isAllowed=y).
- Rintala, H. 2010. Terästä kone ja mies? Sotilaslentäjän toimintakykyisyyden myytti G-voimien murrettavana. Tiede ja Ase, 68, 98. Viitattu 8.9.2023. <https://journal.fi/ta/article/view/4135>.



Rollin Stott, J. 2011. Spatial Orientation and Disorientation. Julkaisussa: The Neuroscience and the Practice of Aviation Medicine. E-kirja. Boca Raton: CRC Press. Viitattu 26.10.2023. [https://books.google.fi/books/the neuroscience and practice of aviation medicine](https://books.google.fi/books/the%20neuroscience%20and%20practice%20of%20aviation%20medicine).

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallinto-tieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja, opetusjulkaisuja 62, julkisjohtaminen 4, 4–8. Viitattu 13.10.2023. [https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf).

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen – aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka, 27–34. Lahti: VK-Kustannus.

Schubert, M. 2014. Vestibulo-ocular Reflex Adaptation. Julkaisussa: Vestibular rehabilitation. E-kirja. 4. p. Philadelphia, Pennsylvania: F. A. Davis Company, 20. Viitattu 31.8.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Shao, F., Lu, T., Wang, X., Liu, Z., Zhang, Y., Liu, X. & Wu, S. 2020. The influence of pilots' attention allocation on instrument reading during take-off: The mediating effect of attention span. Applied Ergonomics, 90. Viitattu 3.10.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687020301976>.

Sorvari, J. 2006. Asentotajukoulutuksen merkitys asentotajun hallinnassa. Pro-gradu -tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, sotilaspedagogiikka, ilmavoimien ohjaajalinja. Viitattu 13.2.2023. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/92366/SM169.pdf?sequence=2>.

Sotilasilmailun lento-onnettomuudet Suomessa 1970— . 2023. Ilmavoimat. Päiv. 17.5.2023. Viitattu 23.9.2023. <https://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2016335/Sotilasilmailun+lento-onnettomuudet+1970-.pdf/f3bf6cc3-0e62-a31b-ca27-c29cd520b14a/Sotilasilmailun+lento-onnettomuudet+1970-.pdf?t=1684314965815>.

Sovelius, R. 2014. Cervical Loading Analysis of Fighter Pilots. Studies on cumulative loading, contributing factors and interventions. Tieteellinen tutkielma, University of Tampere, School of Medicine, 13–16. Viitattu 25.9.2023. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/94941/978-951-44-9377-5.pdf?sequence=1>.

Sovelius, R., Mäntylä, M., Huhtala, H., Oksa, J., Valtonen, R., Tiitola, L., & Leino, T. 2019. Joint Helmet-Mounted Cueing System and Neck Muscle Activity During Air Combat Maneuvering. Aerospace medicine and human performance, 90, 10, 834–840. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5281.2019>.

Sovelius, R. 2019. Sotilaslentäjän toimintakyky. Vuosikirja 2019. Puolustusvoimat, 92–93. Viitattu 9.2.2023. <https://intti.fi/documents/1951253/13454330/Vuosikirja+2019+-+Sotilaslent%C3%A4j%C3%A4n+toimintakyky.pdf/5c7e104a-80d9-6986-946e-952b2c596d98/Vuosikirja+2019+-+Sotilaslent%C3%A4j%C3%A4n+toimintakyky.pdf>.

Spatial Disorientation Training – Demonstration and Avoidance. 2008. Research and Technology Organisation, North Atlantic Treaty Organisation (NATO). Viitattu 25.10.2023. <https://spatialdisorientationtrainingdemonstrationandavoidance>.

Suhonen, R., Axelin, A. & Stolt, M. 2016. Erilaiset kirjallisuuskatsaukset. Julkaisussa: Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turku: Turun yliopisto, 7.

Systemaattinen tiedonhaku: Laadunarviointi. 2023. Julkaisu Tampereen yliopiston kirjaston www-sivuilla. Päiv. 12.10.2023. Viitattu 13.10.2023. <https://libguides.tuni.fi/systemaattinen-tiedonhaku/Laadunarviointi>.

Szczepański, C., Skibniewski, W., Gąsik, M. & Truszczyński, O. 2000. Standard flight simulator as a spatial disorientation training device. American institute of Aeronautics and Astronautics. Viitattu 14.10.2023. <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2000-4077>.

Taistelulentäjän varustus. N.d. Julkaisu Ilmavoimat.fi-sivustolla. Viitattu 30.8.2023. <https://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2016331/Lent%C3%A4j%C3%A4n+varusteet.pdf/515a4285-b4f5-45de-940b-856888a30215/Lent%C3%A4j%C3%A4n+varusteet.pdf>.

Taittovirheet. 2019. Julkaisu Terveyskylä.fi-sivustolla. Päiv. 20.9.2019. Viitattu 21.11.2023. <https://www.terveyskyla.fi/silmasairaudet/tietoa/silm%C3%A4n-rakenne-ja-toiminta/taittovirheet>.

Tuo, K., Cheng, Y. & Kao, C. 2006. Vestibular Rehabilitation in Patient with Whiplash-associated Disorders. Journal of the Chinese Medical Association, 69, 12, 591—595. Viitattu 25.10.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1726490109703363>.

Tutkimusten arviointikriteeristöt (JBI). N.d. Hoitotyön tutkimussäätiö. Viitattu 2.10.2023. <https://www.hotus.fi/jbin-kriittisen-arvioinnin-tarkistuslistat>.

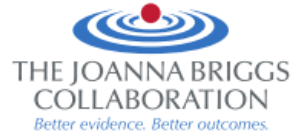
Vaskovic, J. 2023. Ear. Kenhub. Päiv. 3.11.2023. Viitattu 4.11.2023. <https://www.kenhub.com/library/anatomy/the-ear>.

VOR Exercise / Gaze Stabilisation Exercises. N.d. Julkaisu Ear & Balance- sivustolla. Viitattu 25.10.2023. <https://earandbalance.co.uk/vor-exercise-gaze-stabilisation-exercises/>.

Yu, C., Wang, E., Li, W. & Braithwaite, G. 2014. Pilots' Visual Scan Patterns and Situation Awareness in Flight Operations. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 85, 7, 708–714. Viitattu 3.10.2023. [https://pilots visual scan patterns and situation awareness in flight operations](https://pilots%20visual%20scan%20patterns%20and%20situation%20awareness%20in%20flight%20operations).

# Liitteet

## Liite 1. JBI kriteeristöt



11.2.2019

### JBI: Kriittisen arvioinnin tarkistuslista satunnaistetulle kontrolloidulle tutkimukselle

Tätä tarkistuslistaa käytetään satunnaistetun kontrolloidun tutkimuksen (randomized controlled trial, RCT) metodologisen laadun arviointiin ja tutkimuksen tuloksiin vaikuttavan harhan riskin tunnistamiseen. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 13 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on kuvattu alla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA). (Tufanaru ym. 2017.)

Arvioija \_\_\_\_\_ Päiväys \_\_\_\_\_  
 Tekijä(t) \_\_\_\_\_ Vuosi \_\_\_\_\_ Nro \_\_\_\_\_

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Onko osallistujien ryhmiin jakaminen satunnaistettu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ovatko tutkittavien ryhmiin jako salattu ryhmiin jakoa toteuttaneilta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ovatko koe- ja kontrolliryhmät samankaltaisia tutkimuksen alussa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ovatko tutkittavat sokkoutettu tutkimuksen ryhmäjäoista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ovatko intervention toteuttajat sokkoutettu tutkittavien ryhmäjäoista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ovatko tulosmuuttujien mittaajat sokkoutettu tutkittavien ryhmäjäoista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Kohdeltiin ryhmiä yhdenmukaisesti lukuun ottamatta tutkimuksen kohteena olevaa interventiota?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Pysyivätkö tutkittavat mukana tutkimuksessa seurannan aikana, ja elleivät pysyneet, kuvattiinko ja analysoitiinko seurannan aikana ilmenneet ryhmien väliset erot asianmukaisesti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Tehtiinkö lähtöryhmien mukainen (hoitoaieanalyysi eli 'intention-to-treat') analyysi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Mitattiinko muuttujat samalla tavalla kaikissa ryhmissä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Mitattiinko muuttujat luotettavasti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Käytettiinkö soveltuvia tilastollisia menetelmiä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Onko koeasetelma tutkittavan aihealueen näkökulmasta asianmukainen, ja huomioitiinko mahdolliset poikkeavuudet perinteisestä RCT-asetelmasta tutkimuksen toteutuksessa ja analysissa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy  Hylkää  Lisätietoja tarvitaan

Kommentit (mukaan lukien syy hylkäykseen):

---

29.11.2018

**JBI: Arviointikriteerit kvasikokeelliselle tutkimukselle**

Tätä tarkistuslistaa käytetään kvasikokeellisen tutkimuksen metodologisen laadun arviointiin ja tutkimuksen tuloksiin vaikuttavan harhan riskin tunnistamiseen. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 9 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on kuvattu alhaalla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA). (Tufanaru ym. 2017.)

Arvioija \_\_\_\_\_ Päiväys \_\_\_\_\_

Tekijä(t) \_\_\_\_\_ Vuosi \_\_\_\_\_ Nro \_\_\_\_\_

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Ilmaistiinko tutkimuksessa selvästi mikä on syy ja mikä seuraus (ei ole epäselvyyttä siitä, kumpi muuttuja esiintyi ajallisesti ensin)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Onko vertailussa mukana olleet ryhmät samankaltaisia tutkittavien osalta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Onko vertailussa mukana olevien tutkittavien hoito yhdenmukainen muilta osin kuin altistumisen tai intervention osalta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Onko tutkimuksessa kontrolliryhmä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Mitattiinko tuloksia ennen interventiota /altistumista ja sen jälkeen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Pysyivätkö tutkittavat mukana tutkimuksessa seurannan aikana, ja elleivät pysyneet, niin kuvattiinko ja analysoitiinko seurannan aikana ilmenneet ryhmien väliset erot asianmukaisesti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Mitattiinko tulokset samalla tavalla kaikissa vertailuissa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Mitattiinko tulokset luotettavasti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Käytettiinkö soveltuvia tilastollisia menetelmiä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy  Hylkää  Lisätietoja tarvitaan 

Kommentteja (mukaan lukien syy hylkäykseen):

---



---

## Liite 2. Tutkimusten laadunarviointi

Kirjoittajat, julkaisuvuosi ja -maa	Laadunarviointi, JBI	Vahvuudet	Heikkoudet
Balaj, B., Lewkowicz, R., Francuz, P., Augustynowicz, P., Fudali-Czyż, A., Stróżak, P. & Truszczyński, O. 2018. Puola.	6/9	+ tutkittavat sokkoutettu + tulokset kirjattu taulukoihin + käytetty soveltuvia tilastollisia menetelmiä	- tutkittavat ryhmät keskenään erilaisia (lentäjät ja ei-lentäjät)
Ledegang, W. & Groen, E. 2018. Alankomaat.	5/9	+ tutkittavat keskenään samankaltaisia + tutkittavat sokkoutettu + samankaltainen ja toistettavissa oleva mittaus	- pieni otanta (n=10) - ei kontrolliryhmää
Lefrançois, O., Matton, N. & Causse, M. 2021. Ranska.	9/13 (RCT)	+ satunnaistettu ryhmiin jako + koe- ja kontrolliryhmä sokkoutettu	- pieni otanta (n=14) - ei käy ilmi, onko testaa- jia sokkoutettu
Shao, F., Lu, T., Wang, X., Liu, Z., Zhang, Y., Liu, X. & Wu, S. 2020. Kiina.	5/9	+ käytetty soveltuvia tilastollisia menetelmiä + tulokset kirjattu taulukoihin	- pieni otanta (n=16) - epäselvää onko tutkittavat sokkoutettu - ei kontrolliryhmää
Yu, C., Wang, E., Li, W. & Braithwaite, G. 2014. Kiina.	4/9	+ samankaltainen mittaus + tulokset kirjattu taulukoihin	- pieni otanta (n=18) - ei kontrolliryhmää - tutkittavien kesken iso ero iässä ja lentokokemuksessa