

Jarkko Järvinen  
Aki Kolari

**URHEILUPERÄISEN  
AIVOTÄRÄHDYKSEN DIAGNOSOINTI,  
HOITO JA LAJIIN PALUU –  
SYSTEMAATTINEN  
KIRJALLISUUSKATSAUS**

Opinnäytetyö

Naprapatian koulutusohjelma (AMK)



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Naprapaatti (AMK)
Tekijä/Tekijät	Jarkko Järvinen, Aki Kolari
Työn nimi	Urheiluperäisen aivotärähdyksen diagnosointi, hoito ja lajiin paluu – systemaattinen kirjallisuuskatsaus
Toimeksiantaja	Suomen naprapaattiyhdistys
Vuosi	Toukokuu 2022
Sivut	95 sivua ja liitteitä 11 sivua
Työn ohjaajat	Petteri Koski, D.N. Marja Turkki, lehtori

## TIIVISTELMÄ

Urheiluperäinen aivotärähdys on kasvava huolenaihe. Aivotärähdyksen oireet ovat moninaiset ja yksilölliset ja ne voivat ilmetä myös viiveellä, mikä tekee sen diagnosoinnista haastavaa. Urheiluperäisiä aivotärähdyksiä arvioidaan esiintyvän Yhdysvalloissa vuosittain 1,6–3,8 miljoonaa kappaletta. Isoimmat riskilajit vaikuttaisivat olevan hevosurheilu, amerikkalainen jalkapallo sekä rugby, joista kahta jälkimmäistä on myös tutkittu eniten.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten urheiluperäinen aivotärähdys diagnosoidaan, hoidetaan sekä mitkä ovat kriteerit lajiin palaamiseen urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen. Tutkimusmenetelmänä oli systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Tiedonhaku suoritettiin marraskuussa 2021 tietokannoista Pubmed, ScienceDirect sekä SPORTDiscus ja CINAHL. Mukaan opinnäytetyöhön päätyi 15 systemaattista kirjallisuuskatsausta tai meta-analyysiä. Diagnosointia käsitteli yhdeksän, hoitoa kolme ja lajiin paluuta kolme tutkimusta.

Urheiluperäisen aivotärähdyksen diagnosointiin on kehitetty useita testejä ja testipattereita, joista SCAT-lomakkeen eri versiot vaikuttavat olevan paras saatavilla oleva vaihtoehto. Veren merkkiaineista, kuvantamistutkimuksista tai kiihtyvyyssantureiden käytöstä diagnosointimenetelmänä ei tällä hetkellä ole riittävästi näyttöä tai näyttö on ristiriitaista. Urheiluperäisen aivotärähdyksen hoidon osalta aikaisten aerobisten interventoiden hyödystä on näyttöä nuorilla urheilijoilla. Virtuaaliodellisuuden hyödyntämisestä kuntoutuksessa ei ole tutkittua tietoa saatavilla. Lajiin paluusta urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen ei ole olemassa viitearvoja ja lajiin paluun kriteerejä on vaikea mitata objektiivisesti. Näyttäisi kuitenkin siltä, että fysiologinen toipuminen kestää pidempään kuin kliinisiä oireita ilmenee. Kävelyn tarkastelu yhdistettynä samanaikaiseen kognitiiviseen tehtävään tuo mahdollisesti lisäarvoa tehtäessä päätöstä lajiin paluusta.

**Asiasanat:** urheilu, aivotärähdys, diagnosointi, hoito, kuntoutus

Degree	Bachelor of Health Care, Naprapathy
Author (authors)	Jarkko Järvinen, Aki Kolari
Thesis title	Diagnosis, treatment and return to sport in sports-related concussion – a systematic review
Commissioned by	Suomen Naprapaattiyhdistys
Time	May 2022
Pages	95 pages and 11 pages of appendices
Supervisors	Petteri Koski, D.N. Marja Turkki, Senior Lecturer

## ABSTACT

Sport-related concussions are a growing concern. The symptoms are diverse and individual and they may also appear with a delay which makes concussions difficult to diagnose. Estimated incidence of sport-related concussions in the United States is 1,6–3,8 million yearly. Equestrian sports, football and rugby seem to be the sports with the highest risk. Football and rugby are also the most researched sports in sports-related concussions.

The purpose of this thesis was to discover how sport-related concussion is diagnosed and treated and what are the return to play criteria. This thesis was conducted as a systematic literature review. The research data was retrieved from Pubmed, ScienceDirect, SPORTDiscus and CINAHL. The search was completed in November 2021. 15 systematic reviews or meta-analyses were chosen for this thesis, 9 of which studied diagnosis, 3 treatment and 3 return to play.

There are many tests and test clusters developed for the diagnosis of sport-related concussion. Different versions of the SCAT questionnaire seem to be the best option available. The research data on the usability of blood biomarkers, imaging interventions and accelerometers in diagnostics remain insufficient and contradictory. In the treatment of sport-related concussions the research supports early aerobic exercise interventions in young athletes. There is no evidence for the use of virtual reality in the treatment of sports-related concussion. There are no reference values for return to play after a sport-related concussion and these values are difficult to measure objectively. However, it seems that the physiological recovery takes longer than the recovery from clinical symptoms. Dual-task interventions may provide additional value when making decisions regarding return to play.

**Keywords:** sport, concussion, diagnosis, treatment, rehabilitation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	ANATOMIA .....	7
2.1	Pää .....	7
2.2	Aivot ja keskushermosto .....	7
2.2.1	Valkoinen ja harmaa aine .....	8
2.2.2	Aivojen verenkierto .....	9
2.2.3	Aivokalvot .....	9
2.2.4	Aivo-selkäydinneste .....	10
2.2.5	Aivokuori .....	10
2.2.6	Aivojen lateralisaatio .....	12
2.2.7	Aivorunko .....	12
2.2.8	Aivoverkosto .....	13
2.2.9	Talamus .....	13
2.3	Tasapainoasti .....	14
3	VALVETILA .....	15
4	AIVOTÄRÄHDYS .....	15
4.1	Määritelmä .....	15
4.2	Esiintyvyys .....	16
4.2.1	Esiintyvyys väestössä .....	17
4.2.2	Esiintyvyys urheilussa .....	19
4.3	Patofysiologia .....	24
4.3.1	Muutokset ionitasapainossa ja solunsisäisessä metaboliassa .....	25
4.3.2	Muutokset aivoverenkierrossa .....	28
4.3.3	Mekaaniset vauriot .....	29
4.3.4	Muutokset aivojen aktivaatiossa .....	30
4.4	Vammamekanismi .....	31
4.5	Riskitekijät urheiluperäiseen aivotärähdykseen .....	33
4.6	Aivotärähdyksen ennaltaehkäisy urheilussa .....	41
4.6.1	Suojavarusteiden käyttö .....	41
4.6.2	Harjoitettavat ominaisuudet .....	44
4.6.3	Sääntömuutokset .....	45
5	TUTKIMUKSEN MENETELMÄT JA TOTEUTUS .....	46
5.1	Kvantitatiivinen tutkimus .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus .....	46
5.2.1	Tutkimuskysymykset .....	47

5.2.2	Hakusanojen valinta .....	48
5.2.3	Aineiston rajausta sekä sisäänotto- ja poissulkukriteerit .....	48
5.2.4	Hakujen toteutus.....	50
5.2.5	Pubmed .....	52
5.2.6	ScienceDirect.....	53
5.2.7	Ebsco.....	53
5.2.8	Aineiston laadun arviointi.....	54
5.3	Tutkimusetiikka.....	54
6	TULOKSET.....	55
6.1	Oireet.....	56
6.2	Diagnosointi.....	57
6.2.1	Lähtötason kartoituksen rooli.....	58
6.2.2	Kliininen diagnosointi .....	59
6.2.3	Diagnosointi kentän laidalla .....	61
6.2.4	Radiologinen diagnosointi.....	62
6.2.5	Merkkiaineet (biomarkkerit) .....	71
6.2.6	Kiihtyvyyssanturit ja päähän kohdistuvien voimien mittaus.....	74
6.2.7	Tietokoneella tehtävä sähköinen testaus (ImPACT).....	76
6.3	Hoito .....	78
6.4	Lajiin paluu .....	80
7	POHDINTA .....	89
7.1	Johtopäätökset .....	89
7.2	Luotettavuuden arviointi .....	94
7.3	Jatkotutkimusmahdollisuudet .....	95
7.4	Oma oppiminen .....	96
	LÄHTEET.....	98

## LIITTEET

- Liite 1. Tutkimustaulukko
- Liite 2. JBI laadunarviointilomake
- Liite 3. SCAT5 arviointilomake

## 1 JOHDANTO

Urheiluperäinen aivotärhdys on yksi monimutkaisimmista vammoista diagnosoida, määrittää ja hoitaa urheilulääketieteessä (McCrory ym. 2017c, 2). Aivotärhdysten esiintyvyys kantaväestössä Euroopassa on 2,6 / 1000 henkilövuotta kohti (Peeters ym. 2015) ja maailmanlaajuisesti 3,5 / 1000 henkilövuotta kohti (Nguyen ym. 2016, 774). Urheiluperäisiä aivotärhdyksiä arvioidaan Yhdysvalloissa vuosittain esiintyvän 1,6–3,8 miljoonaa (Daneshvar ym. 2011, 2).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa urheilun parissa työskentelevien terapeuttien tietoutta aivotärhdyksistä, niiden diagnosoinnista, hoidosta ja lajiin paluupäätöksen teosta. Aivotärhdys on suhteellisen yleinen vamma urheilujoukkueiden terapeuteille hoitaa (Herring ym. 2021, 1), mutta sitä ei kuitenkaan naprapaattikoulutuksessa käydä läpi. Taylorin ja Wyndin (2018, 3–4) tekemään kyselytutkimukseen osallistuneista kiropraktikoista lähes kukaan ei osannut tutkia aivotärhdystä oikein, eivät edes ne, jotka ilmoittivat kyselyssä osaavansa. Tutkimuksen tulokset viittaavatkin siihen, että klinikoiden kyky tunnistaa aivotärhdys ei ole niin hyvällä tasolla kuin sen ehkä tulisi olla, ja että tälle työlle löytyy kysyntää. Opinnäytetyö toteutetaan yhteistyössä Suomen Naprapaattiyhdistyksen kanssa.

Tämä opinnäytetyö toteutetaan systemaattisena kirjallisuuskatsauksena. Hauissa käytetään neljää tietokantaa: Pubmed, ScienceDirect, CINAHL ja SPORTDiscus. Opinnäytetyöhön halutaan vain tuorein ja ajantasaisin tieto, joten ennen vuotta 2016 tehtyjä tutkimuksia ei huomioida. Sisäännotettujen tutkimusten tulee olla systemaattisia kirjallisuuskatsauksia tai meta-analyysejä. Tutkimusten laadun arvioimisessa käytetään Joanna Briggs Collaboration -arviointikriteereitä, joista tekijöiden tulee olla yhtä mieltä.

## **2 ANATOMIA**

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää urheiluperäisen aivotärähdyksen diagnosointia, ensihoitoa ja kuntoutusta. Tässä kappaleessa käsitellään päänalueen anatomiaa siltä osin, kuin se on oleellista aivotärähdyksen ja sen oirekuvan kannalta.

### **2.1 Pää**

Pää koostuu kallosta, kasvojen luista sekä leukaluusta. Kallo pitää sisällään aivot, aivohermot, aivokalvot, erikoisaistien elimet, hengitys- ja ruuansulatusjärjestelmien ylimmät osat, verisuonia sekä selkäydinnestettä sisältävän aivo-ontelon. Kallo on pään luinen runko. Lisäksi se tarjoaa kiinnityskohdan monille niskan ja pään lihaksille. (Black 2016, 416.)

Pääkalloon kuuluu yhteensä 28 luuta, jotka voidaan jakaa aivokuoppaan ja kallonpohjaan. Yhdessä ne ympäröivät ja suojelevat aivoja. (Gleeson & Tunstall 2016, 404.)

### **2.2 Aivot ja keskushermosto**

Hermosto koostuu kahdesta osasta: keskushermostosta ja ääreishermostosta. Aivot ja selkäydin muodostavat keskushermoston yhdessä näköhermon ja verkkokalvon kanssa. Aivot ja selkäydin sisältävät suurimman osan hermoston hermosolujen rungoista. Monessa kohdassa keskushermostoa hermosolujen rungot ovat kerääntyneet yhteen eroten niiden aksoneista. Näitä hermosolurunkojen yhdistyneitä osia kutsutaan yleisesti harmaaksi aineeksi. Kerääntyessään yhteen aksonit puolestaan muodostavat niin kutsutun valkoisen aineen. Aksonit kulkevat selkäytimessä omia ratojaan pitkin, jotka usein risteävät keskilinjassa. Tämä tarkoittaa sitä, että aivojen puoliskot käsittelevät kehon vastakkaisen puolen informaatiota ja ohjaavat sen liikkeitä. (Crossman & Tunstall 2016, 227.)

Aivot sijaitsevat kallon sisällä. Ne vastaanottavat tietoa vartalosta ja raajoista sekä ohjaavat näiden toimintoja pääosin selkäytimen kautta. Tämän lisäksi aivoista lähtee 12 paria aivohermoja. (Crossman & Tunstall 2016, 228.)

Aivot voidaan jaotella osiin yksilönkehityksen mukaan. Selkäytimestä ylöspäin lueteltuna osat ovat taka-aivot (rhombencephalon), keskiaivot (mesencephalon) sekä etuaivot (prosencephalon). Taka-aivoista kehittyvät ydinjatke (medulla oblongata), aivosilta (pons) sekä pikkuaivot (cerebellum). Ydinjatke, aivosilta ja keskiaivot muodostavat yhdessä aivorungon. Ydinjatke on selkäytimen yläpäähän jatke ja aivorungon alin osa. Aivosilta on ydinjatkeen ja keskiaivojen välissä ja se koostuu poikittaisista hermosyistä, jotka yhdistävät sen pikkuaivoihin. Keskiaivot sijaitsevat aivorungossa kaikkein ylimpänä. (Crossman & Tunstall 2016, 228.)

Etuaivoista kehittyvät väliaivot (diencephalon) ja isoivot (telencephalon). Isoivot muodostuvat kahdesta puoliskosta, jotka peittävät väliaivot alleen lähes kokonaan. Isoivojen puoliskot muodostavat suurimman osan ihmisen aivoista ja niiden pinta on täynnä poimuja (gyrus) ja niitä erottavia uurteita (sulcus). Molempia puoliskoja peittää harmaan aineen muodostama kerros, aivokuori. (Sand ym. 2011, 114–115; Crossman & Tunstall 2016, 228.)

### 2.2.1 Valkoinen ja harmaa aine

Selkäytimessä, pikkuaivoissa, aivokuoressa ja joillain muilla alueilla aksonikimput muodostavat ikään kuin ratoja, joita kutsutaan valkoiseksi aineeksi. Nimitys tulee aksoneiden myeliinitupestä, joka saa ne näyttämään valkoiselta. (Kettermann 2016, 42.) Aivopuoliskojen valkoinen aine koostuu kolmesta eri myelinisoituneen aksonin ryhmästä. Yhdistävät säikeet yhdistävät aivokuoren eri alueita keskenään saman aivopuoliskon sisällä, poikittaiset säikeet yhdistävät aivokuoren vastaavat alueet toisiinsa aivopuoliskojen välillä ja heijastussäikeet yhdistävät aivokuoren aivojuovioon, väliaivoihin, aivorunkoon ja selkäyttimeen. (Ribas, G 2016, 391.)

Keskushermostossa hermosolujen solurungot muodostavat usein tumakkeita tai ne voivat muodostaa laajempia kerroksia. Yhdessä ne muodostavat



harmaan aineen. Tumakkeiden aksonit yhdistyvät kimpuiksi ja muodostavat ratoja. (Kettermann 2016, 42.)

### 2.2.2 Aivojen verenkierto

Aivot ovat vahvasti verisuonitettu elin. Elimistön hapen kulutuksesta aivojen osuus on 25 %. Aivot saavat verenkiertonsa neljästä valtimosta, jotka ovat parilliset nikama- (a.vertebralis) ja kaulavaltimot (a.carotis interna). (Griffiths 2016, 280.)

Aivot eivät varastoi happea eivätkä glukoosia, joten ne tarvitsevat jatkuvasti uutta verta. Aivojen kokonaisverenpaine pysyy lähes samana muun kehon toiminnoista riippumatta. Kuitenkin alueellinen verenpaine aivoissa hieman vaihtelee riippuen siitä, mitkä aivojen osat työskentelevät. (Griffiths 2016, 286.)

Vaikka aivot tarvitsevat jatkuvasti uutta verta, ei yksittäisen aivovaltimon hidas tukkeutuminen välttämättä aiheuta oireita, muiden aivovaltimoiden kompensoidessa verentarvetta (Soinila ym. 2001, 44–45).

Pinnalliset ja syvät aivolaskimot tuovat laskimoverta kohti aivojen pintaa, josta ne poistavat laskimoverta lukinkalvon ja kovakalvon sisemmän osan läpi laskimosinuksiin ja siitä laskimoverenkiertoon (Soinila ym. 2001, 48; Griffiths 2016, 288).

### 2.2.3 Aivokalvot

Keskushermostoa ympäröi kolme aivokalvoa (meninges): kovakalvo (dura mater), lukinkalvo (arachnoidea mater) ja pehmeäkalvo (pia mater). Näistä uloin on kovakalvo, joka myötäilee kallon sisäpintaa. Kovakalvo muodostuu kahdesta sidekudoslehdestä, joista toinen muodostuu osin kallon luiden periostikalvosta. Näiden lehtien välissä kulkee aivokalvojen verisuonitus. (Soinila ym. 2001, 40–41.)

Lukinkalvo sijaitsee kovakalvon alapuolella, mukailleen sen muotoa. Lukinkalvon ja kovakalvon väliin jäävää vähäistä tilaa kutsutaan

subduraalitalaksi. Aivolaskimot läpäisevät tämän tilan matkallaan laskimosinuksiin. Lukinkalvosta lähtee hämähäkin seittiä muistuttavia säikeitä pehmeäkalvoon, joka sijaitsee lukinkalvon alapuolella. (Soinila ym. 2001, 41–42.)

Pehmeäkalvo kulkee tarkasti aivojen ja selkäytimen pinnanmuotojen mukaisesti sukeltaen siis myös aivopoimujen sisään. Pehmeäkalvon ja lukinkalvon väliin jäävää tilaa kutsutaan lukinkalvononteloksi (subaracnoidaalitila), joka on kalvojen erilaisen kulun vuoksi eri kokoinen sulkusten kohdalla. (Soinila ym. 2001, 42.)

#### 2.2.4 Aivo-selkäydinneste

Aivot sisältävät 4 aivokammiota: 2 lateraalikammiota sekä kolmas ja neljäs aivokammio. Aivo-selkäydinneste syntyy lateraalikammioissa, joista se siirtyy kolmannen aivokammion kautta neljänteen aivokammioon. Neljännessä aivokammioista aivo-selkäydinneste siirtyy lukinkalvo-onteloon. Aivo-selkäydinneste (likvori) verhoaa koko keskushermoston, joten keskushermosto siis tavallaan kelluu aivo-selkäydinnesteessä. Tämä ilmiö toimii keskushermostolle ikään kuin iskunvaimentimena, joka suojaa etenkin aivoja törmäyksiltä. (Soinila ym. 2001, 43.)

Aivo-selkäydinnesteen määrä voi aikuisella vaihdella 140–270 ml:n välissä. Sitä syntyy vuorokaudessa 600–700 ml eli se vaihtuu noin neljästi päivässä. (Springborg & Juhler 2016, 278.)

#### 2.2.5 Aivokuori

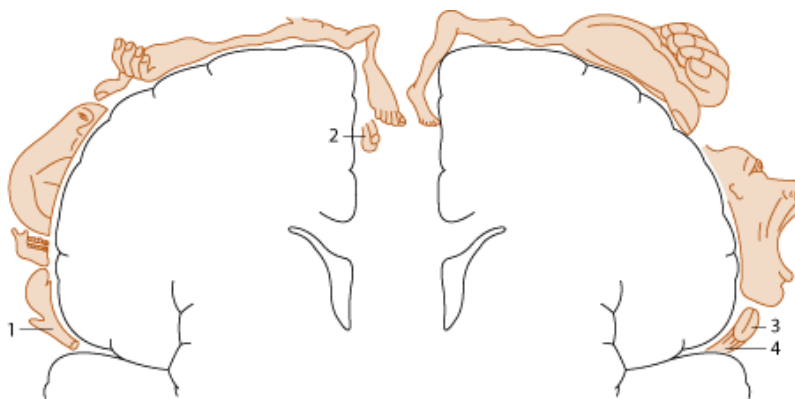
Koska kallon tilavuus on rajallinen, johtaa aivokuoren voimakas kasvu aivojen pinnan runsaaseen poimuuntumiseen. Aivokuoresta onkin vain kolmasosa näkyvissä ja loppu jää uurteiden sisään. (Soinila ym. 2001, 13.)

Aivokuori jaetaan 4 parilliseen lohkoon pinnan muotojen mukaan. Keskiuurre (sulcus centralis) erottaa otsalohkon (frontaalilohko) ja päälakilohkon (parietaalilohko) toisistaan. Sivu-uurre (sulcus lateralis) erottaa otsalohkon ja

ohimolohkon (temporaalilohko) toisistaan. Takimmaista osaa kutsutaan takaraivolohkoksi (occipitaalilohko), joka jää päälaki-takaraivourteen (sulcus parieto-occipitalis) taakse. (Soinila ym. 2001, 13; Sand ym. 2011, 126.)

Aivokuori säätelee tahdonalaisia liikkeitä, tiedostaa aistihavainnot ja vastaa erinäisistä älyllisistä toiminnoista. Aivokuori jaetaan motoriseen, somatosensoriseen, kuulo- ja näköalueeseen. Toiminnallisesti aivokuori voidaan jakaa niin kutsuttuihin Brodmannin alueisiin, jotka kuvaavat aivojen aktivaatiota tietyssä tapahtumassa. (Soinila ym. 2001, 14; Sand ym. 2011, 126.)

Aivokuoren motorinen alue paikantuu keskiuurteen etupuolella olevaan poimuun (gyrus praecentralis), joka vastaa yksittäisten lihasten tahdonalaisista liikkeistä (Brodmannin alue 4). Monimutkaisemmista liikesarjoista, joihin tarvitaan useampi lihas, vastaa premotorinen aivokuoren alue, joka sijoittuu motorisen alueen etupuolelle (Brodmannin alue 6). Motorisella aivokuorella neuronit ovat järjestäytyneet alueittain. Tätä havainnollistaa motorinen homokulus (kuva 1.), jossa kehonosien mittasuhteet ilmaisevat, kuinka iso osa motorisessa aivokuoressa ohjaa kyseistä kehonosaa. (Soinila ym. 2001, 14–15.)



Kuva 1. Somatosensorinen (vas.) ja motorinen homokulus (oik.). (Soinila ym. 2001, 16)

Somatosensorinen aivokuori paikantuu keskiuurteen takapuolella olevaan poimuun (gyrus postcentralis), jonne ihon, lihasten ja jänteiden tuntoaistimukset saapuvat. Somatosensorisen aivokuorialueen neuroneiden järjestymistä ja kehon osan informaation käsittelevää aivokuoren kokoa kuvataan samalla tavalla kuin motorisen, sensorisella homokuluksella (Kuva 1.) (Soinila ym. 2008, 15–16; Stand. 2011, 127.) Primäärinen näköalue

sijoittuu aivokuorella takaraivolohkon takaosaan, kun taas primäärinen kuuloalue sijaitsee ohimolohkossa (Soinila ym. 2001, 16).

### 2.2.6 Aivojen lateralisaatio

Aivojen lateralisaatiolla tarkoitetaan aivopuoliskojen toiminnallista järjestäytymistä, missä vasen aivopuolisko ohjaa ja vastaanottaa tietoa pääosin kehon oikeasta puolesta ja oikea aivopuolisko vasemmasta puolesta kehoa. Hermoradat siis kulkevat vastakkaiselle puolelle selkäytimen tai aivorungon tasolla. Vaikka aivopuoliskot toimivat yhteistyössä, on toiselle aivopuoliskolle keskittynyt useiden toimintojen säätely, kuten puheen tärkeät motoriset toiminnot sekä kirjoittaminen. Toinen aivopuolisko on siis vallitseva. (Soinila ym. 2008, 17; Sand ym. 2011, 128.) Suurin aivopuoliskojen yhteistoiminnan mahdollistava rakenne on aivokurkiainen, jonka kautta aivopuoliskot yhdistyvät toisiinsa miljoonien aksonien avulla. Aivokurkiaisen kautta kulkeekin noin 4 miljoonaa hermoimpulssia sekunnissa. (Soinila ym. 2001, 13; Sand ym. 2011, 128.)

### 2.2.7 Aivorunko

Aivorunko koostuu ydinjatkeesta, aivosillasta ja keskiaivoista. Aivosillan takana sijaitsee neljäs aivokammio ja pikkuaivot. Aivosilta yhdistääkin pikkuaivot ydinjatkeeseen. Ydinjatke on selkäytimen kraniaalinen jatke ja se yhdistää selkäytimen aivorunkoon. (Soinila ym. 2001, 34; Sand ym. 2011, 124.)

Aivorunko sisältää myös monimutkaisen hermosoluverkoston nimeltä aivoverkosto (formatio reticularis). Aivorungon kautta kulkee suuri määrä laskevia ja nousevia hermoratoja. (Haines. 2016, 309.) Kuitenkaan aivorunko ei ole pelkkä passiivinen hermoratojen välittäjä, vaan siellä on useita eri tumakkeita, jotka säätelevät monia tärkeitä motorisia ja autonomisia toimintoja, kuten verenpainetta ja hengitysliikkeitä. Lisäksi aivorungosta lähtevät aivohermot 3–12. (Sand ym. 2011, 124.)

### 2.2.8 Aivoverkosto

Aivoverkosto on laaja alue yhteen kiinnittyneitä hermosoluja sekä niiden aksoneita, jotka muodostavat verkkomaisen rakenteen aivorunkoon. Se ulottuu koko aivorungon alueelle aina selkäytimen harmaaseen aineeseen asti. Aivoverkoston alueet ovat hajanaisia hermosolujen kokoelmia sekalaisin yhteyksin ja niiden johtumisreitit on hankala kuvata. Ne ovat usein monimutkaisia ja moniliitoksia. Tämän lisäksi ne voivat olla nousevia tai laskevia, risteäviä, suoria tai parillisia. Aivoverkosto säätelee somaattisia ja viskeraalisia toimintoja. (Haines. 2016, 326.) Lisäksi herääminen unesta ja tajuttomuudesta tapahtuu aivoverkoston aiheuttamalla aivokuoren aktivaatiolla (Sand ym. 2011, 124).

### 2.2.9 Talamus

Talamus on noin 4 cm:n kokoinen, kananmunan muotoinen parillinen solutumamassa, joka muodostaa kolmannen aivokammion takaseinän. Sillä on tärkeä rooli monissa aivotoiminnoissa, kuten tajunnassa, muistissa, unessa sekä sensorisissa ja motorisissa toiminnoissa. (Strauss ym. 2016, 350.) Se sisältää yli sata erillistä tumaketta, jotka lähettävät ja saavat tietoa aivokuorelta. Koko aivokuori on vastavuoroisesti yhteydessä talamukseen ja talamuksen kautta kulkeekin lähes kaikki tieto, mikä kehosta välittyy aivokuorelle. Aivokuori lähettää myös suurimman osan talamuksen tumakkeisiin tulevasta informaatiosta. (Soinila ym. 2001, 22; Strauss ym. 2016, 350.)

Etummaisien ulko-osien tumakkeet vastaanottavat somatosensorisen tiedon kehosta ja välittävät tämän tiedon primaariselle somatosensoriselle aivokuorelle. Kaikilla kehon pisteillä on oma piste myös aivokuorella ja talamuksessa. (Soinila ym. 2001, 22.) Sisäosan tumakkeista n. centromedianus ja n. intralaminaris ovat vastavuoroisesti yhteydessä aivoverkoston ja osallistuvat tajunnan säätelyyn (Soinila ym. 2001, 22).

### 2.3 Tasapainoasti

Tasapainoasti muodostuu luiden, lihasten ja sisäkorvan aistinsoluista sekä näköaistista. Näiden välittämä tieto aivoille kehon asennosta on oleellista tasapainon säilyttämiseksi. Jotta liikkeet olisivat sujuvia ja hallittuja, sisäkorvan pään kiertoliikkeisiin ja painovoimaan reagoivat aistinsolut ovat merkittävässä roolissa. (Sand ym. 2011, 164.)

Molempien sisäkorvien eteinen sisältää kaksi rakkulaa (soikea ja pyöreä), joissa on tasapainokivet. Näiden avulla saamme tiedon päämme asennosta pystyasentoon nähden. Näin tunnistamme mikä on ylhäällä ja mikä alhaalla. Rakkuloiden lisäksi sisäkorvan eteisestä lähtee kolme lähes ympyränmuotoista kaarikäytävää. Näissä käytävissä sijaitsee pään kiertoliikkeisiin reagoivia aistinsoluja. Yhdessä rakkulat ja kaarikäytävät muodostavat tasapainoelimen. (Sand ym. 2011, 164.) Rakkulat antavat tietoa staattisesta asennosta ja kaarikäytävät reagoivat pään liikkeisiin (Furness 2016, 641).

Kaarikäytävät ovat kohtisuorassa toisiinsa nähden kolmessa eri tasossa ja ne ovat täynnä nestettä. Niissä jokaisessa on pieni avartuma, jonka seinässä sijaitsee eräänlaisen hyytelön sisällä olevia karvasoluja. Kun pää liikkuu, kaarikäytävät seuraavat liikettä, mutta niissä oleva neste pyrkii pysymään paikallaan. Tämä saa aikaan hyytelömassan liikkumisen, mikä johtaa aistinkarvojen taipumiseen ja karvasolun kalvojännitteen muuttumiseen. (Sand ym. 2011, 164–165; Furness 2016, 644–645.)

Kaksi rakkulaa, jotka sisältävät tasapainokivet, ovat nesteentäyttämiä kalvopusseja. Soikean rakkulan pohjassa ja pyöreän rakkulan sivuseinässä on aistinepiteeliä, jonka peittää aistinkarvat ja tasapainokiviä sisältävä hyytelö. Kun pää liikkuu horisontaali- tai vertikaalitasossa, hyytelön liike saa aikaan aistinkarvojen taipumisen. Näin saamme tietoa pään asennosta pystyasentoon verrattuna. (Sand ym. 2011, 165–166; Furness 2016, 644.)

### 3 VALVETILA

Aivoverkosto lähettää sensorisista haaroistaan saamaansa tietoa aivokuorelle ja vastaanottaa aivokuorelta tulevia motorisia käskyjä ja välittää ne lihaksille. Herääminen tapahtuu aivoverkoston toiminnan kiihtymisestä (esimerkiksi tarpeeksi kova kosketus tai ääniärsyke) seuraavan aivokuoren aktivaation seurauksena. Aivoverkosto stimuloi siis aivokuorta, mikä vaikuttaa tajunnan tasoon. Kun aivoverkoston ärsykkeet, joko aivokuoren lähettämät motoriset tai aistielimien lähettämät sensoriset ärsykkeet ovat tarpeeksi pienet, voi ihminen halutessaan nukahtaa. (Sand ym. 2011, 130–131.)

Tajuttomuus voi olla seurausta joko hermosolujen aineenvaihdunnan (hapenpuute, verensokerin lasku, kallonsisäisen paineen kasvu) tai kemian (lääkeaineet) häiriöstä. Myös aivoverkoston puristus aivorungon tai keskiaivojen alueella voi aiheuttaa tajuttomuutta. (Soinila ym. 2001, 131.)

### 4 AIVOTÄRÄHDYS

#### 4.1 Määritelmä

Berliinin asiantuntijapaneelin virallisen määritelmän mukaan aivotärähdys on biomekaanisten voimien aiheuttama traumaattinen aivovamma. Päävamman luonteen määrittelemiseksi on useita yleisiä piirteitä, kuten:

- Aivotärähdyksen voi aiheuttaa suora isku päähän, kasvoihin, niskaan tai muualle vartaloon, josta äkillinen voima välittyy päähän.
- Aivotärähdyksen tuloksena on tyypillisesti nopeasti ilmenevät mutta lyhytkestoiset oireet neurofysiologisessa toimintakyvyssä, jotka häviävät spontaanisti. Joissain tapauksissa oireet muuttuvat ja kehittyvät minuuttien ja tuntien kuluessa vammasta.
- Aivotärähdys saattaa johtaa neuropatologisiin muutoksiin, mutta akuutit oireet kuvaavat laajalti aivojen toiminnallista häiriötä – ei niinkään rakenteellista vammaa. Näin ollen perus kuvantamistutkimuksissa ei nähdä poikkeavuuksia.

- Aivotärähdyksen seurauksena voi ilmetä useita eri kliinisiä löydöksiä ja oireita, mahdollisesti myös tajunnan menetys. Kliinisten ja kognitiivisten löydösten häviäminen tapahtuu tyypillisesti tietyn kaavan mukaan, kuitenkin joissain tapauksissa oireet saattavat pitkittyä. (McCrorry ym. 2017c, 2.)

Kliinisiä löydöksiä ja oireita ei pystytä selittämään huumausaineiden, alkoholin tai lääkkeiden käytöllä, muilla vammoilla (kuten kaularangan vammat, ääreisverenkierron häiriöt yms.) tai muilla oheissairauksilla (esimerkiksi psykologiset tekijät tai muut sairaudet) (McCrorry ym. 2017c, 2).

## 4.2 Esiintyvyys

Termejä aivotärähdys ja lievä traumaattinen aivovamma käytetään usein sekaisin ja synonyymeinä toisilleen, vaikka ne eivät täysin samaa tarkoitaakaan. Molempia termejä käytetään yleisesti kuvaamaan lievää, traumaperäistä päävammaa, josta seuraa aivojen toiminnan ohimeneviä häiriöitä. (Voss ym. 2015, 1–2.)

Myös aivotärähdyksen diagnosoinnissa ja tunnistamisessa käytetään hyvin vaihtelevia metodeja (Hänninen 2017, 23; Voss ym. 2015, 1–2; Koskinen & Alaranta. 2008, 205; Andersson ym. 2003, 258). Esimerkiksi National Health Information Survey, joka kerää tietoa aivotärähdyksen esiintyvyydestä sairaalamaailman ulkopuolelta, on käyttänyt tajunnan menetystä yhtenä kriteerinä aivotärähdykselle. Todellisuudessa vain noin 10 % aivotärähdyksistä tapahtuu tajunnan menetys. (Gordon ym. 2018, 5.) Viime vuosina aivotärähdyksen diagnosointi on kehittynyt ja muuttunut valtavasti ja yleinen tietoisuus aivotärähdyksistä on lisääntynyt. Tästäkin syystä eri vuosien kirjallisuudessa esitetään erilaisia tulkintoja aiheesta. (Daneshvar ym. 2011, 3.)

Esimerkiksi tutkimusjoukon koko, seuranta-aikojen kesto sekä urheilijoiden sarjataso vaihtelevat tutkimusten välillä paljon ja saattavat olla tekijöitä, jotka aiheuttavat myös tuloksiin hajontaa (Hänninen 2017, 23). Urheilijat myös saattavat jopa tarkoituksella pimittää oireitaan hoitohenkilökunnalta, jotta



mahdollista vammaa ei todettaisi ja heitä ei kiellettäisi osallistumasta harjoituksiin tai kilpailuun (Finnoff ym. 2011, 452).

Lisäksi suuri osa aivotärähdyksistä on niin lievöoireisia, että ne eivät johda lääkäriin hakeutumiseen ja näin jäävät ilman diagnoosia (Daneshvar ym. 2011, 2; Voss ym. 2015, 3; Theodom ym. 2020, 193). Voss ym. (2015, 2) mukaan sairaalaolosuhteissa tehdyllä aivotärähdydiagnoosilla on varsin heikko tarkkuus (46 %) herkkyyden ollessa hyvä (98 %). Gordon ym. (2018, 6) mukaan aivotärähdydiagnoosiin päästiin 58 % tarkkuudella.

Normaaliväestössä ainoastaan tapaukset, jotka ovat vaatineet päivystyksessä käynnin ja johtaneet diagnoosiin tilastoidaan. Nämä luvut ovat todennäköisesti reilusti alakanttiin todellisista aivotärähdyksen määristä. Edellä mainituista syistä aivotärähdyksen ilmaantuvuutta ja esiintyvyyttä on erittäin vaikea arvioida tarkasti. (Voss ym. 2015, 1–3.)

#### 4.2.1 Esiintyvyys väestössä

Traumaattisten aivovammojen ilmaantuvuudessa vaikuttaisi olevan runsasta maakohtaista vaihtelua, Etelä-Afrikan, Uuden Seelannin ja Saksan lukujen ollessa korkeampia verrattuna esimerkiksi Kiinan, Pakistanin tai Suomen vastaaviin. Näitä eroja tulee kuitenkin tulkita skeptisesti jo lukujen valtavien eroavaisuuksien (vaihteluväli 20–790 traumaattista aivovammaa 100 000 asukasta kohti), sekä edellä mainittujen tutkimusten metodologisten eroavaisuuksien vuoksi. (Voss ym. 2015, 3–4.)

Suomessa 2001–2005 aikaisessa seurannassa vuotuinen traumaattisen aivovamman ilmaantuvuus oli 104/100 000 asukasta kohti. Näistä aivotärähdyksen osuudeksi ilmoitettiin runsas 50 %. Kaatumiset ja putoamiset olivat yleisin vamman syy (62,1 %). Toiseksi yleisin syy olivat liikenneonnettomuudet (16 %). Erityisesti nuorimmissa- sekä vanhimmissa ikäryhmissä kaatumisten ja putoamisten osuus vammamekanismina oli erittäin merkittävä. Liikenneonnettomuuksissa runsas kolmannes vammoista sattui ajoneuvon kuljettajalle tai matkustajalle ja kolmannes pyöräilijälle. (Koskinen & Alaranta 2008, 207–208.)

Länsi-Ruotsissa traumaattisen aivovamman ilmaantuvuudeksi ilmoitetaan 546/100 000 asukasta kohti. Miehet olivat tilastossa edustettuna 59 % ja naiset 41 % osuuksilla kaikista traumaattisista aivovammoista. Ylivoimaisesti yleisimmät vammamekanismit olivat Länsi-Ruotsissa kaatuminen (30,88 %) ja putoaminen (27,20 %), joiden jälkeen liikenneonnettomuudet (15,75 %) ja osuman saaminen esineestä (14,72 %). (Andersson ym. 2003, 257–258.)

Canadian Community Health Surveyn tilastojen mukaan 12 kuukauden seurantajakson aikana vuosien 2013 ja 2014 välillä tapahtui 508 aivotärähdystä tai muuta aivovammaa 100 000 Kanadalaista kohti. Saman tilaston mukaan vuoden 2000–2001 vuoteen 2013–2014 aivotärähdysten tai muiden aivovammojen esiintyvyys on noussut 250 %:lla vuoden 2000–2001 määrästä, eikä nousu ollut vielä 2013–2014 tasoittunut. Vaikka aivotärähdysten määrä on Kanadassa noussut rajusti, on perusteltua olettaa, että syy tähän ei ole ensisijaisesti tapausten määrän kasvu vaan ihmisten tietoisuuden lisääntyminen aivotärähdyksestä mikä johtaa niiden oireiden raportointiin matalammalla kynnyksellä. (Gordon ym. 2018, 3,5.)

### **Esiintyvyys sukupuolittain**

Miehillä näyttäisi tapahtuvan enemmän aivotärähdyksiä ja muita aivovammoja kuin naisilla. Erityisesti 12–24-vuotiaat kokevat enemmän aivotärähdyksiä ja muita aivovammoja. Kuitenkin urheiluperäisten ja ei-urheiluperäisten aivotärähdysten ja aivovammojen esiintyvyydessä ei näyttäisi olevan eroa. Missään edellä mainituissa ryhmissä aivotärähdysten ja muiden aivovammojen lisääntymistä ei tapahtunut muita selvästi enempää vuodesta 2000 vuoteen 2014. (Gordon ym. 2018, 3.)

Myös Voss ym. (2015, 3) havaitsivat traumaattisten aivovammojen olevan miehillä selvästi yleisempiä kuin naisilla. Heidän mukaansa traumaattisia aivovammoja tapahtuu eniten varsinkin alle 14-vuotiaille lapsille ja yli 64-vuotiaille aikuisille. Koskinen & Alaranta (2008, 207–208) totesivat katsauksessaan, että Suomessa traumaattisten aivovammojen ilmaantuvuus kääntyy reiluun nousuun 70 ikävuoden jälkeen. Myös Suomessa traumaattiset

aivovammat ovat miehillä yleisempiä kuin naisilla. Naisilla sairaalassa vamman vuoksi vietetty aika oli pidempi kuin miehillä ja keskimääräinen sairaalassa vamman vuoksi vietetty aika piteni iän myötä.

### **Kustannukset yhteiskunnalle**

Yhdysvalloissa kaikkien traumaattisten aivovammojen vuotuiset kustannukset on laskettu olevan noin 76,5 miljardia dollaria. 90 % näistä kustannuksista aiheutui sairaalahoitoa vaativista tapauksista. (Leitner ym. 2021, 619.)

#### **4.2.2 Esiintyvyys urheilussa**

Urheiluperäisiä aivotärähdyksiä arvioidaan Yhdysvalloissa vuosittain esiintyvän 1,6–3,8 miljoonaa kappaletta (Daneshvar ym. 2011, 2.) Lievät päävammat ovat yleisiä esimerkiksi hevosurheilussa, kamppailulajeissa, telinevoimistelussa, jalkapallon eri muodoissa sekä muissa joukkuepalloilulajeissa (McCrorry ym. 2017b, 296). Näiden lisäksi pyöräilyn eri muodoissa sekä moottoriurheilussa, erityisesti muualla kuin suljetulla radalla ajettavissa luokissa esiintyy paljon kaiken tasoisia päävammoja. Myös vesiturheilussa tilastoidaan lieviä aivovammoja, mutta ne liittyvät paljolti veden alle vajoamiseen ja hapenpuutteesta koituvaan vaurioon. (Theadom ym. 2020, 197.)

Urheiluperäisten aivotärähdysten määrä on ollut tasaisessa nousussa viime vuosina. Todennäköisesti tämä johtuu paremmasta vamman tunnistamisesta ja diagnosoinnista. (Covassin ym. 2016, 193; Kuhn & Solomon 2015, 2–5; Daneshvar ym. 2011, 10.) Osasyynä aivotärähdysten määrän nousuun saattaa myös olla lajien fyysisyyden lisääntyminen. (Kuhn & Solomon 2015, 2–5; Daneshvar ym. 2011, 10.) Urheilijat ovat isompia, vahvempia ja nopeampia kuin koskaan, ja täten kontaktitilanteissa vaikuttavat voimat ovat myös suurempia (Daneshvar ym. 2011, 10).

## Joukkuepalloilulajit

Aivotärähdyksen esiintyvyyttä joukkuepalloilulajeissa sekä painissa on listattu taulukkoon 1. Esiintyvyydet on esitetty eri lajien vertailun mahdollistaen samassa yksikössä, AE (AE = athletic exposure eli urheilijan osallistuminen yhteen peliin tai harjoitukseen, jossa on vamman mahdollisuus).

Esiintyvyyksiä tarkastellaan usein myös pelikohtaisesti. Amerikkalaisessa jalkapallossa aivotärähdysten esiintyvyydeksi on esitetty 65,8 / 100 peliä pelattaessa korkeimmalla sarjatasolla NFL:ssä (Clark ym. 2017, 3).

Maajoukkueetasolla jääkiekossa aivotärähdyksiä esiintyy Hännisen (2017, 51) mukaan miehillä 7,0 / 100 peliä ja naisilla 3,0 / 100 peliä.

Aivotärähdysten määrä Kansallisessa jääkiekkoliigassa (NHL) on noussut tasaisesti vuodesta 1986 vuoteen 2012 huolimatta siitä, että kaudelle 2009–2010 tehtiin sääntömuutos, jonka tarkoituksena oli vähentää päähän kohdistuvia iskuja. Kaudella 1986–1987 raportoitujen tapausten määrä oli 0,417 / 100 peliä, kun taas kaudella 2011–2012 raportoitujen tapausten määrä oli jopa 4,878 / 100 peliä. (Kuhn & Solomon 2015, 2–5.)

Hutchison ym. (2013, 2–3.) laskivat 3,5 vuoden seurantatutkimuksessaan kauden 2006–2007 alusta kauden 2009–2010 puoliväliin aivotärähdysten määräksi 6,05 / 100 runkosarjaottelua kohti, kaiken kaikkiaan aivotärähdysten määrän ollessa 260 kappaletta koko seuranta-ajalta. Tuosta määrästä 50 % aivotärähdyksistä sattui hyökkääjille, 33 % puolustajille ja 17 % maalivahdeille.

Taulukko 1. Aivotärähdyksen esiintyvyys lajeittain sekä harjoitus- ja kilpailutilanne eriteltynä yksikössä / 1000 AE. Vasemman sarakkeen urheilijat olivat vähintään kansallisen tason urheilijoita ja oikean sarakkeen urheilijat college-urheilijoita. Mukailten Prien ym. 2018, 957; Daneshvar ym. 2011, 3, 5, 8, 10.

<u>Peli/kilpailu</u>	Prien ym.	Daneshvar ym.
Miesten jalkapallo	1.07	1.38
Naisten jalkapallo	1.48	1.80
Miesten rugby	3.00	
Miesten jääkiekko	1.63	
Naisten jääkiekko	2.27	
Miesten Amerikkalainen jalkapallo	2.52	3.02
Miesten koripallo		0.45
Naisten koripallo		0.85
Paini		1.00
<u>Harjoitus</u>		
Miesten jalkapallo	0.08	0.24
Naisten jalkapallo	0.12	0.25
Miesten rugby	0.37	
Miesten jääkiekko	0.12	
Naisten jääkiekko	0.31	
Miesten Amerikkalainen jalkapallo	0.30	0.39
Miesten koripallo		0.22
Naisten koripallo		0.31
Paini		0.35

Ruotsissa eliittitasolla pelaavista jalkapalloilijoista noin kolmannes kertoo joskus saaneensa aivotärähdyksen ja aivotärähdyksen on viimeisen vuoden aikana saanut noin joka kymmenes pelaaja (Hänni ym. 2020, 5). 10 vuoden vertailussa todettiin, että Amerikassa Major League Soccer (MLS) jalkapalloilijoiden aivotärähdyksilmaantuvuus oli 20.22 / 1000 AE ja Englannissa English Premier League (EPL) jalkapalloilijoiden 18,68 / 1000 AE. Mielenkiintoista on, että MLS jalkapalloilija oli aivotärähdyksen seurauksena sivussa keskimäärin 7,3 peliä, kun taas EPL jalkapalloilija oli sivussa keskimäärin 0,6 peliä saman vamman vuoksi. (Ramkumar ym. 2019, 3–4.) McNeelin ym. (2020, 130) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa todetaan, että Australialaisen jalkapallon eliittitasolla aivotärähdyksiä esiintyy 2,24–17,63 / 1000 altistustuntia.

## Hevosurheilu

McCrory ym. (2017b, 296) mukaan amatööri risuestelaukka (Eng. point to point crosscountry) on kaikista urheilulajeista riskialttein. Lajissa sattuu 95 aivotärähdystä / 1000 altistustuntia kohti. Mielenkiintoinen trendi hevosurheiluun liittyen on, että yli 40-vuotiaiden ikäryhmässä ratsastuksessa sattuu yli 50 % kaikista sairaalakäyntiin johtaneista lievistä traumaattisista aivovammoista yli lajirajojen (Winkler ym. 2016, 6).

## **Kamppailulajit**

Ammattilaisnyrkkeilyssä aivotärähdyksiä ilmoitetaan sattuvan 0,028 / ottelu 8,5 vuoden ja yli 900 ottelun seurannassa (Zazryn ym. 2009, 21–22). Heilbronner ym. (2009, 12) arvion mukaan ammattinyrkkeilyssä tapahtuu 0,8 jonkin asteista aivovammaa joka kymmenes erä, ja 2,9 aivovammaa / 10 ottelijaa. Edelleen ammattilaisnyrkkeilyssä vammaisiksi kaikkien vammojen osalta ilmoitetaan 23,6 / 100 ottelua. Kun tyrmäys (KO) tai tekninen tyrmäys (TKO) tappio laskettiin vammaksi, nousi vammaisiksi 60,7 / 100 ottelua (Zazryn ym. 2009, 21–22.) KO on jo selvä merkki neurologisesta vammasta. KO tai TKO tuomion jälkeen lääkäri arvioi nopeasti hävinneen osapuolen neurologista toimintakykyä sulkeakseen pois henkeä uhkaavat vammat. Tämä arvio on kuitenkin riittämätön aivotärähdyksen diagnosointiin. (Heilbronner ym. 2009, 14–15.) Potkunyaikkeilyssä ammattilaistasolla oteltaessa aivotärähdyksen esiintyvyys oli 16 vuoden seurannassa ja lähes 3500 ottelijan kattavassa tilastossa 19,2 / 1000 ottelijaa (Zazryn ym. 2003, 450).

## **Moottoriurheilu**

Moottoriurheilussa järjestetään tapahtumia maailmanlaajuisesti niin amatööreille kuin ammattilaisillekin. Käytettäviä ajoneuvoja löytyy niin museoautoista aavikkoautoihin kuin asfaltilla ajettavista maastoajoon suunniteltuihin. Vakavien aivovammojen ilmaantuvuus on laskenut viime vuosikymmenien aikana, kiitos kehittyneiden ajovälineiden ja lääkintähenkilöstön. Vammojen vakavuus on myös laskenut ennen vakavasta aivovammasta nyt lievään aivovammaan tai aivotärähdykseen, joka on myös laskenut kuolleisuutta sen ollessa yhä kuitenkin merkittävä. (Deakin ym. 2017, 1.)

Moottoriurheilu on omanlaisensa extreme-urheilu lajeista, koska osallistujat altistuvat isoille kiihdytyksille, G-voimille sekä rotationaalisille voimille jopa ilman iskuja (Deakin & Hutchinson 2017, 1). Australiassa moottoriurheilijoilla esiintyi eniten sairaalahoitoa vaativia urheiluperäisiä aivotärähdyksiä suhteutettuna urheilijoiden määrään (18,18 / 1000 urheilijaa kohti) (Finch ym. 2013, 2).

Yhdysvalloissa ensiapupäivystysten tilastoissa 9,6 % kaikista motocrossissa sattuneista vammoista diagnosoitiin aivotärähdyksiksi. Koko motocross-kautta tarkasteltuna 48 % (67 kpl) osallistujista raportoi itse aivotärähdyksen oireita. Aivotärähdys on raportoitu yhdeksi yleisimmistä vammoista motocrossissa sen kisakaudella. (Deakin ym. 2017, 2.)

### **Kilpailu vs harjoitus**

Taulukko 1 havainnollistaa myös, kuinka urheilijan on todennäköisempää saada aivotärähdys kilpailutilanteessa kuin harjoituksissa (Prien ym. 2018, 2; Covassin ym. 2016, 191). Selvästi korkeampi aivotärähdysten ilmaantuvuus kilpailutilanteessa johtuu todennäköisesti suuremmasta intensiteetistä ja kontaktin määrästä harjoituksiin verrattuna. On myös mahdollista, ettei harjoituksissa välttämättä ole asianmukaisesti koulutettua henkilöä diagnosoimassa mahdollista aivotärähdystä. (Prien ym. 2018, 13.) Poikkeuksen tässä yhteydessä tekee cheerleading, jossa suurin osa (82 %) aivotärähdyksistä vaikuttaisi tulevan harjoituksissa (Daneshvar ym. 2011, 6).

### **Kustannukset yhteiskunnalle**

Yhdysvalloissa urheiluperäisten aivotärähdysten suorat ja epäsuorat kulut yhteiskunnalle olivat vuonna 2000 arviolta 60 miljardia dollaria (Daneshvar ym. 2011, 2). Australiassa 9–vuoden jakson aikana 4 745 urheiluperäistä sairaalassa hoidettua aivotärähdystä on maksanut 17 944 799 \$ eli 1 993 867 \$ vuodessa. Keskiarvollisesti yhden urheiluperäisen aivotärähdyksen hoito maksoi 1 583 \$ hajonnan ollessa 631–190 190 \$ välillä. Tilastot ovat pääosin julkisen terveydenhuollon puolelta, sillä vain 94 tapausta on raportoitu yksityiseltä sektorilta. (Finch ym. 2013, 2.)

### **4.3 Patofysiologia**

Aivotärähdyksen patofysiologiaa ei täysin tunneta ja ymmärretä. Nykyinen tietämys perustuu paljolti teoreettisiin mallinnoiksiin, eläinkokeisiin ja kuvantamisiin toiminnallisella magneettikuvauksella. Nykyistä parempi

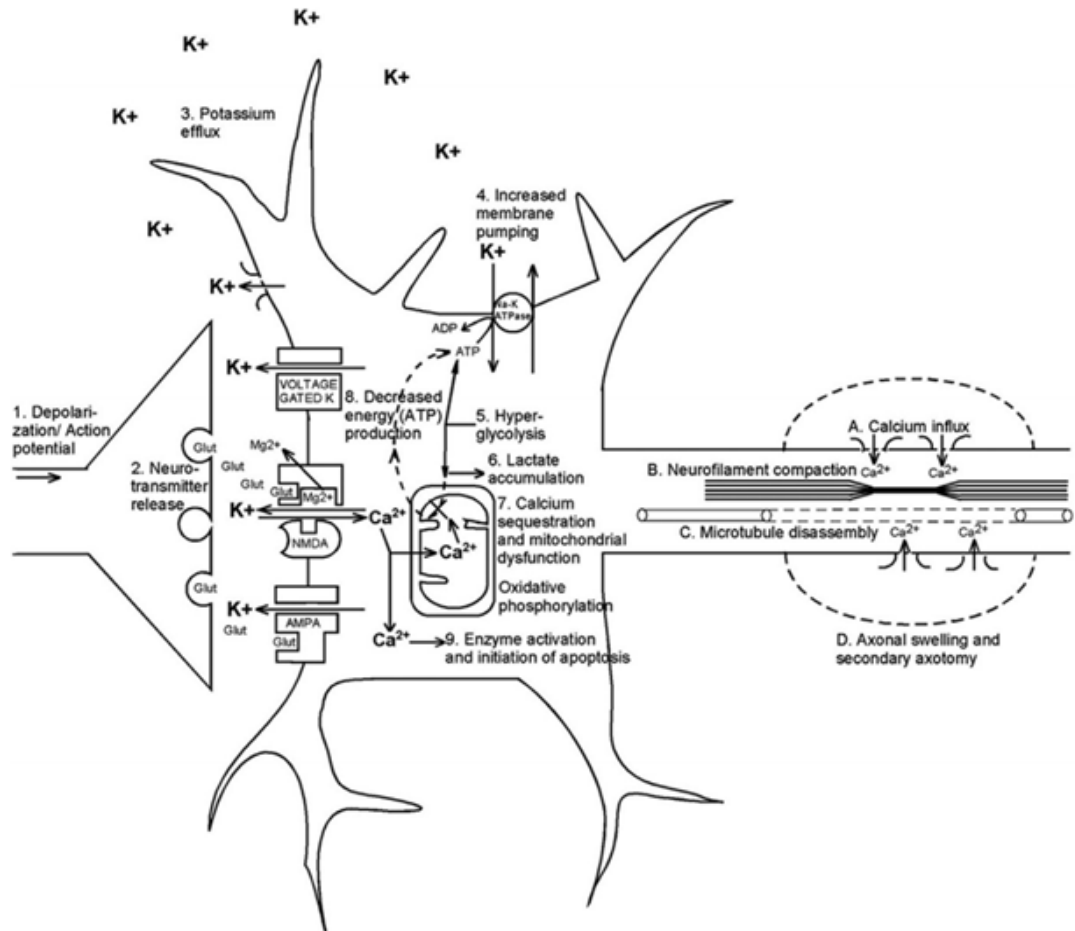


ymmärrys aivotärähdyksen patofysiologiasta johtaisi vamman tarkempaan diagnosointiin ja parempaan hoitoon. Se auttaisi ymmärtämään paremmin vamman pitkäaikaisia seurauksia ja mahdollisesti helpottaisi ennaltaehkäisyä ja riskiryhmiin kuuluvien profilointia. (Elkington ym. 2019, 18.)

Aivotärähdyksessä aivoihin välittyvä voima saa aivot liikkumaan kallon sisällä (Giza ym. 2018, 51). Pehmeä aivokudos törmää kallon sisäpintaan, jolloin aivojen kalloon kontaktissa ollut alue saattaa vaurioitua. Vaurio voi syntyä iskun suunnasta katsottuna etu- tai takapuolelle aivoja, aivojen kimpoillessa edestakaisin kallon sisällä. (Dixon 2017, 3.)

#### **4.3.1 Muutokset ionitasapainossa ja solunsisäisessä metaboliassa**

Aivotärähdyksessä pään ja aivojen mekaaninen trauma syntyy voimakkaiden kiihtyvien ja jarruttavien voimien kohdistuessa neuraalikudokseen (Barkhoudarian ym. 2016, 375). Nämä voimat ovat leikkaavia ja venyttäviä voimia, jotka kohdistuvat hermosolujen soomiin ja aksoneihin. Seurauksena tästä ovat muutokset solukalvon pinnalla ja solureseptoreissa. (Dech ym. 2019, 1091.) Muutoksista seuraa monimutkainen sarja neurokemikaalisia ja neurometabolisia tapahtumia, jotka jo yksin saattavat olla riittäviä aiheuttamaan aivotärähdykselle tyypillisiä oireita (Barkhoudarian ym. 2016, 375–376). (kuva 2)



Kuva 2. Ionitasapainon ja solunsisäisen metabolian järkkäminen aivotärähdyksen seurauksena hermosolussa (Barkhoudarian ym. 2016, 375)

Näiden mekaanisten voimien seurauksena hermosolun solukalvo tulee läpäisevämmäksi ja solun homeostaasi järkkyy,  $K^+$  -ionien virratessa hallitsemattomasti solusta ulos ja  $Ca^{2+}$ - ja  $Na^+$ -ionien virratessa soluun sisään. Ionitasapainon muuttuessa hermosolussa tapahtuu depolarisaatio, jolloin synapsirakoon vapautuu runsaasti glutamaattia. (Dech ym. 2019, 1091–1092; Barkhoudarian ym. 2016, 375–376.)

Glutamaatti on aminohappo, joka toimii hermovälittäjäaineena hermosolujen välisessä kemiallisessa viestien etenemisessä (Kettenmann 2016, 48). Glutamaatin vapautuminen saa aikaan synapsiraossa  $K^+$  ja  $Ca^{2+}$ -kanavien aukeamisen, jolloin ionitasapaino järkkyy entisestään. Glutamaatin vapautuminen aiheuttaa vasteita myös muihin, vaurioituneeseen hermosoluun yhteydessä oleviin hermosoluihin. Synapsiraon toisella puolen oleva hermosolu saa virheellisen viestin avata myös ionikanavansa. Tämä johtaa

ionitasapainon järkkymiseen ja siitä johtuviin muutoksiin edelleen laajemmalla alueella. (Dech ym. 2019, 1091–1092; Giza ym. 2018, 51; Barkhoudarian ym. 2016, 375–376.)

Solun ionitasapainon järkkymisen seurauksena solun ATP-energialla toimivat Na- ja K-pumput alkavat toimia kovalla teholla, yrittäen palauttaa solun homeostaasin. Tämä johtaa solunsisäisten ATP-energiavarastojen nopeaan hupenemiseen ja energiantuotannon muuttumiseen aerobisesta anaerobiseen. (Dech ym. 2019, 1091–1092; Barkhoudarian ym. 2016, 375–376.) Anaerobisen energiantuoton sivutuotteena syntyy laktaattia, joka kerääntyy solujen väliseen tilaan. Laktaatti aiheuttaa kerääntyessään paikallisen turvotuksen tai jopa paikallisen asidoosin eli happomyrkytyksen. (Barkhoudarian ym. 2016, 376.)

Aivotärähdyksen akuutissa vaiheessa solun mitokondrioiden toiminta häiriintyy. Tämän oletetaan olevan paljolti suuren  $\text{Ca}^{2+}$ -ionien sisään virtauksen aiheuttamaa. Kalsiumin kertyminen mitokondrioihin heikentää niiden toimintaa ja kapasiteettia tuottaa ATP-energiaa hapen avulla. (Giza ym. 2018, 52; Barkhoudarian ym. 2016, 376.) Kun mitokondrion toiminta häiriintyy riittävän paljon, voi tuloksena olla ääritapauksessa apoptoosi eli solukuolema. Solun kyky palauttaa tasapaino solukalvon molemmille puolille saattaakin olla avainasemassa määrittämässä, onko kyseessä palautumaton aivovamma vai aivotärähdys. (Dech ym. 2019, 1091.)

Yksi tavallisimmista aivotärähdyksen oireista on päänsärky. Aivotärähdyksissä ja erityisesti migreenityyppisissä päänsäryissä on havaittavissa merkittäviä yhtäläisyyksiä ionitasapainon muutostilassa. Posttraumaattinen päänsärky myös irrallisena oireena ilmenee useiden aivotärähdykselle tyypillisten oireiden kanssa. Näitä oireita ovat esimerkiksi valonarkuus, herkkyyys koviille äänille, huimaus, kognitiiviset oireet ja psyykkiset oireet. Onkin ehdotettu, että nimenomaan aivojen solujen ionitasapainon järkkyminen saisi aikaan päänsäryn ja siihen liitettävät, yllä mainitut oireet. Posttraumaattisesta päänsärystä kärsii 30–90 % aivotärähdyksen saaneista. (Giza ym. 2018, 52–53.)

#### 4.3.2 Muutokset aivoverenkierrossa

Wang ym. (2016, 1230–1232) havaitsivat tutkimuksessaan, että aivojen verenkierto oli aivotärähdyksen saaneilla urheilijoilla huomattavasti alentunut vamman jälkeisenä päivänä kontroleihin verrattuna. Erityisesti verenkierto oli heikentynyt aivojen motorisilla alueilla, oikealla puoliskolla. Kahdeksantena päivänä vammasta aivojen verenkierto oli alentunut entisestään, nyt kuitenkin tasaisemmin molemmin puolin ja enemmän otsa- ja ohimolohkojen alueelta (frontal and temporal lobe). Mikään aivojen osa ei tutkimuksessa saanut poikkeuksellisen paljoa verta. Huomionarvoista tutkimuksessa on se, että kahdeksantena päivänä kaikki tutkimuksen aivotärähdyksen saaneet urheilijat olivat oireettomia ja heidän neurokognitiivinen suorituskäyrynsä oli palautunut vammaa edeltävälle tasolle.

Myös Meier ym. (2015, 534) havaitsivat aivojen verenkierron heikentyvän akuutisti aivotärähdyksen jälkeen, alentuksen edelleen uusintamittauksessa viikon jälkeen vammasta. Selkeimmin verenkierto oli alentunut molemmissa mittauksissa aivojen oikealla puolen, Keskimmäisen insulaarilohkon (midinsular lobe) sekä ylemmän temporaaliluurteen (superior temporal sulcus) alueella. Uusintamittauksessa kuukauden kuluttua vammasta aivojen verenkierto oli saavuttanut tutkittavilla vammaa edeltäneen tason. Aivojen verenkierron heikkeneminen ja osaltaan sen aiheuttama energiakriisi luo potentiaalisen aikaikkunan, jolloin aivot ovat alttiit uudelle, pahemmalle vammalle (Asken ym. 2018, 586–587).

Syytä aivoverenkierron vähenemiselle aivotärähdyksen seurauksena ei tiedetä. On mahdollista, että kapillaariverisuonisto vaurioituu akuutisti vamman yhteydessä tai että pienet verenpurkaumat ja turvotus paikallisesti vaikuttavat verenkiertoon heikentävästi. Häiriötä verenkierron säätelymekanismissa on myös ehdotettu yhdeksi syyksi ilmiöön. (Meier ym. 2015, 536.) Keho pyrkii jatkuvasti pitämään hapen kuljetuksen optimaalisena solu- ja kehonosatasolla (neurovascular coupling). Tämä järjestelmä huolehtii siitä, että kehonosa, jossa ATP-energian kulutus kasvaa, saa enemmän happi- ja glukoosirikasta verta, jotta ATP-energiaa pystytään tuottamaan enemmän. Järjestelmän toiminnan kannalta lukuisten ionien ja molekyylien, kuten Ca ja K sekä ATP

toiminta on tärkeää. Ionitasapainon järkkäminen voi täten välillisesti vaikuttaa myös paikallisesti aivojen verenkierron säätelyyn. (Dech ym. 1092.)

Yhtenä syynä aivoverenkierron heikkenemiselle traumaattisen vamman yhteydessä on myös ehdotettu aivoissa vamman vuoksi lisääntyntä typpioksidin määrää. Kohonnut typpioksidipitoisuus saa verisuonet laajenemaan paineen aiheuttaman supistumisen sijaan. Traumaattisen aivovamman seurauksena aivojen verisuonet saattavat lisäksi kyetä vastaamaan supistumiseen johtaviin stimuluksiin heikommin. (Dixon 2017, 3.)

### 4.3.3 Mekaaniset vauriot

Hermosolun vaurio kohdistuu aivotärähdyksessä pääasiassa aksoniin. Vain harvoin myeliinituppi tai sooma vaurioituvat. Aivotärähdyksen yhteydessä mahdollisesti syntyvä aksonivaurio on lähtökohtaisesti lievä, ja muutokset ovat palautuvia. Myös edellä kuvattu  $Ca^{2+}$  sisäänvirtaus voi heikentää aksonin rakennetta vaikuttamalla mikrotubuluksiin, jotka ovat tärkeitä solun tukirakenteita. (Barkhoudarian ym. 2016, 378.) Vaurion ja aksonin mekaanisen deformaation seurauksena aksonin tiedonvälitys katkeaa osittain tai kokonaan, ja aksonissa kulkenut materiaali alkaa kasaantua vauriokohtaan. Tämä johtaa turvotukseen ja tiedonvälityksen heikkenemiseen myös vaurioituneen aksonin läheisissä aksoneissa. (Barkhoudarian ym. 2016, 378; Johnson ym. 2013, 37.)

Myeliinitupelliset aksonit vaikuttavat olevan parempia kestämään aivotärähdykselle tyypillistä mekaanista rasitusta kuin myeliinitupettomat aksonit. Tämän eroavaisuuden käytännön merkitys ei kuitenkaan ole täysin selvä. (Johnson ym. 2013, 40.)

Kaikissa traumaattisissa aivovammoissa aivojen valkeaan aineeseen oletetaan kohdistuvan suhteellisen samansuuruinen dynaaminen voima. Kuitenkin vain hyvin pienen osan aksonien tiedonvälitykseen tulee katkoksia ja turvotusta. Tämä herättää kysymyksen, ovatko aivojen vaurioitumattomalta vaikuttavat aksonit silti kokeneet tärkeitä patofysiologisia muutoksia, vaikka ovatkin toiminnallisesti ehjiä. (Johnson ym. 2013, 40.) Toisaalta McCrory ym.

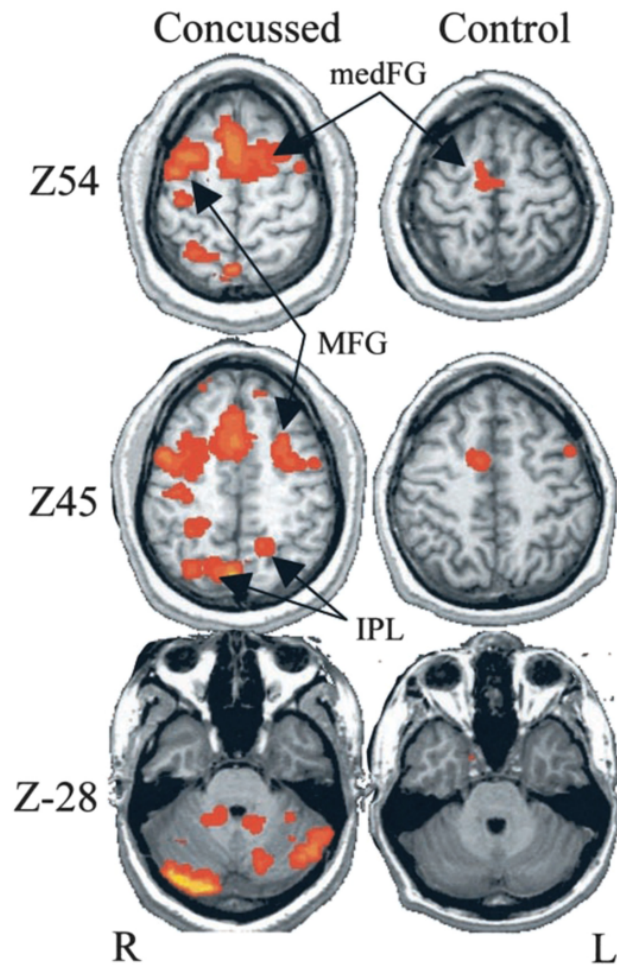
(2017a, 878) mukaan biomekaanisissa mallinuksissa on todettu, etteivät aivoihin välittyvät ulkoiset voimat kohdistu aivoihin tasaisesti. Voimien epätasaiseen jakautumiseen aivokudoksessa vaikuttavat aivojen geometria, aivokudoksen ominaisuudet, kallon sisäinen arkkitehtuuri sekä sidekudosrakenteet. Tämä tarkoittaa, että tietyt anatomiset alueet olisivat enemmän tai vähemmän alttiita aivotärähdyksen kaltaiselle vammalle. Tämä ajattelu osaltaan selittäisi myös, miksi aivotärähdyspotilaiden kliininen oirekuva vaihtelee niin merkittävästi ihmisten välillä.

Giza ym. (2018, 53) mukaan traumaattisen aivovamman saaneilla aivokurkiainen on läpikäynyt rakenteellisia muutoksia. Aivokurkiaisen valkean aineen eheys korreloi muistivaikeuksien kanssa ja vaikuttaa myös yleiseen kognitioon. Mikäli aivojen etulohko vaurioituu, se vaikuttaa tyypillisesti kognitioon ja toiminnanohjaustaitoihin.

Motoriset häiriöt ovat tavallisia keskivaikeissa ja vaikeissa traumaattisissa aivovammoissa, mutta aivotärähdyksissä ne eivät ole kovin yleisiä. Häiriintynyt tasapaino saattaa vaikuttaa motoriseen toimintaan paljon ja johtuu todennäköisesti vestibulaarijärjestelmän vaurioitumisesta tai toiminnan häiriöstä. Motoriset häiriöt voivat johtua myös yleisesti hidastuneesta reaktioajasta. (Giza ym. 2018, 53–54.) Reaktioajat ovat tyypillisesti hitaampia aivotärähdyksen jälkeen verrattuna ennen aivotärähdystä mitattuihin reaktioaikoihin (Giza ym. 2018, 54; Honda ym. 2018, 709). Hitauden oletetaan johtuvan vaurioista viestiä kuljettavissa aksoneissa (Giza ym. 2018, 53).

#### 4.3.4 Muutokset aivojen aktivaatiossa

Aivotärähdyksen jälkeen vamman saaneiden aivojen hermoradat toimivat epänormaalisti. Käytännössä tämä näkyy kognitiivisina puutosoireina ja muutoksina henkilön käyttäytymisessä. Vamman saaneissa aivoissa nähdään funktionaalisessa magneettikuvauksessa hyperaktivaatiota kognitiivisia tehtäviä suoritettaessa viikon kuluttua vammasta vaurioitumattomiin aivoihin verrattuna. (kuva 3) (Barkhoudarian ym. 2016, 380–381.)



Kuva 3. Kuvassa funktionaalinen MRI-kuva, jossa vasemmalla nähdään aivotärähdyksen saaneet aivot ja oikealla terveet aivot. Värikkäät alueet kuvastavat poikkeuksellisen suurta aktiivisuutta samaa kognitiivista tehtävää suoritettaessa. Mediaalinen etupoimu = Medial frontal gyrus (MedFG), keskimmäinen etupoimu = middle frontal gyrus (MFG), alempi päälaen lohko = inferior parietal lobe (IPL). (Barkhoudarian ym. 2016, 381)

Kun epänormaalia aivojen aktivaatiota havaitaan aivotärähdyksen jälkeen, tämä vaikuttaisi ennustavan pidempää toipumisaikaa vammasta. Lisääntynyt kognitiivisten aivoalueiden hyperaktivaatio vaikuttaisi korreloivan myös vamman vakavuuden kanssa. (Barkhoudarian ym. 2016, 381–382.)

#### 4.4 Vammamekanismi

NHL ammattilaisjääkiekkoilijoiden keskuudessa tyypillisin aivotärähdyksen vammamekanismi on pelaajien välinen kontakti, jossa pidempi ja painavampi pelaaja osuu loukkaantuvaa pelaajaa pään sivulle. Noin 39 % pelaajien välisistä kontakteista, jotka aiheuttivat aivotärähdyksen, aiheuttivat pään

liikkeen sagittaali- ja transversaalitasossa. Yleisimmin kontakti päähän tulee vastustajan olkapäästä. Myös pään iskeytyminen jäähän on huomattava riskitekijä aivotärähdyksen saamiseen. Vastavuoroisesti mailan osuminen päähän ei ole merkittävä riskitekijä aivotärähdykselle. (Hänninen 2017, 24–25.)

Amerikkalaisen jalkapallon korkeimmalla sarjatasolla, NFL:ssä aivotärähdys syntyy yleensä pelaajien välisestä kontaktista. Prosentuaalisesti useimmin aivotärähdys syntyy kontaktista vastustajan kypärään (67.7 %), jonka jälkeen useimmin kontaktista vastustajan muuhun ruumiinosaan (20.9 %) ja kontaktista pelialustaan (11.4 %). Hyökkäävän joukkueen pelaajat saavat keskimääräisesti enemmän aivotärähdyksiä ja yleisin pelitilanne, jossa aivotärähdys syntyy, on taklaustilanne. Taklaavalla ja taklatuksi tulevalla pelaajalla vaikuttaisi olevan lähes yhtä suuri vammaariski. (Pellman ym. 2004, 84–85.)

Myös eurooppalaisessa jalkapallossa tyypillisin aivotärähdyksen vammamekanismi syntyy pelaajien välisestä kontaktista. Pelaajien välinen kontakti on yleisin vammamekanismi sekä miehillä, että naisilla. Miehillä pelaajien välinen kontakti on suhteessa naisiin suurempi vamman aiheuttaja, kun taas pelaajan kontakti pallon ja pelaajan kontakti ympäristöön aiheuttavat naispelaajilla enemmän aivotärähdyksiä kuin miehillä. (Maher ym. 2014, 274.)

Jalkapallossa noin 60 % kaikista päävammoista tapahtuu puskuilanteissa, ja puskuilanteissa yleisin sattunut vamma on aivotärähdys. Puskuilanteessa yleisimmin aivotärähdyksen aiheuttaa vastustajan yläraajan (41 %), pään (32 %) tai alaraajan (13 %) kontakti. Mikäli vamma syntyy kontaktista pallon, on todennäköisempää, että pallo on potkaistu lähietäisyydeltä pelaajaa päähän kuin että vamma syntyisi pallon puskemisesta. Kontaktissa ympäristöön vamman aiheuttaa pelaajan kaatuminen ja kontakti joko pelialustaan tai maalitolppaan, tai törmäys esimerkiksi katsomorakenteisiin tai vaihtopenkkiin. (Maher ym. 2014, 274.)



## 4.5 Riskitekijät urheiluperäiseen aivotärähdykseen

### Aivotärähdys

Urheilijalla, joka on saanut aiemmin aivotärähdyksen, riski saada uusi aivotärähdys on 3-kertainen (Finnoff ym. 2011, 455) tai jopa 4,44-kertainen verrattuna urheilijoihin, joilla aivotärähdyshistoriaa ei ole (Reneker ym. 2019, 182). Mikäli urheilija on menettänyt tajuntansa aivotärähdyksen yhteydessä, on hänellä jopa 6-kertainen riski saada uusi aivotärähdys saman kilpailukauden aikana (Finnoff ym. 2011, 455).

### Pelipaikka

Jääkiekkoilijoista maalivahdeilla on pienempi riski saada aivotärähdys kuin puolustajilla tai hyökkääjillä (Hänninen 2017, 25; Abrahams ym. 2013, 95; Hutchison ym. 2013, 2–3). On myös esitetty, että hyökkääjien vammriski on suurempi kuin puolustajien ja etenkin keskushyökkääjillä on suhteellisen suuri riski saada aivotärähdys (Hänninen 2017, 25). Kuitenkin näyttö pelipaikkakohtaisesta aivotärähdysriskistä on kyseenalaista eikä kovin luotettavaa (Abrahams ym. 2013, 95; Hänninen 2017).

Amerikkalaisen jalkapallon pelaajista pelinrakentajilla on suurin, 1.7–5-kertainen riski saada aivotärähdys muihin hyökkääjiin verrattuna (Abrahams ym. 2013, 95). Ylipäätään amerikkalaisessa jalkapallossa hyökkävällä joukkueella vaikuttaisi olevan suurempi riski saada aivotärähdys, kun pelataan korkeimmalla sarjatasolla NFL:ssä. Pienin aivotärähdysriski on palloa potkaisevalla pelaajalla sekä potkaistavaa palloa pitelevällä pelaajalla. (Pellman ym. 2004, 84–85.)

### Ikä

Urheilijan ikä vaikuttaisi korreloivan vammasta toipumisen kanssa käänteisesti, eli lapset ja nuoret toipuvat aivotärähdyksestä aikuisurheilijoita hitaammin (Finnoff ym. 2011, 455–456). On näyttöä, että high school -ikäiset amerikkalaisen jalkapallon pelaajat toipuvat vammastaan college-ikäisiä

pelaajia hitaammin, vaikka vanhemmissa ikäryhmissä tyypillisesti vammat ovat vakavampia. Tähän ilmiöön on ehdotettu useita mahdollisia syitä, kuten nuorempien pelaajien ohuempia aivoverisuonia, ohuempaa kalloa tai heikompaa kehon hallintaa. On myös spekuloitu, tekevätkö vielä kehitysvaiheessa olevat aivot nuoresta urheilijasta vammaherkemmän aivotärähdykselle. Yhtenä vaikuttavan tekijänä saattaa myös olla, ettei high school -joukkueissa yksinkertaisesti ole saman tasoista lääkintähenkilökuntaa paikalla kuin college-joukkueissa. (Daneshvar ym. 2011, 4.)

11–16-vuotiailla jääkiekkoilijoilla aivotärähdyksiä esiintyy huomattavasti enemmän kuin muilla ikäluokilla 9 vuoden hajonnalla tarkasteltuna. Syy tähän on todennäköisesti se, että vartalokontaktien antaminen on sallittua vasta 10-vuotiaasta alkaen. (Abrahams ym. 2013, 94.) Varsinkin lasten kohdalla tulisikin noudattaa erityistä varovaisuutta aivotärähdyksen hoidossa. Lasten kanssa luotettavan diagnoosin tekeminen voi olla vaikeaa ja aivotärähdyksen pitkäaikaisia vaikutuksia vielä kehittyvissä aivoissa ei tunneta hyvin. (Finnoff ym. 2011, 455–456.)

## **Peliaika**

Väsymys fyysisestä rasituksesta on tutkitusti altistava tekijä aivotärähdykselle. Tämä johtuu mahdollisesti urheilijan hidastuneista reaktioajoista, nestevajauksesta ja kehon kohonneesta metaboliasta. (Finnoff ym. 2011, 455.) Urheilijan alhainen fyysinen kunto mahdollisesti johtaa aikaisempaan väsymiseen, joka taas johtaa kyvyttömyyteen reagoida tarkoituksenmukaisesti dynaamiseen peliympäristöön ja nostaa vammariskiä (Abrahams ym. 2013, 96).

Aivotärähdysriski kasvaa keskimäärin 15,22 minuuttia pelissä pelaavien NHL-jääkiekkoilijoiden kohdalla. Pelaajilla, jotka pelaavat 15–20 minuuttia pelissä on huomattava riskin saada aivotärähdys. (Hänninen 2017, 25.) Kuitenkin Abrahams ym. (2013, 94) mukaan eliittitason jääkiekossa kolmannessa erässä tapahtuu selvästi vähemmän aivotärähdyksiä kuin toisessa.

## Sukupuoli

Lajeissa, joissa säännöt ja fyysiset tekijät ovat tasavertaisia sukupuolten välillä, näyttäisi naisilla olevan suurempi riski saada aivotärähdys. Naisilla on esitetty olevan jalkapallossa 1,5–2,5-kertainen ja koripallossa 1,5–3-kertainen riski saada aivotärähdys. (Lin ym. 2018, 1079; Covassin ym. 2016, 193; Abrahams ym. 2013, 93.) Myös baseball ja softball näyttäisivät joidenkin lähteiden mukaan tuottavan naisilla huomattavasti enemmän aivotärähdyksiä (Lin ym. 2018, 1079; Covassin ym. 2016, 193). Prien ym. (2018, 957, 965) systemaattisen katsauksen mukaan naisurheilijoilla on selvästi suurempi aivotärähdysriski myös jääkiekossa. Tätä voidaan pitää yllättävänä kun otetaan huomioon, että taklaaminen on lajissa sallittua miehillä muttei naisilla.

Yksi selittävä tekijä naisten tilastollisesti suurempaan aivotärähdysten määrään voi tuki olla naisten matalampi kynnyks ilmoittaa vammastaan ja oireistaan (Lin ym. 2018, 1079; Resch ym. 2017, 719; Covassin ym. 2016, 193; Abrahams ym. 2013, 93). Vastaavasti on myös mahdollista, että miehet aliraportoivat ja vähättelevät oireitaan (Covassin ym. 2016, 193).

Naisurheilijat kokevat, tai ainakin raportoivat enemmän ja vakavampia aivotärähdyksen oireita miehiin verrattuna vamman jälkeen ja jo terveenä alkutestauksessa (Lin ym. 2018, 1080; Resch ym. 2017, 724). Naiset raportoivat enemmän erityisesti somaattisia, kognitiivisia ja emotionaalisia oireita sekä uneen liittyviä oireita miehiin verrattuna (Resch ym. 2017, 724). On myös mahdollista, että naiset toipuvat aivotärähdyksestä miehiä jonkin verran hitaammin (Lin ym. 2018, 1080; Resch ym. 2017, 724). Mahdolliseen hitaampaan toipumiseen vaikuttanee naisten edelleen matalampi kynnyks ilmoittaa oireistaan ja se, että vammasta toipumista seurataan pitkälti urheilijan oirekuvan ja omien tuntemusten mukaan (Resch ym. 2017, 724).

Lajeissa, joissa naisilla vaikuttaisi olevan miehiä suurempi aivotärähdysriski, aivotärähdykselle altistaviksi tekijöiksi on ehdotettu sukupuolten fyysisiä ja fysiologisia eroavaisuuksia: eroavaisuuksia niskan lihasmassassa ja voimassa sekä eroavaisuuksia hormonitoiminnassa (Lin ym. 2018, 1079–1080; Resch ym. 2017, 719–720; Covassin ym. 2016, 193). Myös mahdolliset sukupuolten

väliset neuroanatomiset eroavaisuudet, kuten naisten aivojen suurempi määrä myeliinitupettomia aksoneja miesaivoihin verrattuna saattaa vaikuttaa aivotärähdysriskiin (Covassin ym. 2016, 193). Resch ym. (2017, 720) esittää lisäksi, että naisurheilijoilla sillä, mihin kohtaa kuukautiskiertoa aivotärähdys osuu, olisi merkitystä vamman vakavuuden ja oireiden kannalta.

## **Geenit**

Oletetaan, että perimällä olisi vaikutusta traumaattisten aivovammojen ennusteeseen. Useiden geenien yhteyttä urheilijoiden aivotärähdyksiin ja lieviin traumaattisiin aivovammoihin on tutkittu. (Finnoff ym. 2011, 454.) Kuitenkin näyttö geenien osuudesta aivotärähdysriskiin on vähäistä (Abrahams ym. 2013, 94).

Geeni, jonka yhteyttä aivotärähdysriskiin on tutkittu eniten, on apolipoproteiini E (*APOE*), joka koodittaa rasvankantajaproteiinia, ApoE:tä (Abrahams ym. 2013, 94). Tietty ApoE:n alleeli eli mahdollinen muoto, ApoE  $\epsilon$ 4 tunnetaan riskitekijänä Alzheimerin taudille ja vaikeammalle oirekuvalle vakavissa aivovaurioissa. Kuitenkaan saatavilla olevan tiedon mukaan tämä ApoE-geenin muoto ei vaikuttaisi altistavan aivotärähdykselle tai heikentävän vamman sattuessa toipumisennustetta. Lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan. On viitteitä, että ApoE-geenin muista osista saattaa löytyä aivotärähdykselle altistavia tekijöitä. (Finnoff ym. 2011, 454–455.)

Myös  $\tau$ -geenin vaikutusta aivotärähdyksen riskitekijänä on tutkittu yhdessä tutkimuksessa. 195 college-jalkapalloilijan tai amerikkalaisen jalkapalloilijan aivotärähdyshistoria selvitettiin kyselylomakkeella ja heidän  $\tau$ -geenin muotonsa määritettiin geenitutkimuksessa. Tämä tutkimus löysi heikkolaatuista tukea hypoteesille, että kyseisen geenin tietty mutaatio nostaisi aivotärähdysriskiä. Tutkimusasetelmaa ei ole kuitenkaan toistettu ja lisää tutkimusta tarvitaan. (Finnoff ym. 2011, 455.)

## **Kohonnut tule-vamman riski aivotärähdyksen saaneilla**

Aivotärähdyksen saaneilla urheilijoilla on 2,11-kertainen riski saada muu tuki- ja liikuntaelinvamma verrattuna verrokkeihin 3–24 kuukauden seurannassa (McPherson ym. 2018, 5). Reneker ym. (2019, 182) mukaan riski saada alaraajavamman on aivotärähdyksen saaneilla 1,82-kertainen verrattuna urheilijoihin, joilla ei ole lainkaan aivotärähdyshistoriaa. Sekä ylä- että alaraajavammojen osalta aivotärähdyksen saaneilla seuraava vamma tapahtuu keskimäärin 61 % nopeammalla aikajänteellä. Howell ym. (2018, 7) katsauksessa uransa lopettaneilla NFL pelaajilla havaittiin vahva korrelaatio aivotärähdyksen määrän ja myöhemmän, vakavan alaraajavamman todennäköisyyden välillä.

Joissain tapauksissa aivotärähdyksen oirekuvaan saattaa kuulua esimerkiksi näkö- ja tasapainoelinoireita, tasapainon heikkenemistä tai muita proprioseptiikkaan liittyviä oireita. Aivotärähdyksen saaneilla siis sensomotorisissa toiminnoissa tapahtuu muutoksia. Sensomotorisen järjestelmän tehtävänä on tulkita aivojen saamaa tietoa ääreishermostolta sekä näkö- ja tasapainoelimiltä ja huolehtia, että motorinen vaste on sellainen, että nivelten riittävä stabiliteetti saavutetaan. Tämän järjestelmän heikentynyt toimintakyky aivotärähdyksen jälkeen ja kliinisten oireiden jo väistyttyä on todennäköisesti TULE-vammariskiä nostava tekijä. (McPherson ym. 2018, 2,6.)

Tiedetään, että neuromuskulaarisissa toiminnoissa esiintyy vajavaisuuksia akuutisti aivotärähdyksen jälkeen ja vielä lajiin paluun kriteerien täytyttyä eli senkin jälkeen, kun urheilija on todettu terveeksi. Aivotärähdyksen jälkeen maksimaalinen voimantuottokyky on alentunut ja voimantuotto saattaa tapahtua viiveellä. (Howell ym. 2018, 12–13.) Neuromuskulaarisella kontrollilla tarkoitetaan hermoston kontrolloimaa lihasten aktivaatiota. Nivelen stabiliteetin kannalta katsottuna tämä tarkoittaa tiedostamatonta niveltä stabiloivien lihasten aktivaatiota nivelen liikkeeseen valmistauduttaessa tai siihen reagoitaessa. Proprioseptinen tieto nivelestä ja ympäröivistä rakenteista on ensiarvoisen tärkeää neuromuskulaarisen kontrollin toiminnan kannalta. (Riemann & Lephart 2002, 73.)

Esimerkiksi hypyn alastulomekaniikassa on havaittu aivotärähdyksen aiheuttamia muutoksia. Verrattaessa ennen ja jälkeen vamman toteutettuja mittauksia, 50 päivää vamman jälkeen "terveillä" urheilijoilla havaittiin hypyn alastulossa korostunut lonkan jäykkyys, samalla kun polven ja jalkaterän jäykkyys oli alentunut. Neuromuskulaaristen toimintojen häiriöt saattavatkin olla yksi tule vammalle altistava tekijä, varsinkin kun urheilija joutuu suorittamaan kahta tehtävää samaan aikaan. (Howell ym. 2018, 12–13.)

Toisaalta Burman ym. (2016, 3–4.) mukaan aivotärähdyksen saaneet urheilijat ovat alttiimpia kaikille vammoille aivotärähdyksestä riippumatta. Vammariski aivotärähdyksen jälkeen on kohonnut kontroleihin verrattuna, mutta ei kohonnut verrattaessa urheilijan vammahistoriaan ennen aivotärähdystä. Tällöin aivotärähdys ei ehkä olisikaan riskitekijä TULE-vammalle, vaan urheilija olisi jostain muusta syystä yleisesti vammaherkempi.

### **Mielenterveys, oppimisvaikeudet ja ADHD**

Lapset, joilla on neurologisia kehityshäiriöitä, kuten ADHD ja oppimisvaikeuksia, pärjäävät huonommin neuropsykologisissa testeissä ja raportoivat enemmän aivotärähdyksen kaltaisia oireita ilman aivotärähdyttä. Kirjallisuus kuitenkin esittää, että näiden lapsien alkumittaustulokset ovat alhaisemmat, mutta heillä ei ole isompaa riskiä pahempiin aivotärähdysoireisiin tai niiden pitkittymiseen. (Iverson ym. 2017, 6.) Iverson ym. (2020, 4) tekemän systemaattisen katsauksen mukaan iso osa tutkimuksista osoittaa aivotärähdyksen oireiden olevan pahempia potilailla, joilla oli mielenterveysongelmia verrattuna potilaisiin, joilla niitä ei ollut.

Masennus näyttäisi olevan riskitekijä aivotärähdysoireiden pitkittymiselle (Iverson ym. 2017, 6; Iverson ym. 2020, 4). Migreeni puolestaan ei näyttäisi kuuluvan aivotärähdyksen riskitekijöihin, mutta tästäkin löytyy näyttöä sekä puolesta että vastaan. Kuitenkin tutkimusten tekeminen on usein haasteellista. Osa nuorista ja aikuisista ei osaa erottaa päänsärkyä ja migreeniä toisistaan, mikä laskee tulosten luotettavuutta. Akuutti ja sub-akuutti päänsärky on todettu oireiden pitkittymisen riskitekijöiksi joissain tutkimuksissa. Tähän liittyen migreenihistoria saattaa ennustaa pidempää toipumista

aivotärähdyksestä, mutta lisää tutkimuksia tarvitaan. (Iverson ym. 2017, 6.) Myös suvussa esiintyvä psykiatrinen sairaus ja mielialavaihtelut viittaisivat pahempaan psykiatrisiin oireisiin urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen (Iverson ym. 2020, 8).

### **Mahdolliset pitkäaikaisseuraukset ja toistuvat aivotärähdykset**

Varsinkin kontaktilajeissa, joissa aivotärähdyksiä tiedetään esiintyvän verrattain paljon, aivotärähdyksen mahdolliset pitkäaikaisvaikutukset ovat viime vuosina alkaneet kiinnostaa tutkijoita. Toinen paljon kiinnostusta herättävä aihe on toistuvat aivotärähdykset ja niiden vaikutukset. (McAllister & McCrea 2017, 309.)

Urheiluperäisten aivotärähdyksien ja mielenterveyden tutkiminen pitkällä aikavälillä on vähintäänkin haastavaa (Hutchinson ym. 2017, 2). Entisillä urheilijoilla uran aikana saatujen aivotärähdyksien määrällä ja myöhemmin elämässä diagnosoidulla masennuksella vaikuttaisi kuitenkin olevan yhteys. Mitä useamman aivotärähdyksen urheilija on kokenut, sitä todennäköisempää on, että hän on myöhemmin elämässään saanut masennusdiagnoosin tai kärsinyt masennuksen oireista. On myös heikkoa näyttöä muiden mielenterveysoireiden, kuten ahdistuneisuuden, impulsiivisuuden ja aggressiivisuuden lisääntymisestä aivotärähdyksistä kärsineillä. (Rice ym. 2018, 458–460; Hutchinson ym. 2017, 4–5.)

Muutokset mielialassa tai persoonassa, ahdistuneisuus ja itsetuhoiset ajatukset voivat johtua myös jostakin muusta neuropsykologisesta häiriöstä tai merkittävästä tapahtumasta elämässä. Täten näiden epäspesifien oireiden suora yhdistäminen yksittäiseen aivotärähdykseen tai aivotärähdyshistoriaan ei ole yksinkertaista. (McAllister & McCrea 2017, 312.) Esimerkiksi urheilun jälkeen fyysisen kunnon lasku, sosiaalisen tukiverkoston ja oman identiteetin menettäminen sekä päihteiden käyttö yhdistyvät kaikki urheilijoiden tunne-elämän ongelmiin (Hutchinson ym. 2017, 2).

Aivotärähdyksien yhteys myöhemmän iän neurodegeneratiivisiin sairauksiin, kuten Alzheimerin tautiin on epäselvä. Vakavan aivovamman saaneilla riski

sairastua Alzheimerin tautiin on merkittävästi kohonnut, mutta lievempien aivovammojen merkitys riskitekijänä näyttäisi vähäisemmältä. Eläköityneillä urheilijoilla vaikuttaisi kuitenkin olevan selvä korrelaatio itse raportoitujen aivotärähdysten määrän ja myöhemmällä iällä kehittyvän lievän kognitiivisten toimintojen häiriön välillä. (McAllister & McCrea 2017, 313.) Erityisesti kontakti- ja kamppailulajien edustajat kärsivät myöhemmällä iällä kognitiivisista puutosoireista ja masennuksesta, ja näiden oireiden ja aivotärähdyshistorian välillä on yhteys (Manley ym. 2017, 675). Urheilijoilla, joilla oli ollut kolme tai enemmän aivotärähdyksiä uransa aikana kärsivät vanhempana kolme kertaa todennäköisemmin muistiongelmista verrattuna urheilijoihin, joilla ei ollut aivotärähdyshistoriaa (McAllister & McCrea 2017, 313).

Urheilijoiden mahdollinen opioidipohjaisten kipulääkkeiden käyttö ja altistuminen suurille määrille anabolisia steroideja saattavat vaikuttaa kognitioon. Ne tulisi myös ottaa huomioon, kun vedetään johtopäätöksiä aivotärähdysten ja heikentyneen kognition välillä. Myös liikunnan määrän tiedetään vaikuttavan kognitioon, ja eläköityneiden urheilijoiden uran jälkeisen fyysisen aktiivisuuden määrä tai sen puute tulisi siten huomioida ja kontrolloida tutkimuksissa paremmin. (Cunningham ym 2020, 149–150.)

Aivotärähdysten yhteyttä kohonneeseen itsemurhariskiin tutkittu paljon, mutta vahvaa näyttöä korrelaatiosta niiden välillä urheilijoilla ei ole (McAllister & McCrea 2017, 312). Myös Manley ym. (2017, 675) systemaattisessa katsauksessa todetaan, etteivät entiset urheilijat kuole useammin itsemurhan seurauksena.

Toistuva aivotärähdys yhdistettiin McAllisterin & McCrean (2017, 310) systemaattisessa katsauksessa suurempaan riskiin tajunnan menetykselle, pidemmälle oireiden kestolle ja viivästyneeseen lajiin paluuhun verrattuna ensimmäiseen aivotärähdykseen. Hutchinson ym. (2017, 6) mukaan tutkimuksissa on osoitettu, että ihmisaivot ovat aivotärähdyksen jälkeen alttiimmat uudelle vammalle. Heidän mukaansa pahimmat kognitiiviset puutosoireet liittyvät aivotärähdyksiin, jotka tapahtuvat lyhyen ajan sisällä edellisestä aivotärähdyksestä.



## 4.6 Aivotärähdyksen ennaltaehkäisy urheilussa

Vaikka aivotärähdysten ennaltaehkäisyä on tutkittu paljon eri lajeissa, vahvaa näyttöä ennaltaehkäisevien strategioiden puolesta on vähän, tai näyttö on ristiriitaista (McCroory ym. 2017c, 8). Ensiarvoisen tärkeää olisi, että urheilijat ymmärtäisivät aivotärähdyksen tunnusmerkit ja riskit, ja kertoisivat oireistaan välittömästi. Aivotärähdykseen liittyvien oireiden vähättely ja piilottelu ovat yhä iso ongelma urheilun parissa. (Elkington ym. 2019, 23.)

### 4.6.1 Suojavarusteiden käyttö

#### Kypärän käyttö

Biomekaanisissa tutkimuksissa on havaittu yleisesti saatavilla olevilla kypärillä olevan pieni vaikutus päähän kohdistuvan iskun välittymisessä aivoihin.

Vaikutus ei kuitenkaan ole tarpeeksi suuri, että sillä olisi vaikutusta aivotärähdyksen ilmaantuvuuteen. (McCroory ym. 2017b, 297.)

Amerikkalaisessa jalkapallossa käytettävät kypärät vaikuttaisivat olevan materiaaleiltaan loistavia estämään suurienergisiä, katastrofaalisia päävammoja, mutta vähemmän tehokkaita estämään pienienenergisiä iskuja, joihin aivotärähdykset tyypillisesti liitetään (Navarro. 2011, 28).

Greenhill ym. (2016, 239) havaitsivat tutkimuksessaan, jossa tutkittiin high school -ikäisten amerikkalaisen jalkapallon pelaajia, että huonosti istuva kypärä oli jopa riskitekijä aivotärähdykselle. Huonosti istuvaa kypärää käyttäneillä pelaajilla havaittiin enemmän ja pitkäkestoisempia aivotärähdyksen oireita kuin pelaajilla, joilla oli hyvin istuva kypärä.

Rugbyn pelaajilla tehdyistä tutkimuksista valtaosa on tullut siihen tulokseen, ettei kypärän käyttö vähennä aivotärähdysriskiä. Muutamia tutkimuksia, joiden mukaan kypärä suojaa jossain määrin aivotärähdykseltä on myös tehty. Tiedetään, että vähemmän riskejä ottavat pelaajat valitsevat käyttämään kypärää

keskimääräistä useammin ja on spekuloitu, vaikuttaisiko tämä ilmiö tutkimusten tuloksiin. (Schneider ym. 2016, 6–7.)

College-jääkiekkoilijoilla tehdyssä tutkimuksessa ei havaittu eroa aivotärähdyksessä, käyttivät pelaajat kypärässään pelkkää visiiriä tai koko kasvot peittävää ”akvaariota” (Emery ym. 2017, 4). Alppilajeissa, pyöräilyssä sekä moottori- ja hevosurheilussa kypärän käytöllä on mahdollista ehkäistä muita pään ja kasvojen alueen vammoja, kuten kallonmurtumia. Ei kuitenkaan ole olemassa todisteita, että mitkään saatavilla olevat suojarusteet estäisivät aivotärähdyksen syntymisen. (McCrary ym. 2017b, 297.)

### **Hammassuojan käyttö**

Hammassuojan käyttöä hampaiden ja suun alueen vammojen sekä aivotärähdyksen ehkäisyyn on suositeltu jo 1900-luvun alkupuoliskolta saakka. Hammassuojan aivotärähdykseltä suojaavana vaikutuksena on pidetty sitä, että se vaimentaisi suoraan leukaan tulevaa iskuja, joka ilman hammassuojaa välittyisi suoraan kallon kautta aivoihin. (Knapik ym. 2019, 1218.) Leukaan kohdistuvat suorat iskut ovat kuitenkin monessa lajissa harvinaisia ja siten vammamekanismi ja vammalta suojaava vaikutus epätodennäköinen (Schneider ym. 2016, 8). Tutkimusten valossa hammassuojan käyttö ehkäisee tehokkaasti hampaiden ja suun alueen vammoja. Ei kuitenkaan vaikuta siltä, että hammassuojan käytöllä olisi merkitystä aivotärähdyksen synnyn estämiseen. (Knapik ym. 2019, 1228; McCrary ym. 2017b, 297.)

Lisää tutkimusta aiheesta kuitenkin tarvitaan. Esimerkiksi erityyppisillä hammassuojilla ja suojan istuvuudella saattaa olla merkitystä. (Knapik ym. 2019, 1229–1230; Schneider ym. 2016, 8.) Tiedetään myös, että lajeissa, joissa hammassuojan käyttö on pakollista, hammassuojan todellinen käyttö varsinkin harjoituksissa vaihtelee rajusti. Tämän seurauksena voidaan olettaa, että tutkimuksissa hammassuojaa käyttäneellä ryhmällä ei kaikilla ole välttämättä ollut hammassuojaa, mikä saattaa vaikuttaa tuloksiin. (Knapik ym. 2019, 1229–1230.)



## Muiden suojarusteiden käyttö

Amerikkalaisessa jalkapallossa harjoituksissa aivotärähdysten esiintyvyys on suurin linjassa tapahtuvissa kontaktiharjoituksissa (eng. scrimmage) (1,55 / 1000 AE) ja aivotärähdysten esiintyvyys vaikuttaisi pienenevän, mitä vähemmän suojarusteita harjoituksessa käytetään. Harjoituksissa, joissa pelaajilla oli täysi pelivarustus, aivotärähdyksen esiintyvyys oli keskimäärin 0,66/1000 AE kun taas harjoituksissa, joissa käytettiin pelkkää kypärää, aivotärähdyksen esiintyvyydeksi saatiin 0,03 / 1000 AE. (Kerr ym. 2015, 1137–1140.)

Tämä paradoksaalinen ilmiö, jossa urheiluvammatutkimuksissa havaitaan suojarusteiden käytön lisäävän vamma-riskiä, on yleisesti tunnettu. Urheilulajeissa, joissa käytetään suojarusteita, saatetaan joidenkin urheilijoiden kohdalla joutua tilanteeseen, jossa urheilija luottaa suojarusteiden estävän kaikki vammat. Tämä saattaa johtaa lisääntyneeseen riskinottoon ja muuttaa urheilijan pelityyliä vaarallisempaan suuntaan. (McCrary ym. 2017b, 298.) Kuitenkin myös harjoituksen luonne, tavoite ja intensiteetti näyttäisivät vaikuttavan aivotärähdyksriskiin ainakin yhtä paljon kuin käytetyt suojarusteet (Kerr ym. 2015, 1139).

### 4.6.2 Harjoitettavat ominaisuudet

Näköaistin harjoittamisella on teorisoitu olevan aivotärähdyksriskiin pienentävä vaikutus. Tämä perustuu ajatukseen, että urheilija, jolla on parempi ääreisnäkö, havaitsee tulevan iskun nopeammin ja ehtii varautua siihen. Näköaistin harjoittamisella on saatu lupaavia tuloksia amerikkalaisessa jalkapallossa college-tasolla, mutta tutkimukset muista lajeista tai sarjatasoista puuttuvat. (Honda ym. 2018, 707–708.)

Collins ym. (2014, 313–316) havaitsivat pilottitutkimuksessaan, että niskan verrokkeja heikompi lihasvoima korreloi korkeamman aivotärähdyksen esiintyvyyden kanssa. Tutkimukseen osallistui 6704 high school -urheilijaa 51 koulusta ja kolmesta eri lajista. Lajeina urheilijoilla oli koripallo, jalkapallo ja lacrosse. Hondan ym. (2018, 708–709) yhteenvedon mukaan vaikuttaisi, että

koripallossa, jalkapallossa, lacrossessa ja rugbyssa vahvat niskan lihakset vähentäisivät aivotärähdyksriskiä, kun taas jääkiekossa ja amerikkalaisessa jalkapallossa niskan voimalla ei olisi merkitystä. Kuitenkin tuoreemmissa katsauksissa ei ole löydetty aukottomia todisteita niskan lihasvoiman vaikutuksesta aikuisurheilijoiden aivotärähdyksriskiin ja näyttö on ristiriitaista (Daly ym. 2021, 12–13; Honda ym. 2018, 708–709).

Urheilijan reaktioaika on mahdollisesti merkittävä ominaisuus mitä tulee aivotärähdyksen saamiseen. Nopealla reaktioajalla varustettu urheilija ehtii havaita ja varautua tulevaan iskuun. Nopeasti reagoiva urheilija ehtii mahdollisesti nostaa esimerkiksi kätensä pään suojaksi, mikä on tärkeä suojausstrategia päähän kohdistuvan iskun vaimentamiseksi. Huomionarvoista on myös se, että aivotärähdyksen saaneilla urheilijoilla reaktioajat ovat akuutisti hidastuneet. Tätä on pidetty yhtenä riskitekijänä uusintavammalle, mikäli lajiin paluu tapahtuu liian nopeasti. (Honda ym. 2018, 709–710.)

#### 4.6.3 Sääntömuutokset

Lukuisissa eri urheilulajeissa on pyritty pienentämään aivotärähdyksen määrää erilaisilla sääntömuutoksilla (Emery ym. 2017, 5; McCrory ym. 2017a, 298). Jalkapallossa puskuutilanteissa tapahtuvaan kyynärpään käyttöön on puututtu herkemmin punaista korttia näyttämällä, ja tällä sääntömuutoksella on saatu laskettua aivotärähdyksriskiä jopa 19 % (Emery ym. 2017, 5). Vuoden 2021 alussa FIFA aloitti kokeilun, jossa joukkueiden annetaan vaihtaa kentältä pois aivotärähdyksen saanut tai aivotärähdysepäilyn alla oleva pelaaja, vaikka joukkue olisi jo käyttänyt kaikki vaihtonsa. Tällä sääntömuutoksella pyritään parantamaan pelaajien turvallisuutta ja saamaan loukkaantunut pelaaja pois kentältä matalammalla kynnyksellä. (FIFA. 2021.) Myös rugbyssä on tehty sääntömuutoksia, jotka sallivat loukkaantuneen pelaajan tutkimisen kentän laidalla rankaisematta pelaajan joukkuetta ja vaikuttamatta pelin kulkuun (McCrory ym. 2017b, 298).

Taklausten kieltäminen alle 13-vuotiaiden jääkiekossa pienensi aivotärähdyksen riskiä valtavasti (Emery ym. 2017, 6; McCrory ym. 2017b, 8).

Taklausharjoitukset ilman suojarusteita amerikkalaisessa jalkapallossa junioritasolla ja taklaustekniikkaharjoitukset rugbyssä ammattilaistasolla eivät vähennä aivotärähdyksriskiä (McCrory ym. 2017c, 8). Mikäli jostain suojarusteesta on selvästi hyötyä aivotärähdyksen riskin vähentämiseksi, tulisi sen käytöstä tehdä pakollista (Navarro. 2011, 30).

### **Kaukalon koko ja tyyppi jääkiekossa**

Pelattaessa jääkiekkoa eliittitasolla niin kutsutussa turvakaukalossa eli kaukalossa, jossa on joustavat laidat verrattuna perinteiseen jääkiekkokaukaloon, on saatu hyviä kokemuksia aivotärähdyksen esiintyvyyden vähenemisen muodossa (Emery ym. 2017, 5; Tuominen ym. 2017, 247). Emeryn ym. (2017, 5) havaitsi aivotärähdyksriskin pienentyneen jopa 57 % turvakaukalossa, Tuomisen (2017, 247) mukaan aivotärähdyksriski kokonaisuudessaan on turvakaukalossa 50 % pienempi. Mikäli erotellaan vielä laitakontaktissa syntyvät aivotärähdykset, perinteisessä kaukalossa niiden esiintyvyys oli 1,1 / 1000 AE, turvakaukalossa ainoastaan 0,2 / 1000 AE. On myös viitteitä, että kansainvälinen, leveämpi kaukalo tuottaisi pienemmän määrän pääkontakteja kuin Pohjois-Amerikkalainen, kapeampi kaukalo (Emery ym. 2017,5).

## **5 TUTKIMUKSEN MENETELMÄT JA TOTEUTUS**

### **5.1 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus**

Tämä opinnäytetyö toteutettiin systemaattisena kirjallisuuskatsauksena. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on löytää ja tunnistaa haluttua tutkimusongelmaa käsittelevät tutkimukset, arvioida niiden kelpoisuutta ja muodostaa niiden tulosten perusteella yhteenveto aiheesta. Systemaattisen katsauksen perusteella halutusta aiheesta saadaan paljon laajempi ja ennen kaikkea luotettavampi käsitys yksittäiseen tutkimukseen verrattuna. (Clarke. 2007, 3.) Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on itsenäinen tutkimus, jossa keskiössä ovat virheettömyys ja toistettavuus. Tärkeää on myös tarkasti rajatut tutkimuskysymykset, joihin pyritään löytämään vastauksia. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen luotettavuutta parantaa

useamman kuin yhden tutkijan osallistuminen prosessiin. (Pudas-Tähkä & Axelin 2007, 46–47.)

Oikein ja huolellisesti tehdyt kirjallisuuskatsaukset muodostavat tutkitun tiedon kivijalan. Ihannetilanteessa potilaiden hoitamisen ja hoitosuositusten tulisi aina perustua näyttöön pohjautuvaan tietoon ja systemaattisiin kirjallisuuskatsauksiin. Näytönasteista systemaattinen kirjallisuuskatsaus katsotaan kuuluvan vahvimpaan tieteelliseen näyttöön. (Elomaa & Mikkola 2008, 18–20.) On kuitenkin hyvä pitää mielessä, että systemaattiset kirjallisuuskatsaukset, kuten mitkä tahansa muutkin tutkimukset, vaihtelevat laadultaan ja toteutukseltaan (Johansson 2007, 7).

Tässä opinnäytetyössä systemaattisella kirjallisuuskatsauksella pyrittiin löytämään kaikkein viimeisin tieteellinen näyttö liittyen aivotärähdysten diagnosointiin, akuuttiin hoitoon, kuntoutukseen ja lajiin palaamisen kriteereihin.

### 5.1.1 Tutkimuskysymykset

Ennen kuin kirjallisuuskatsauksessa aloitetaan tiedonhaku, tulee määritellä tutkimuskysymykset, joihin kirjallisuuskatsauksella halutaan saada vastauksia. Tutkimuskysymysten tarkalla harkinnalla ja rajauksella varmistetaan, että ainoastaan aiheen kannalta keskeiset asiat tulevat käsitellyiksi, ja että kirjallisuuskatsauksesta tulee aiheen kannalta riittävän laaja ja kattava. (Pudas-Tähkä & Axelin 2007, 47.)

Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa tutkimuskysymykset olivat:

1. Miten urheiluperäinen aivotärähdys diagnosoidaan?
2. Miten urheiluperäinen aivotärähdys hoidetaan?
3. Mitkä ovat kriteerit lajiin palaamiseen urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen?

### 5.1.2 Hakusanojen valinta

Tiedonhakuprosessissa tärkein vaihe on hakutermien valinta (Elomaa & Mikkola 2008, 35). Hakutermien oikealla valinnalla pyritään siihen, että hakuvaiheessa löydetään kaikki kirjallisuuskatsauksen kannalta olennaiset tutkimukset (Pudas-Tähkä & Axelin 2007, 49).

Hakusanojen valinnan pohjana käytettiin tässä katsauksessa teoreettisen viitekehyksen lähdeaineiston avainsanoja sekä opinnäytetyön tutkimuskysymysten pohjalta mietittyjä sanoja. Koehakuja tehtiin useita ja koehakujen tulosten perusteella hakutermejä muutettiin useaan kertaan, jotta hakutermit tuottaisivat mahdollisimman osuvia tuloksia.

Tässä katsauksessa hakusanoina päädyttiin käyttämään sanoja tai termejä: ”concussion” tai ”mild-traumatic brain injury” tai ”MTBI”. Lisäksi otsikosta tai abstraktista tuli löytyä joko ”assessment”, ”rehabilitation”, ”return-to-sport” tai ”diagnose”. Lisäksi hakukoneissa, joissa ei ollut mahdollista rajata haettavaa tutkimustyyppiä, haluttiin otsikosta löytyvän vielä ”systematic review” tai ”meta-analysis”.

### 5.1.3 Aineiston rajaaminen sekä sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Kaikkia hakutermeillä löydettyjä tutkimuksia ei tietenkään voida sisällyttää kirjallisuuskatsaukseen, vaan sisällytettävien tutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit tulee päättää jo suunnitteluvaiheessa. Ei ole tarkoituksenmukaista haalia kirjallisuuskatsaukseen valtavaa määrää lähteitä, joiden yhteys tutkittavaan aiheeseen puuttuu. Ei ole myöskään tarkoituksenmukaista valikoida kirjallisuuskatsaukseen tutkimuksia omien kiinnostuksen kohteiden tai mielipiteiden mukaan, jolloin oleellisia lähteitä jää kirjallisuuskatsauksen ulkopuolelle. Tavoitteena on rajata kirjallisuuskatsauksesta pois tutkimukset, jotka eivät edusta tutkittavaa aihetta tai ovat epäluotettavia. Oleellista on myös päättää, kuinka pitkältä ajanjaksolta tutkimuksia haetaan ja hyväksytään kirjallisuuskatsaukseen. (Metsämuuronen 2001, 22–23.)



Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa haluttiin luoda katsaus kaikkein tuoreimpaan saatavilla olevaan tietoon ja haku rajattiin vuosien 2016 ja 2020 välisenä aikana julkaistuihin tutkimuksiin. Alun perin aineisto haluttiin rajata aikuisurheilijoita koskevaksi, mutta koehakujen perusteella todettiin käytännössä kaikkien lähdetutkimusten pitävän sisällään myös selvästi nuorempia tutkittavia. Niinpä päädyttiin tekemään ikärajaus aivotärähdyksen diagnosoinnissa hyödynnettävän *sports concussion assesment tool* (SCAT) -lomakkeen mukaan. SCAT on laajimmin tutkittu ja hyväksytty akuutin aivotärähdyksen hoidossa hyödynnettävä työkalu mitä on olemassa (Echemendia ym. 2017, 899; McCrory ym. 2017c, 3). SCAT-työkalut ovat maailman parhaiden asiantuntijoiden yli 10 vuoden yhteistyön ja kehityksen tulos ja niiden tarkoitus on standardoida aivotärähdyksen akuutti tutkiminen ja luoda pohja diagnoosin tekemiselle (McCrory ym. 2017b, 296). SCAT lomakkeesta on olemassa kaksi versiota: SCAT on tarkoitettu kaikille yli 13-vuotiaille ja childSCAT 12-vuotiaille ja sitä nuoremmille (Echemendia ym. 2017, 897; McCrory ym. 2017b, 315). Vuonna 2017 julkistettiin tuoreimmat versiot molemmista lomakkeista, SCAT5 ja childSCAT5, jotka on kehitetty ja muokattu alkuperäisistä sitä mukaan, kun tutkimustietoa on saatu lisää (McCrory ym. 2017c, 1).

Tähän tutkimukseen sisäänottokriteereitä olivat:

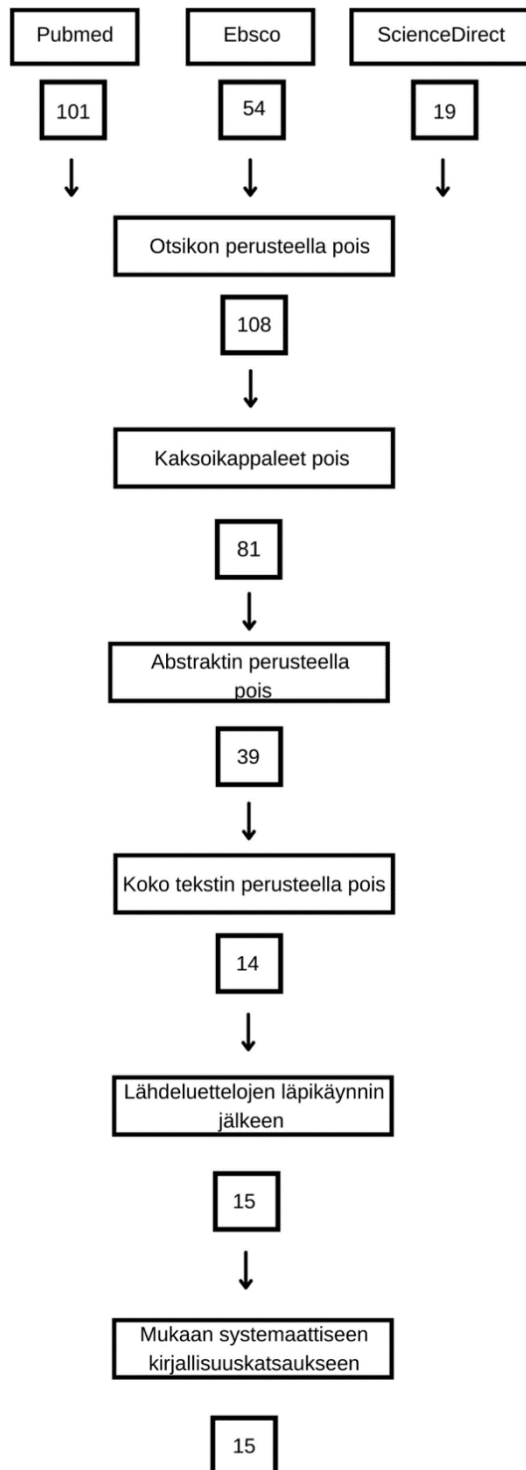
- Tutkimuksen tuli olla joko systemaattinen kirjallisuuskatsaus tai meta-analyysi
- Tutkimuksen tuli olla julkaistu englannin kielellä
- Tutkimuksen tuli käsitellä urheiluperäistä aivotärähdystä
- Tutkimuksen tuli olla julkaistu vuosien 2016–2020 välisenä aikana
- Tutkimuksen tuli olla tehty elävillä ihmisillä
- Tutkimus otettiin mukaan vain kerran
- Koko tekstin tuli olla saatavissa

Tässä tutkimuksessa poissulkukriteereitä olivat:

- Tutkimukset, jotka käsittelivät alle 13-vuotiaita
- Tutkimukset, jotka käsittelivät paraurheilua

#### 5.1.4 Hakujen toteutus

Koko tietojenhakuprosessi tulee dokumentoida huolellisesti, jotta haku on yhdenmukainen systemaattisen kirjallisuuskatsauksen yleisen prosessin kanssa, ja jotta hakuprosessi ja koko tutkimus on mahdollista toistaa jonkun toisen tutkijan toimesta. Hakuprosessin aikana tehdyt virheet heikentävät kirjallisuuskatsauksen luotettavuutta ja antavat vääristyneen kuvan olemassa olevasta näytöstä. Mahdollisuuksien ja käytettävissä olevan aikaresurssin mukaan olisi myös suotavaa etsiä tietokantojen ulkopuolelle jäävät tutkimukset ja sisällyttää ne kirjallisuuskatsaukseen. (Pudas-Tähkä & Axelin 2007, 49–50.)



Kuva 4 Tämän opinnäytetyön aineistojen karsimisprosessi.

Tässä opinnäytetyössä tiedonhaku toteutettiin neljästä tietokannasta: PubMed, ScienceDirect, SPORTDiscus ja CINAHL (Kuva 4). Haut SPORTDiscuksesta ja CINAHL:ista toteutettiin samoilla hakutermeillä Ebsco hakukoneen kautta yhtä aikaa. Aikarajukseksi asetettiin vuosien 2016–2020

välisenä aikana julkaistut tutkimukset ja niiden tuli olla joko systemaattisia katsauksia tai meta-analyysejä. Hakujen jälkeen osumia saatiin kaikista tietokannoista yhteensä 174 kappaletta. Hakutuloksista karsittiin pois tutkimuksia, jotka eivät otsikon perusteella täyttäneet sisäänottokriteereitä (66 kpl). Tämän jälkeen poistettiin kaksoiskappaleet (27 kpl). Jäljelle jääneet tutkimukset etenivät abstraktin lukuvaiheeseen, jonka jälkeen tutkimukset, jotka eivät abstraktin perusteella täyttäneet sisäänottokriteereitä karsittiin pois (43 kpl). 38 tutkimusta eteni koko tekstin lukuvaiheeseen. Kun koko tekstin perusteella sisäänottokriteerit ei-täyttävät tutkimukset karsittiin, jäljelle jäi 14 tutkimusta, jotka hyväksyttiin systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Jokaisessa työvaiheessa karsituista tutkimuksista tekijöiden tuli olla yhtä mieltä. Erimielisyyksissä konsultoitiin työn opponentteja. Hyväksytyjen tutkimusten lähdeluettelot käytiin vielä manuaalisesti läpi, tavoitteena löytää mahdollisesti tietokantojen ulkopuolelle jääneet ja sisäänottokriteerit täyttävät lähteet. Lähdeluettelojen läpi käymisen jälkeen tähän systemaattiseen katsaukseen hyväksyttiin vielä yksi tutkimus. Lopullinen katsaus pitää siis sisällään 15 systemaattista kirjallisuuskatsausta tai meta-analyysiä. Tähän opinnäytetyöhön hyväksytyt tutkimukset on taulukoitu liitteeseen 1.

#### 5.1.5 Pubmed

Haku suoritettiin 1.11.2021. Kysymyslaatikkoon kirjoitettiin hakusanat:

```
"((concussion[Title/Abstract]) OR (mild traumatic brain injury[Title/Abstract])  
OR (mtbi[Title/Abstract])) AND ((assessment[Title/Abstract]) OR  
(diagnosis[Title/Abstract]) OR (rehabilitation[Title/Abstract]) OR (return to  
play[Title/Abstract]))"
```

Haku tuotti 101 osumaa, joista karsiutui pois otsikon perusteella 29, kaksoiskappaleina 0 ja abstraktin perusteella 35, eli koko tekstin lukuun päätyi 37 artikkelia. Systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen hyväksyttiin lopulta 13 tutkimusta.

### 5.1.6 ScienceDirect

Haku toteutettiin 1.11.2021. Tietokannan käytettävyyden johdosta haku piti tehdä kahdessa osassa, koska hakukriteerit eivät mahtuneet yhteen hakuun. Hakusanojen tuli löytyä otsikosta, abstraktista tai avainsanoista.

Hakukentät näyttivät tältä:

(concussion OR “mild traumatic brain injury” OR MTBI) AND (rehabilitation OR “return to sport”) AND (“systematic review” OR meta-analysis)

(concussion OR “mild traumatic brain injury” OR MTBI) AND (assessment OR diagnosis) AND (“systematic review” OR meta-analysis)

Ensimmäinen hakukenttä tuotti yhdeksän osumaa, joista otsikon perusteella karsiutui pois seitsemän ja kaksoiskappaleita poistettiin kaksi. Koko tekstin lukuun ei päätynyt yhtäkään tutkimusta. Toinen hakukenttä tuotti 10 osumaa, joista otsikon perusteella karsiutui pois kuusi, kaksoiskappaleita poistettiin kaksi ja abstraktin perusteella yksi. Koko tekstin lukuun päätyi yksi tutkimus. Koko tekstin perusteella systemaattiseen kirjallisuuskatsauksemme ei selviytynyt yhtäkään tutkimusta.

### 5.1.7 Ebsco

Haku toteutettiin 1.11.2021. Ebscon hakukoneella haettiin samalla kertaa kahdesta tietokannasta, SPORTDiscus ja CINAHL. Hakusanojen tuli löytyä abstraktista. Hakusanoina käytettiin: (concussion OR “mild traumatic brain injury” OR MTBI) ja AND (assessment OR diagnosis OR rehabilitation OR “return to play”) ja AND (“systematic review” OR “meta-analysis”).

SPORTDiscus with full text tuotti 33 osumaa ja CINAHL 51 osumaa, yhteensä siis 84 osumaa. Tietokanta karsi 30 keskinäistä kaksoiskappaletta automaattisesti pois, jolloin osumia tuli lopulta 54. Otsikon perusteella karsiutui pois 24. Kaksoiskappaleita putosi pois 23 ja abstraktin tarkasteluun meni seitsemän uutta tutkimusta. Koko tekstin tarkasteluun näistä selvisi yksi uusi artikkeli, joka hyväksyttiin tähän systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen.

### 5.1.8 Aineiston laadun arviointi

Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa sisään otettavien tutkimusten laatua tulisi aina jollain tavalla arvioida. Aineiston laatua tulisi aina arvioida, koska se vaikuttaa merkittävästi katsauksen luotettavuuteen ja tuloksiin. Myös tilanteissa, joissa alkuperäistutkimusten tuloksissa ilmenee eroavaisuuksia, aineistojen laatueroja voidaan pitää selittävänä tekijänä. (Johansson ym. 2007, 101.) Mikäli systemaattisen kirjallisuuskatsauksen halutaan olevan mahdollisimman luotettava, huonolaatuiset tutkimukset tulee silloin sulkea katsauksesta pois (Clarke. 2007, 5). Heikkolaatuisten aineistojen sisäänotto katsaukseen saattaa vaikeuttaa johtopäätösten tekemistä ja vääristää tuloksia (Johansson ym. 2007, 101).

Kuten muissakin systemaattisen kirjallisuuskatsauksen vaiheissa, myös aineiston laadun arvioimisessa tulisi käyttää kahta arvioitsijaa (Johansson ym. 2007, 102). Tässä opinnäytetyössä lähdeaineiston laadun arviointiin käytettiin Hoitotyön Tutkimussäätiön valmista arviointilomaketta, jonka molemmat tutkijat täyttivät jokaisesta lähdetutkimuksesta. Hoitotyön tutkimussäätiön arviointilomake on vapaassa käytössä koulutus ja kehityskäyttöön (Liite 2) (Hotus. 2019). Virallisten viitearvojen puuttuessa arvioimme mukaan otettujen tutkimusten laadun asteikolla >9/11 = erinomainen, 8–9/11 = hyvä, 6–7/11 = kohtalainen, <6/11 = heikko.

## 5.2 Tutkimusetiikka

Hyvä tieteellinen käytäntö eli tutkimusetiikka tarkoittaa, että tutkimuksissa käytetään eettisesti kestäviä, tiedeyhteisön yleisesti hyväksymiä tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmiä. Tutkijan tulee noudattaa tutkimustyössä ja tulosten esittämisessä huolellisuutta, tarkkuutta, avoimuutta ja rehellisyyttä. Tämä korostuu erityisesti viitatessa muiden tutkijoiden jo tehtyihin tutkimuksiin. Tutkittavia ja toimeksiantajia tulee aina kunnioittaa ja varjella. Tutkimuksen rahoituslähteet sekä mahdolliset salassapito- ja vaitiolovelvollisuudet tulee olla mainittuna. (Vilkka 2007, 29–33.)

Hyvän tieteellisen käytännön noudattaminen eli tutkimusetiikka koskettaa jokaista tutkimusprosessia tutkimuksen alkuvaiheista loppuun saakka. Tutkimusetiikka velvoittaa kaikkia tutkijoita samalla lailla riippumatta ammattitai tieteenalasta, tutkimustyypistä tai siitä, missä tutkimusta tehdään. (Vilka 2007, 29–31.)

## 6 TULOKSET

Tähän systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyjen tutkimusten sisältä nousee esiin joitakin kriittisiä eroavaisuuksia ja samankaltaisuuksia, jotka tulee pitää mielessä tuloksia tulkittaessa ja yleistettäessä. Kun yleisesti tarkastellaan lähdetutkimusten tutkimusjoukkoja, miessukupuoli oli järjestäen ylliedustettuna, samoin kuin lajeista amerikkalainen jalkapallo. Muita paljon tutkittuja lajeja olivat muun muassa rugby ja jääkiekko. Joukkuelajit ylipäättään olivat yksilölajeja huomattavasti suuremmilla tutkimusjoukoilla edustettuina ja yksilölajeista ylliedustettuina olivat kamppailulajit. (Asken ym. 2018, 594–595; Feddermann-Demont ym. 2017, 905; Brennan ym. 2016, 469–470.)

Kuten edellä on todettu, aivotärähdyssvammoissa sukupuolella on mahdollisesti merkitystä. Siitä huolimatta tutkimuksissa miehet ja naiset edustivat sekaisin samaa tutkimusjoukkoa. Mitä tulee tutkittavien ikään, ikäjakauma oli laaja, 13–79-vuotiaita, keski-ikänsä painottuessa kuitenkin vahvasti skaalan alaosiin. Suurin osa tutkittavista oli high school- tai collegeikäisiä, miespuolisia amerikkalaisen jalkapallon pelaajia. (Büttner ym. 2019, 4; Asken ym. 2018, 594–595; Feddermann-Demont ym. 2017, 905; Alsalaheen ym. 2016, 244; Brennan ym. 2016, 469.)

Yleisesti mukaan otetut tutkimukset saivat varsin hyvän laatuluokituksen. Laadullisesti erinomaisia ja hyviä tutkimuksia oli molempia kuusi kappaletta, kohtalaisia kolme. Yhtäkään heikkolaatuiseksi arvioitua systemaattista kirjallisuuskatsausta tai meta-analyysiä ei tässä opinnäytetyössä käsitelty. Kun tarkastellaan eri tutkimuskysymyksiä käsitteleviä lähteitä ryhmittäin, Korkeimman laatuarvion sai lajiin paluu (keskiarvo 9,7/11 - erinomainen), diagnosoinnin ollessa heikoin (keskiarvo 8,6/11 - hyvä). Toki tulee myös

huomioida, että diagnosointia käsitteleviä lähteitä oli määrällisesti kaikkein eniten eli yhdeksän kappaletta, hoitoa ja lajiin paluuta käsittelevien lähteiden lukumäärän jäädessä kolmeen kummassakin. Valitettavasti osassa tutkimuksia oli kuitenkin suuri tai tuntematon harhan riski (Langevin ym. 2020, 2493; Büttner ym. 2019, 4,6; Elliot ym. 2019, 3) sekä matala näytön taso (Feddermann-Demont ym. 2017, 905.)

## 6.1 Oireet

Aivotärähdyksen oireet jaetaan alaluokkiin, joihin kuuluvat fyysiset/somaattiset oireet, unettomuus/uneen liittyvät oireet, tunteisiin/mielialaan liittyvät oireet sekä kognitiiviset oireet (Asken ym. 2017, 586; Langevin ym. 2020, 2491). Myös kehon hallintaan liittyvät vaikeudet ja näkö- sekä vestibulaarijärjestelmän toiminnan heikkeneminen voivat olla aivotärähdyksen oireita (Asken ym. 2017, 586).

Yleisimmät aivotärähdyksen kliiniset oireet on listattu *Post Concussion Symptom Scale* (PCSS) oirekyselyssä (Taulukko 2.) (Feddermann-Demont ym. 2017, 914; Putukian M. 2017, 237; Shen ym. 2020, 24). Aivotärähdyksen jälkeen oireet voi laukaista tai niitä pahentaa kognitiivinen tai fyysinen rasitus (Langevin ym. 2020, 2491).



Taulukko 2. PCSS oirekyselyn oireet suomen kielellä. Mukailten Concussion in Sport Group 2017, 3.

Päänsärky
"Paineen tunne päässä"
Niskakipu
Pahoinvointi tai oksentelu
Huimaus
Näön hämärtyminen
Tasapaino-ongelmat
Valoherkkyys
Meluherkkyys
Kaikki tapahtuu kuin hidastettuna
Tuntuu kuin kulkisi "sumussa"
"Ei tunnu normaalilta"
Keskittymisvaikeudet
Muistivaikeudet
Väsymys tai voimattomuuden tunne
Sekavuus
Uneliaisuus
Tavallisuudesta poikkeava tunteellisuus
Ärtyisyys
Surullisuus
Hermostuneisuus tai ahdistuneisuus
Nukahtamisvaikeudet

Fedderman-demont ym. (2017, 908, 914) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa, johon kuului 33 tutkimusta ja 2416 pääosin (87,3 %) miesurheilijaa, löysivät trauman jälkeisiä oireita 28 tutkimuksessa. Vaikka oireet vaihtelivat yksilöiden välillä, useimmin esiintyvät oireet liittyivät valppauteen/tarkkaavaisuuteen (n=165 urheilijaa), sekavuuteen/tasapainoon (n=151 urheilijaa), päänsärkyyn/migreeniin (n=161 urheilijaa) sekä tajuntaan/tietoisuuteen (n=152 urheilijaa). Yleisimmät yksittäiset oireet olivat päänsärky (n=70), väsyneisyys tai vähäenergisyyys (n=62), keskittymisongelmat (n= 60), sekavuus, uneliaisuus sekä hitauden tunne (n= 58 / oire). Lisäksi esiintyi sumuisuutta (n=53) ja muistiongelmia (n=47).

## 6.2 Diagnosointi

Urheiluperäisen aivotärähdyksen diagnoosi perustuu kliiniseen tutkimukseen luotettavien yksittäisten diagnostisten testien tai merkkiaineiden puuttuessa

(Asken ym. 2018, 586; Feddermann-Demont ym. 2017, 903). Diagnoosin tekemistä monimutkaistaa se, että aivotärähdyksen oireet vaihtelevat yksilöiden välillä, niitä ilmenee myös terveillä verrokeilla, ne eivät ole spesifejä aivotärähdykselle ja ne voivat muuttua odottamattomasti ja nopeasti (Feddermann-Demont ym. 2017, 903).

Oireiden monimuotoisuuden vuoksi aivotärähdyspotilaan tutkimisessa tulee hyödyntää testipattereita ja strategioita useiden eri järjestelmien testauksessa. (Alsalaheen ym. 2016, 242; Feddermann-Demont ym. 2017, 903.) Kliinisten testien tulkintaan ja luotettavuuteen vaikuttaa useita tekijöitä, kuten testattavan motivaatio, mahdollinen lääkitys, testien ohjeistus ja testiympäristö. (Feddermann-Demont ym. 2017, 903.) Tutkiminen esitetään aloitettavaksi mahdollisimman pian vammaepäilyn jälkeen, vaikka optimaalista testausajankohtaa ei ole pystytty osoittamaan (Putukian 2017, 241).

### 6.2.1 Lähtötason kartoituksen rooli

Henkilöiden välillä on kiistatta eroja kognitiivisten toimintojen eri luokissa. Lisäksi henkilön suoriutuminen kognitiivisesta testauksesta vaihtelee päivittäin. Paljolti näistä syistä lähtötason kartoituksen tai baseline-testauksen rooli aivotärähdyksentestien osalta on kiistanalainen. (Feddermann-Demontt ym. 2017, 917.) Elliotin ym. (2019, 3.) mukaan lähtötason kartoituksella saavutetaan "itsestään selviä etuja".

Lähtötason kartoitus on työlästä ja saattaa olla taloudellisesti monelle urheiluseuralle haastava toteuttaa. Vaihtoehtona onkin verrata saatuja testituloksia kullekin sopivaan normatiiviseen dataan. Tutkimusten mukaan suurelle osalle aivotärähdyksen saaneista normatiivisten viitearvojen käyttö vertailukohtana on käypä vaihtoehto, mutta jotkin henkilöt, joita normatiivinen data edustaa heikosti, saavat joko väärän positiivisen tai väärän negatiivisen tuloksen. (Feddermann-Demontt ym. 2017, 917.) Mitä tulee tietokoneella tehtävään sähköiseen testaukseen, keskiarvo useasta testikerrasta saattaa tuottaa luotettavamman lähtötaso tuloksen ja johtaa pienempään määrään vääriä positiivisia tai vääriä negatiivisia (Alsalaheen ym. 2016, 249).

### 6.2.2 Kliininen diagnosointi

Kliinistä diagnosointia käsitteli pääasiallisesti kolme systemaattista kirjallisuuskatsausta. Elliott ym. (2019, 2, 3) tutkimus sai hyvän arvosanan laadunarvioinnista, vaikka se sisälsi ainoastaan kaksi lähdeettä. Lähteinä oli käytetty yhtä tapausraporttia (case report) jossa siis n=1 sekä yhtä mielipidekirjoitusta. Feddermann-Demont ym. (2017, 904–906) tutkimus sisälsi 46 lähdeartikkelia ja 3284 aivotärähdyspotilasta. Tutkittavien mediaanikä oli 17.4 vuotta ja suurin osa (60.6 %) tutkittavista oli amerikkalaisia high school- tai college-urheilijoita. Lajeista suurin osa oli kontaktilajeja kuten amerikkalainen jalkapallo (49.3 %), rugby (4.9 %) tai australialainen jalkapallo (5.9 %). Tutkimus sai laadunarvioinnista luokituksen erinomainen. Putukian (2017, 236–237) laaja, 96 lähdeartikkelia käsittänyt tutkimus sai heikoimman luokituksen laadunarvioinnissa koko opinnäytetyössä. Kirjallisuuslähteitä oli haettu vuosilta 1968–2015, mutta ylivoimaisesti suurin osa lopulta tutkimuksen lähteiksi päätyneistä artikkeleista oli 2000-luvulta.

Oirekuvan kartoittamiseen tarkoitettuja oirekyselyjä ja asteikkoja on useita, mutta tutkituin lienee jo edellä mainittu PCSS. PCSS:n herkkyudeksi on esitetty 64–89 % ja tarkkuudeksi 91–100 %. Kuitenkin diagnoosin tekemistä vain yhden testin perusteella tulisi välttää. Urheilijalla saattaa olla kyselyssä kuvattuja oireita myös ilman vammaa ja oireet eivät välttämättä ole spesifejä aivotärähdykselle. (Putukian 2017, 237–238.)

Kognitiivisista testeistä *Standardised Assessment of Concussion* (SAC) on hyödyllinen aivotärähdyksen diagnosointiin akuutisti. Se pitää sisällään arvion tutkittavan orientaatiosta (paikka, aika), työmuistista (viiden sanan muistaminen), keskittymiskyvystä (numerolistan ja kuukausien luettelu käänteisessä järjestyksessä) ja etämuistista (viiden sanan viivästynyt muistaminen). SAC:n herkkyudeksi on esitetty 95 % ja tarkkuudeksi 76 % kun testi suoritetaan välittömästi vamman jälkeen, mutta sen kyky seuloa aivotärähdyksen saaneet terveistä heikkenee radikaalisti 48 tunnin jälkeen vammasta. (Putukian 2017, 238.)

Tasapainoon liittyvät häiriöt ja ongelmat ovat tavallisia oireita aivotärähdyksessä. Huojuminen, kaatuminen ja vaikeudet pysyä pystyssä pahenevat yleensä entisestään, kun urheilijan näköaisti otetaan pois pelistä kehottamalla tätä sulkemaan silmänsä. Tasapainon testauksessa aivotärähdyksen yhteydessä laajassa käytössä on *Balance Error Scoring System* (BESS) -testi. Testi koostuu kolmesta asennosta, joissa seistään 20 sekuntia. Asennoissa jalat ovat vierekkäin, peräkkäin ja toinen jalka ilmassa. (Putukian 2017, 238–239.)

Feddermann-Demontt ym. (2017, 917) mukaan BESS-testi on hyödyllinen akuutissa vamman arvioinnissa, mutta testin luotettavuus heikkenee rajusti ensimmäisen vuorokauden jälkeen vammasta. Putukian (2017, 239) esittää BESS-testille herkkyudeksi 34 % (korkeimmillaan vuorokauden sisällä vammasta) ja tarkkuudeksi 91–96 % 1–7 vuorokautta vammasta. Vaikka BESS:n herkkyys yksittäisenä testinä vaikuttaisi olevan heikko, testin erittäin korkea tarkkuus oikeuttaa sen mukaan ottamisen osaksi aivotärähdyksen tutkimuspatteria. Feddermann-Demontt ym. (2017, 914, 917) mukaan BESS:in kyvystä erottaa aivotärähdyksen saaneet terveistä ei ole yhdenmukaista konsensusta ja tutkimustulokset ovat epäselviä. Muita, vähemmän tutkittuja tasapainotestejä ovat *Balance Accelerometer Measure* (BAM), jota ei pidetä yhtä luotettavana kuin BESS:iä sekä *Sensory Organization Test* (SOT), jonka ilmoitetaan tuottavan positiivisen testituloksen 36,5 % aivotärähdyksen saaneista ja tulosten näkyvän vielä 14 vuorokautta vammasta. Lisäksi tulevaisuudessa tasapainon arviointiin ehdotetaan käytettäväksi nykyisiä testejä dynaamisempia ja lajispesifimpiä testejä.

Viimeisin virallinen *Consensus Statement on Concussion in Sport* -asiantuntijayhteenveto suosittelee kliniseen arviointiin käytettävän aivotärähdyksen arviointiin suunniteltua testipatteria, *Sport Concussion Assessment Tool 5* (SCAT5). SCAT5 pitää sisällään oirekyselyn, jonka urheilija täyttää itse (PCSS), terapeutin tekemät neurologisen arvion, kognitiivisen arvion (SAC) sekä arvion urheilijan tasapainosta (BESS). (Meyer ym. 2020, 1435.) Useita testejä yhdistävä, standardoitu tutkimus, kuten SCAT:n eri versiot onkin osoittanut käyttökelpoisuutensa. SCAT2 herkkyys oli 96 % ja tarkkuus 84 % kun lähtötasotulokset olivat saatavilla, ja

lähtötasotulosten puuttuessa herkkyys oli 83 % ja tarkkuus 91 %. (Putukian 2017, 239–240). Myös Elliot ym. (2019, 3) suosittelee systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan SCAT-työkalun käyttöä, joskin hän toteaa myös, ettei SCAT sovellu erityisen hyvin maantiepyöräilyssä kisareitin varrella akuutisti käytettäväksi. SCAT5 löytyy kokonaisuudessaan liitteenä työn lopusta (Liite 3).

Suhteellisen uutta aivotärähdysten kentällä ovat silmän liikettä ja toimintaa arvioivat testit. King Devick -testissä testattava lukee aikaa vastaan ääneen numeroita, jotka on aseteltu vaihtelevin välimatkoin kolmelle kortille. Aivotärähdyksen jälkeen testattavan visuaalinen hahmotuskyky on heikentynyt, eli testin suorittaminen kestää kauemmin. Testiä on tutkittu kamppailu-urheilijoilla ja jääkiekkoilijoilla, ja se vaikuttaa alustavasti lupaavalta. (Putukian 2017, 240.) Eräessä tutkimuksessa yhdeksällä aivotärähdyksen saaneella amerikkalaisella jalkapalloilijalla testin suoritus aika piteni merkittävästi, kun verrattiin välitöntä (<30 min) vamman jälkeistä tulosta urheilijan omaan lähtötasotulokseen tai kontroleihin (Feddermann-Demont ym. 2017, 914.)

### 6.2.3 **Diagnosointi kentän laidalla**

Diagnosointi kentän laidalla tarkoittaa aivotärähdyksen mahdollisesti saaneen urheilijan tilan arviointia akuutisti heti vamman jälkeen harjoituksissa tai pelissä/kilpailussa. Aivotärähdyksiä diagnosoiminen kentän laidalla voi olla hyvin haastavaa aivotärähdyksen vaihtelevien, paikoin epäselvien ja muuttuvien oireiden vuoksi. Terapeutti joutuu luottamaan paljon urheilijan subjektiivisiin tuntemuksiin tämän oireista ja erilaisten testien ja testipatterien herkkyys ja tarkkuus vaihtelevat suuresti. Lisäksi vamman tunnistaminen ja päätöksenteko tapahtuvat paineistetussa ympäristössä, jossa aikaa on rajoitetusti. (Putukian 2017, 236–237.)

Epäillyn vamman sattuessa tutkimus tulee aloittaa poissulkemalla kaularangan ja aivojen vakavat vammat. Mikäli urheilijan oireet viittaavat kaularankavammaan, kallonsisäiseen verenvuotoon tai kallomurtumaan, tulee tämä toimittaa välittömästi sairaalaan ensihoitajien toimesta. Jos urheilija on

tajuton, tulee tilanteessa toimia kuin kyseessä olisi katastrofaalinen päävamma ja manuaalisesti stabiloida kaularanka. Tällöin urheilijaa ei saa siirtää tai tälle tehdä hoitotoimenpiteitä ennen ensihoidon saapumista.

(Putukian 2017, 237, 241.)

Muita ensihoitoon hakeutumisen syitä ovat esimerkiksi urheilijan paheneva päänsärky, vaikeus pysyä hereillä, kyvyttömyys tunnistaa ihmisiä tai paikkoja, kouristukset, raajojen heikkous tai tunnottomuus ja puheentuoton tai kävelyn suuret vaikeudet (Putukian 2017, 237). Kentänlaitatestauksen yhteydessä kliiniseen arviointiin suositellaan SCAT-testipatterin eri versioita (Meyer ym. 2020, 1435; Elliot ym. 2019, 3; Putukian 2017, 241).

Kentän laidalla toimivan terapeutin tulisi aina mieluummin pelata varman päälle kuin ottaa riskejä tehdessään päätöksen urheilija palaamisesta takaisin kilpailuun tai harjoitukseen. Urheilijan tarkkailu ja terapeutin kliininen intuitio tulisi arvottaa korkeammalle kuin miten urheilija suoriutuu eri testeistä. Mikäli urheilija vaikuttaa poissaolevalta, normaalia hitaammalta tai jotenkin tavallisuudesta poikkeavalta, tulisi tämä poistaa kilpailusta tai harjoituksesta, vaikka tämä suoriutuisi testeistä hyvin. Yleisesti filosofia on viime vuosina kääntynyt suuntaan, jossa pelkän aivotärähdysepäilyn jälkeen paluu urheiluun tapahtuu aikaisintaan seuraavana päivänä. Tätä perustellaan nimenomaan aivotärähdyksen oireiden mahdollisella ilmaantumisella vasta myöhemmin, viiveellä. (Putukian 2017, 240–241.) “If in doubt, sit them out” (Elliot ym. 2019, 3).

#### 6.2.4 Radiologinen diagnosointi

Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa kaksi tutkimusta käsittelivät kuvantamismenetelmiä. Arvioimme molemmat työt laadultaan hyväksi.

Asken ym. (2017, 586, 594–595.) selvittivät systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan DTI-löydöksiä siviili-, sotilas- ja urheiluväestössä aivotärähdyksen jälkeen akuutisti, subakuutisti, kroonisesti sekä jo eläköityneillä kontaktilajien urheilijoilla. Tämän lisäksi he tarkastelivat lyhyesti muiden lääketieteellisten ja väestötilastollisten ilmiöiden (kuten ADHD:n,

masennuksen ja sosioekonomisten tekijöiden) vaikutuksia DTI-löydöksiin. Mukaan päätyi 86 artikkelia. Urheiluperäistä aivotärähdyistä käsittelivät 25 tutkimusta keski-ikä ollessa 19–61,8 vuotta. Osallistujamäärät tutkimuksissa vaihtelivat 3–155 osallistujan välillä. Yhteensä osallistujia urheiluperäisen aivotärähdyksen tutkimuksissa oli 810, joista miehiä oli 737 (90,99 %) ja naisia 73 (9,01 %). Poimimme tähän työhön vain urheiluväestön tulokset, joita käsittelivät 25 tutkimusta, sillä tämä kirjallisuuskatsaus käsittelee urheiluperäistä aivotärähdyistä.

Hellewell ym. (2020, 2–3) tutki valkoisen aineen hermoratojen vaurioita urheiluperäisessä aivotärähdyksessä kuviin perustuvassa meta-analyysissään. Heidän työnsä oli tarkoitus selvittää 1) onko olemassa tilastollinen yksimielisyys alueellisesta valkoisen aineen haavoittuvuudesta urheiluperäisessä aivotärähdyksessä ja pienemmissä aivotärähdyksen kaltaisissa vammoissa riippumatta vahingon jälkeisestä ajasta; 2) millaisia erilaisia valkoisen aineen muutoksia ilmaantuu pienemmissä aivotärähdyksen kaltaisissa vammoissa; 3) millaisia samanlaisia muutoksia valkoisessa aineessa tapahtuu akuutisti (enintään 48h:n kuluttua vammasta) ja kroonisesti (vähintään 3 kk vammasta). Mukaan otettuihin tutkimuksiin osallistui yhteensä 334 henkilöä, joista 124 oli kärsinyt aivotärähdyksen, 50 aivotärähdyksen kaltaisen pienemmän vamman ja 160 kontrollia. Henkilöiden keski-ikä oli 29,0 ( $\pm$  5,8) vuotta ja valtaosa (89,4 %) oli miehiä. Mukana olleet urheilulajit olivat amerikkalainen jalkapallo, jääkiekko, nyrkkeily ja vapaaottelu. Kaksi kahdeksasta tutkimusta keskittyivät toistuviin, aivotärähdyistä pienempiin vammoihin, kaksi tutkimusta tutkivat magneettikuvantamiselle akuutin vaiheen vammoja ja loput neljä tutkimusta tutkivat kroonisia löydöksiä.

Aivotärähdyksen kliiniseen radiologiseen diagnosointiin kuuluu usein tietokonetomografia (CT) tai magneettitutkimus (MRI). Nämä kuvantamismenetelmät eivät kuitenkaan ole riittävän spesifejä ja niiltä puuttuu riittävä herkkyys tunnistaa muu kuin kudosten rakenteelliset muutokset. Siispä CT- tai MRI-kuvausta käytetäänkin aivotärähdyksen diagnostiikan yhteydessä pääosin poissulkemaan kallonmurtuma tai kallonsisäinen verenvuoto, eikä hermokudoksen patologiaa tunnistamaan. (Hellewell ym. 2020, 2.)

Diffuusio tensor imaging (DTI) on tarkka, nesteen leviämistä havaitseva magneettikuvausmenetelmä (dMRI), joka havaitsee aivotärähdyksen aiheuttamat valkoisen aineen muutokset (Asken ym. 2017, 587; Hellewell ym. 2020, 2). Se perustuu Brownian liikkeeseen eli molekyylien leviämisen periaatteeseen, joka kuvaa niiden sattumanvaraiselle liikkeelle annettua keskiarvoa. Aivoissa tällä menetelmällä tutkitaan vesimolekyylien liikettä eri kudoksissa. Siinä missä CT- ja MRI-kuvantamiset havaitsevat makroskooppisia muutoksia aivoissa, DTI-kuvaus havaitsee mikroskooppisten hermosäiekimppujen nesteen liikkumisen ja axonien rakenteen yhtenäisyyden. Peruseriaatteet perustuvat oletettuun vesimolekyylien liikkeen vastustukseen aksoneissa. (Asken ym. 2017, 587.)

Fractional anisotropy (FA) sekä mean diffusivity (MD) ovat yleisimmät määritelmät nesteen leviämisestä. FA kuvaa nesteen liikkeen suunnan yhtenäisyyttä asteikolla 0–1. Siinä missä FA-arvo 0 kuvaa täysin vastustamatonta liikettä joka suuntaan, FA-arvo 1 kuvastaa vastustettua liikettä yhteen suuntaan. FA:ta on kuvattu ikään kuin soikiona: mitä isompi virtaus yhteen suuntaan, sitä enemmän soikio venyy siihen suuntaan. MD puolestaan ikään kuin kuvaa soikion kokoa, ja se on käänteisesti yhteydessä FA:han. MD perustuu kolmeen päädiffusiosuunnan keskiarvoon. Nämä suunnat ovat aksiaalinen eli pääliikkeen suunta (AD) sekä kaksi jakautuvaa suuntaa pystysuoraan pääliikkeestä (RD). (Asken ym. 2017, 588.)

Huomion arvoinen asia dMRI-kuvantamisessa on se, että löydösten vertailu yksilöiden välillä on haasteellista pään koosta, anatomiasta sekä geometriasta johtuen. Näistä johtuen FA-arvojen kliininen merkittävyys on rajallista. (Hellewell ym. 2020, 2.)

Tract based spatial statistics (TBSS) on analysointimenetelmä, jonka avulla pystytään välttämään nämä haasteet. Sillä saadaan FA-arvon keskiarvo, joka mahdollistaa tulosten suoran vertailun yksilöiden välillä ja näin ollen lisää tutkimuksen tarkkuutta ja objektiivisuutta. TBSS-menetelmää onkin onnistuneesti käytetty neuropatologisten vaivojen tutkimuksessa ja viime aikoina urheiluperäisen aivotärähdyksen tutkimisessa. Sen avulla voidaan myös tehdä tutkimusten välisiä vertailuja, mukaan lukien kuviin pohjautuvia



meta-analyyseja, jonka avulla pystytään havaitsemaan yhä pienempiä löydöksiä. Tämä on tärkeä lisä urheiluperäistä aivotärähdystä käsittelevissä tutkimuksissa. (Hellewell ym. 2020, 2.)

### **Akuutit DTI-löydökset**

Askenin ym (2017, 601) työssä käsiteltiin akuutteja (keskimäärin 2–3 viikkoa vammasta) DTI-löydöksiä urheilijoilla neljän eri tutkimuksen tulosten valossa. College-ikäisillä jalkapalloilijoilla oli korkeammat FA- ja AD-arvot sekä madaltunut MD-arvo aivojen eri osissa verrattuna kontrolleihin. Nämä löydökset näkyivät sekä viiden päivän että kuuden kuukauden kuluttua vammasta. Löydökset eivät kuitenkaan korreloineet oireiden kanssa. Toinen college-ikäisillä jalkapalloilijoilla tehty tutkimus havaitsi aivotärähdyksen saaneilla korkeamman FA-arvon 24 tuntia, viikon ja kahden viikon jälkeen vammasta verrattuna kontrolleihin. Otanta oli kuitenkin vain kolme loukkaantunutta urheilijaa.

Kontaktiurheilijoilla tehdyssä tutkimuksessa havaittiin ristiriitaisia DTI-tuloksia aivotärähdyksen saaneilla verrattuna terveisiin ei-kontaktilajiturheilijoihin kaksi päivää, kaksi viikkoa sekä kaksi kuukautta vamman jälkeen. Ryhmäanalyysissä aivotärähdyksen saaneilla urheilijoilla oli korkeampi RD-arvo kahden päivän kuluttua vammasta kuin kahden viikon kuluttua. Kuitenkaan pitkän aikavälin eroja ei havaittu FA-, RD- tai AD-arvoissa kahden päivän ja kahden kuukauden kuluttua vammasta. Kontrolleihin verrattuna aivotärähdyksen saaneilla urheilijoilla oli matalampi koko aivojen FA-arvo sekä kahden päivän että kahden kuukauden kuluttua, mutta ei kahden viikon kuluttua vammasta. Yksikään tutkimus ei sisältänyt alkumittausten tuloksia, joten ryhmien sisäisten sekä ryhmien välisten tulosten vertailua alkumittauksiin ei pystytty tekemään. (Asken ym. 2017, 601.)

Hellewell ym. (2020, 3, 5) työssä 2 tutkimusta tarkasteli MRI-löydöksiä akuutisti (48 tunnin sisällä aivotärähdyksestä). Näissä tutkimuksissa havaittiin FA-arvon olevan paikoin koholla kontrolleihin verrattuna (kuva 5). Löydöksiä esiintyi molemmilla aivopuoliskoilla. Isommat löydökset olivat linjassa muiden

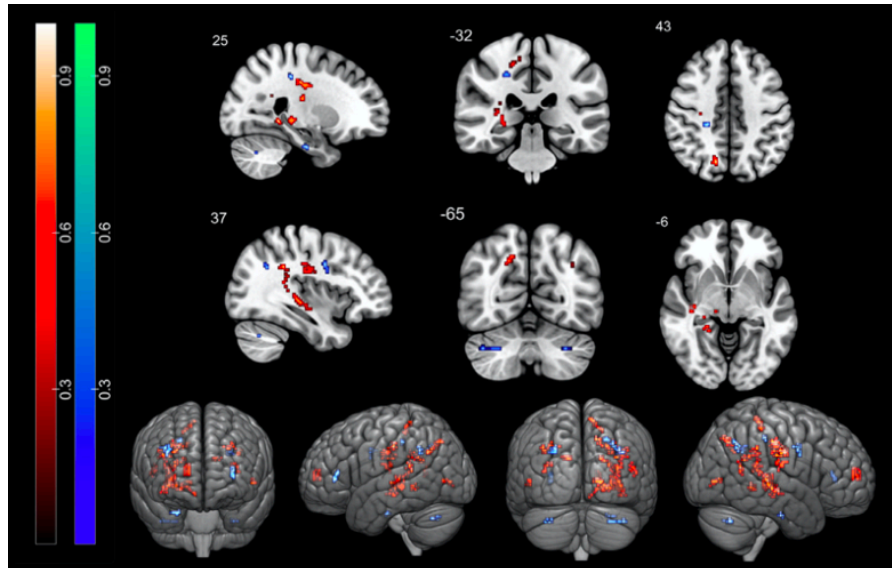
tutkimusten kanssa, kun taas pienemmät esiintyivät vain akuuteissa vammoissa.

### **Subakuutit / krooniset löydökset**

Asken ym (2017, 601) tutkimuksessa subakuutteja/kroonisia (keskimäärin 1–12 kuukautta vammasta) DTI-löydöksiä tutki seitsemän tutkimusta, joiden löydökset olivat ristiriitaisia. Yhdessä tutkimuksessa havaittiin, että kuukauden kuluttua aivotärähdyksen saaneiden ja terveiden urheilijoiden DTI-löydöksissä ei ollut eroja koko aivojen FA-arvoissa tutkituilla alueilla. Vaikka ryhmien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkittäviä, oli aivotärähdyksen saaneiden ryhmässä isommat vaihtelut FA-arvoissa. On myös tutkimusnäyttöä siitä, että aivotärähdyksen saaneiden ja terveiden kontrollien välillä DTI-löydöksissä ei ole eroja yli kuuden kuukauden jälkeen vammasta. MD-, RD- ja AD-arvojen eroja voi esiintyä joillain alueilla, mutta näiden tulosten erot ovat heikkoja.

Aivotärähdyksen saaneilla urheilijoilla, joilla oireiden kesto oli yli kuukauden (keskiarvo 115 päivää), löytyi korkeammat MD-arvot, mutta ei eroja FA-arvoissa. College-ikäisillä mies- ja naisjäähkiekkoilijoilla tehdyssä tutkimuksessa verrattiin aivotärähdyksen saaneita terveisiin kontrolleihin. Aivotärähdyksen saaneilla oli korkeammat FA-arvot ja matalammat RD-arvot eri aivojen alueella, mutta nämä löydökset olivat yksittäisiä. Kuten aiemmissakin tutkimuksissa, DTI-löydökset eivät korreloineet oireiden tai kognitiivisen suorituskyvyn kanssa. (Asken ym. 2017, 601.)

Hellewell ym (2020, 5) tutkimuksessa neljä tutkimusta raportoi kuvantamislöydöksiä kuukausista vuosiin aivotärähdyksen jälkeen ja ne löysivät alueita, joissa FA-arvot olivat koholla. Yhtään FA-arvojen alentumaa ei havaittu (kuva 5.). Nämä löydökset ovat linjassa muiden tutkimusten kanssa. Krooniselle aivotärähdykselle löytyi kaksi ainutlaatuista löydöstä sekä vasemmalta että oikealta puolelta aivoja.



Kuva 5. Valkoisen aineen FA-arvojen nousu akuutisti (sininen) ja kroonisesti (punainen). Akuutisti muutokset ovat valkoisessa aineessa pinnallisesti, kun taas kroonisesti ne esiintyvät syvemmissä osissa. (Hellewell ym. 2020, 7.)

## Pitkäaikaisseuraukset

Aivotärähdyksen pitkäaikaisseuraukset sekä toistuvien aivotärähdysten vaikutukset ovat nousseet tutkimusten aiheeksi eläköityneillä urheilijoilla, erityisesti entisillä amerikkalaisen jalkapallon pelaajilla ja muita kontaktilajeja harrastaneilla. Kuvantamisia onkin tehty vuosia eläköitymisen jälkeen, eivätkä ne erittele yksittäisiä tai viimeisimpiä aivotärähdyksiä. Eläköityneille NFL-pelaajille tehdyssä DTI-tutkimuksessa verrattiin 26 eläköitynyttä, keski-ikänsä 58-vuotiasta urheilijaa 22 ei-urheilijaan. Erityisesti tutkittiin valkoisen aineen rakenteen eheyttä masentuneilla ja ei-masentuneilla urheilijoilla.

Eläköityneiden urheilijoiden kesken ei havaittu eroja masentuneiden ja ei-masentuneiden välillä NFL-kokemuksen ja aivotärähdyshistorian suhteen. Tämä löydös on poikkeava verrattuna johtopäätökseen, jonka mukaan aivotärähdyksen jälkeen henkilölle muodostuisi masennusta. Yhden tutkimuksen mukaan masennusoireisten FA-arvon löydökset korreloivat jopa negatiivisesti. FA-arvojen eroja ei huomattu terveiden ei-urheilijoiden ja ei-masennusoireisten eläköityneiden NFL-pelaajien välillä, mikä viittaa siihen, että masennus voisi vaikuttaa FA-arvoihin itsenäisesti. Oireiden esiintymisellä voisi kuitenkin olla yhteys, sillä oireellisten eläköityneiden NFL-pelaajien FA-arvot olivat paikoin matalammat. (Asken ym. 2017, 602.)

Nuorempia (keski-ikä 46 vuotta) eläköityneitä NFL-pelaajia tutkittaessa huomattiin, että koko aivojen FA-huippuarvo korreloi negatiivisesti aivotärähdysten määrän kanssa, eli useampi aivotärähdys johti alempaan FA-huippuarvoon. Se ei kuitenkaan vaikuttanut senhetkisiin masennusoireisiin tai kognitiivisiin kykyihin. Aivotärähdysten lisäksi FA-arvon muutokset olivat yhteydessä liialliseen alkoholin käyttöön, työnkuvaan ja harrastusmääriin lapsuudessa. Näiden löydösten pohjalta voisi päätellä, että aivotärähdyksen lisäksi muilla elintavoilla ja psykososiaalisilla tekijöillä on myös vaikutusta DTI-löydöksiin. (Asken ym. 2017, 602.)

Toisessa tutkimuksessa oli verrattu joskus aivotärähdyksen saaneiden, aktiiviuran lopettaneiden, ei-ammattikseen pelanneiden jääkiekkoilijoiden ja amerikkalaisen jalkapallon pelaajien DTI-löydöksiä verrokkeihin, joilla ei ollut aivotärähdyshistoriaa. Löydöksenä oli molemmilla ryhmillä korkea FA- ja MD-

arvo. Kaikki joskus aivotärähdyksen saaneet olivat kognitiivisesti täysin normaaleja. Tutkimuksessa, jossa tutkittiin eläköityneitä Kanadan jalkapalloliigan (CFL) pelaajia, havaittiin puolestaan korkea AD-arvo eri aivojen osissa, mutta ei eroa FA-, RD- tai MD-arvoissa. (Asken ym. 2017, 602.)

Hellewell ym (2020, 3) tutkimuksessa kaksi tutkimusta löysi kaksisuuntaisia FA-arvon muutoksia (kuva 6). Kaksi isointa muutosta oli FA-arvojen suurentuminen vasemmalla ja yksi FA-arvojen alentuminen oikealla. Kohonneiden FA-arvojen löydökset olivat linjassa aiempien tutkimusten kanssa.

### **Toistuvat iskut**

Toistuvien päähän kohdistuvien iskujen, joita ei ole diagnosoitu aivotärähdykseksi, vaikutuksia on tutkittu useassa eri tutkimuksessa ja tulokset ovat ristiriitaisia. Miesnyrkkeilijöitä tutkittaessa huomattiin heillä olevan matalammat FA-arvot eri aivojen alueilla verrattuna ei-nyrkkeileviin kontroleihin. Lisäksi nyrkkeilijöillä ja vapaaottelijoilla (MMA) tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että urheilijan kokemien tyrmäysten määrä ennustaa alentunutta FA-arvoa. (Asken ym. 2017, 602.)

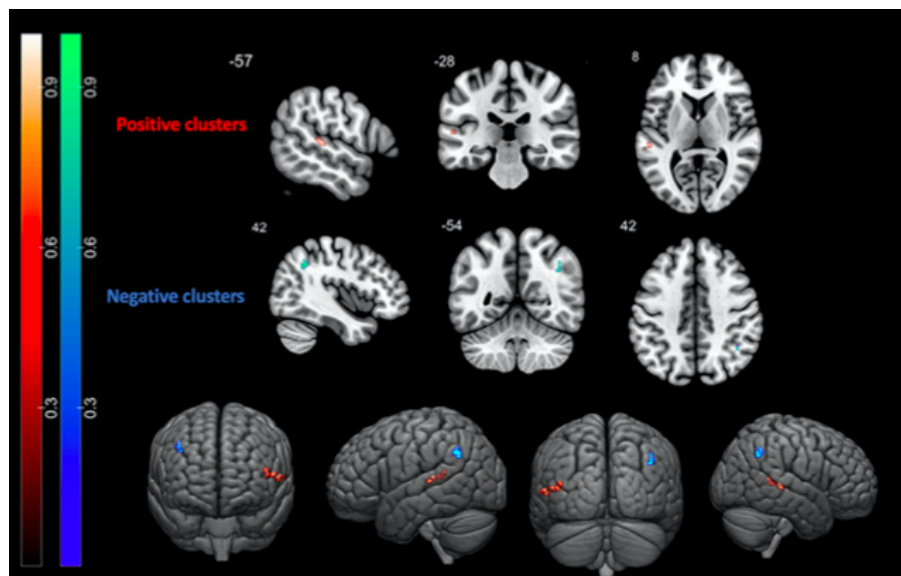
Jalkapalloilijoilla (keski-ikä 19,7 vuotta) tehdyssä tutkimuksessa huomattiin RD-arvon olevan suurempi joillain aivojen alueilla verrattuna uimareista koostuviin kontroleihin. Tutkimus ei kuitenkaan selvittänyt päähän kohdistuneiden iskujen, eli pääasiassa puskuilanteiden määrää eikä pelaajien ikää tai pelivuosien määrää, joten johtopäätöksiä puskemisen vaikutuksista ei voida tämän pohjalta tehdä. Kuitenkin toinen tutkimus, jossa oli huomioitu puskuilanteiden määrä, havaitsi FA-arvon alentumisen, joka oli yhteydessä huonontuneeseen muistiin puskuilanteiden lisääntyessä. (Asken ym. 2017, 602.)

Kontakti- ja ei-kontaktiurheilijoilla tehdyssä tutkimuksessa, jossa suoritettiin DTI-kuvaus ennen ja jälkeen kauden selvisi, että ryhmien välillä oli eroja MD- ja FA-arvoissa. Näitä eroja ei kuitenkaan ollut tarkemmin kuvattu. Toisessa

tutkimuksessa college-ikäisillä amerikkalaisen jalkapallon pelaajilla huomattiin huomattava prosentuaalinen FA-arvon alentuminen ja MD-arvon lisääntyminen sekä ja alentuminen aivojen eri alueilla verrattuna ei-urheiluihin kontroleihin. Nämä muutokset olivat nähtävissä vielä kuusi kuukautta kauden päättymisen jälkeenkin. (Asken ym. 2017, 602.)

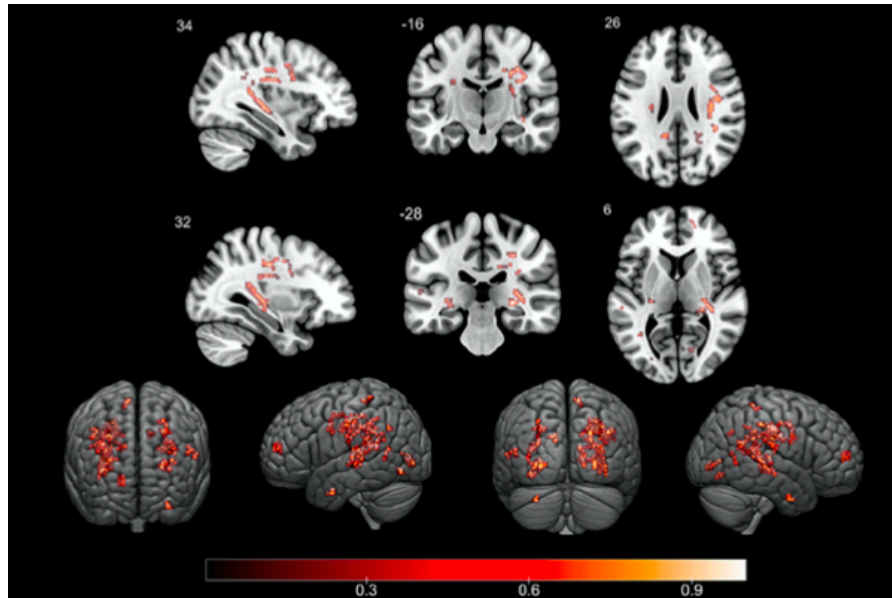
Kattava tutkimus amerikkalaisen jalkapallon pelaajista sekä mies- ja naisjäähkiekkoilijoista ei löytänyt yhteyttä yhden kauden kontakteille altistumisen ja FA- tai MD-arvojen välillä millään tutkituista alueista. Miesjäähkiekkoilijoilla tehdyssä tutkimuksessa kuitenkin löydettiin AD- ja RD-arvojen kohoaminen verrattuna ennen kautta saatuihin tuloksiin. FA-arvoissa ei ollut eroja ja 17 urheilijasta kolme koki kauden aikana aivotärähdyksen. (Asken ym. 2017, 603.)

Hellewell ym. (2020, 3) tutkimuksessa kaksi tutkimusta löysi kaksijakoisia FA-muutoksia (kuva 6). Kaksi kolmesta isoimmasta löydöksestä edusti FA-arvojen suurentumista vasemmalla aivopuoliskolla ja yksi FA-arvojen alentumista oikealla.



Kuva 6. Isoimmat FA-arvojen muutokset valkoisessa aineessa aivotärähdyksen kaltaisten pienempien vammojen seurauksena. FA-arvojen nousua (punaiset) näkyy vasemmassa takaosassa, kun taas niiden laskua (siniset) näkyy oikean AF:sen etuosassa (Hellewell ym. 2020, 7.)

Kaiken kaikkiaan Hellewell ym. (2020, 3) tutkimuksissa oli kohonneita FA-arvoja 21 eri alueella. Lisäksi yhteisiä kohonneita FA-arvoja samalta alueelta löysi kuusi tutkimusta sekä toiselta alueelta viisi tutkimusta. Yhtäkään miinusarvoa ei löydetty (kuva 7.)



Kuva 7. Isoimmat FA-arvojen nousut valkoisessa aineessa urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen kaikkien 8 tutkimuksen mukaan. (Hellewell ym. 2020, 5.)

Yhteenvedona DTI:n käytöstä aivotärähdyksen tutkimisessa todettakoon, että DTI tunnistaa tarkasti aivotärähdysoireiden löydökset, mutta niistä tehtävät johtopäätökset ovat kiistanalaisia. DTI-löydösten ja aivotärähdyksen oireiden sekä kognitiivisten toimintojen yhteys on ristiriitainen. (Asken ym. 2017, 603.) Hellewell ym (2020, 5) tutkimus havaitsi aivotärähdyksen vaikuttavan akuutisti pinnallisiin aivojen osiin, kun taas kroonisesti DTI-löydökset sijoittuvat syvempiin osiin. Tämän voisi arvioida johtuvan axoneiden lopullisesta myelinoitumisesta vasta ihmisen kolmannella vuosikymmenellä. Toisaalta myös syvät valkoisen aineen muutokset kroonisesti aivotärähdyksen jälkeen voivat olla peräisin jo loppuvaiheen etenevästä rappeutumisesta.

### 6.2.5 Merkkiaineet (biomarkkerit)

Objektiivista ja tehokasta tapaa diagnosoida aivotärähdys on etsitty pitkään. Kiinnostus on kääntynyt viime aikoina eri merkkiaineiden hyödyntämiseen diagnoosin teossa. (Meyer ym. 2020, 9.) Merkkiaine eli biomarkkeri ilmaisee

spesifin biologisen- tai taudin tilan ja se voidaan määrittää joko suoraan kohdekudoksesta tai perifeerisemmin kehon nesteistä (O'Connell ym. 2018, 564).

Merkkiaineita käsitteleviä tutkimuksia tässä opinnäytetyössä edustaa kaksi systemaattista kirjallisuuskatsausta. Meyer ym. (2020, 2, 4–5) tutkimus sisälsi 15 tutkimusartikkelia, jotka oli kaikki julkaistu vuonna 2013 tai myöhemmin. Huomionarvoista on, että S100B-merkkiainetta käsittelevistä kuudesta tutkimuksesta neljä analysoi samaa, jääkiekkoilijoilta kerättyä dataa ja viides edelleen samaa dataa, lisäten tutkimusjoukkoon vielä uusia koehenkilöitä. Tutkimus arvioitiin laadullisesti hyväksi. O'Connell ym. (2018, 562) tutkimukseen oli otettu mukaan 26 artikkelia ja tutkimus oli laadultaan erinomainen. Tutkimus käsitteli urheiluperäisiä aivotärähdyspotilaita sekä traumaattisen aivovamman saaneita päivystyspolipotilaita. Tuloksia jälkimmäisestä ryhmästä ei tässä opinnäytetyössä huomioitu. Myös Kamins ym. (2017, 938) sivuaa hyvin lyhyesti merkkiaineita laadullisesti erinomaiseksi arvioidussa systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan, joskin enemmän aivotärähdyksen fysiologisen paranemisen näkökulmasta. Tutkimuksessa 10 lähdeartikkelia käsitteli veren ja virtsan merkkiaineita.

Nesteistä eristettäviä merkkiaineita voidaan tutkia veren plasmasta ja seerumista, aivoselkäydinnesteestä, virtsasta ja syljestä (Meyer ym. 2020, 2). Aivoselkäydinnesteen näytteenotto vaatii lannepiston ja on tämän vuoksi usein epäkäytännöllinen ja mahdollisesti riskialtis toimenpide. Aivotärähdy diagnostiikan kannalta verestä eristettävät merkkiaineet vaikuttavat olevan tällä hetkellä paras vaihtoehto. (O'Connell ym. 2018, 562.)

Tutkituin veren merkkiaine on S100B (Meyer ym. 2020, 1; O'Connell ym. 2018, 564). S100B-merkkiainetta löydetään pääsääntöisesti hermosolujen homeostaasista huolehtivasta astrogliasta sekä Schwannin soluista. Huomattavaa pitoisuuden nousua S100B-tasossa on havaittu akuutisti aivotärähdyksen jälkeen useassa tutkimuksessa. (O'Connell ym. 2018, 564, 566.) S100B määrän elimistössä tunti aivotärähdyksen jälkeen ja vamman vakavuuden välisestä korrelaatiosta on ristiriitaisia näkemyksiä. Näkemykset eroavat totaalisesti silloinkin, kun samaa dataa on analysoinut eri



tutkimusryhmä. (Meyer ym. 2020, 3.) Huomionarvoista kuitenkin on, että S100B-pitoisuuden on havaittu nousevan urheilusuorituksen jälkeen myös ilman aivotärähdystä (Meyer ym. 2020, 8; O'Connell ym. 2018, 566). Kamins ym. (2017, 938) mukaan S100B-tasot ovat korkeimmillaan 3 tuntia vammankäteen, mutta ne eivät muutu pelkän fyysisen rasituksen seurauksena. On viitteitä, että S100B-pitoisuudet jossain määrin korreloivat päähän kohdistuneiden iskujen, jalkapallossa pallon puskemisen sekä muun suorituksen aikaisen trauman kanssa. Joissain tutkimuksissa on havaittu, että S100B-pitoisuudet ovat nyrkkeilijöillä koholla ennen ja jälkeen ottelun tehdyissä mittauksissa. Kuitenkin eri tutkimukset ovat saaneet tästäkin ristiriitaisia tuloksia. (O'Connell ym. 2018, 566.)

Tau-merkkiaine on ollut myös usean tutkimuksen kohteena (Meyer ym. 2020, 8.) Tau-proteiinia löydetään laajasti keskushermoston ja verenkierroelimistön eri osista. Tau-pitoisuuksien nousu veressä tai selkäydinnesteessä viitanee axonivaurioon harmaan aineen neuroneissa. (O'Connell ym. 2018, 564). Tutkimustulokset viittaavat siihen, että Tau-pitoisuuksilla olisi yhteys aivotärähdykseen ja mitä korkeampi Tau-pitoisuus, sitä pidempään kestää kuntoutuminen ja lajiin paluu. Kuitenkin näitä löydöksiä tehneistä tutkimuksista kolme neljästä analysoi samaa dataa. Kamins ym. (2017, 938) mukaan erityisesti Tau-C-pitoisuuksissa nähdään muutoksia aivotärähdyksen jälkeen ja Tau-A-pitoisuuksissa muutoksia havaitaan viiveellä. Erityisesti suurempi Tau-A-pitoisuus ennustaa pidempikestoista oireilua.

Vaikka Tau liitetäänkin hitaampaan paranemiseen aivotärähdyksestä, eräässä tutkimuksessa esitettiin, että Tau-pitoisuudet veressä aivotärähdyksestä kärsivillä urheilijoilla olivat itseasiassa matalammat kuin kontrolleilla 24 ja 72 tuntia vammasta. (Meyer ym. 2020, 8). Toisessa tutkimuksessa suurimmat Tau-pitoisuudet saatiin akuutisti vammankäteen. Tätä seurasi pitoisuuksien lasku seuraavan 12 tunnin aikana ja nousu uuteen piikkiarvoon 12–36 tunnin kohdalla. (O'Connell ym. 2018, 566). On mahdollista, että fyysinen rasitus on itsessään Tau-pitoisuuksia nostava tekijä. Tau-pitoisuuksista urheilijoilla pelin jälkeen ilman aivotärähdyksiä on esitetty ristiriitaisia näkemyksiä. Eräässä tutkimuksessa oireettomilla jääkiekkoilijoilla todettiin Tau-pitoisuuksien nousua veressä. Toisessa, saman tutkijan tutkimuksessa Tau-pitoisuuden nousua

vastaavissa olosuhteissa ei löydetty. (Meyer ym. 2020, 8, 9). Nyrkkeilijöillä havaittiin Tau-pitoisuuksien nousu selkäydinnesteestä mitattuna 4–10 päivää ottelun jälkeen, vaikka ottelijoita ei ollut tyrmätty. Arvot normalisoituivat 8–12 viikon kuluessa, mikäli ottelijat eivät osallistuneet uusiin otteluihin. (O’Connell ym. 2018, 566).

Muista merkkiaineista SNTF ja AMPAR ovat tuottaneet lupaavia tuloksia, vaikka kumpaakin on tutkinut vain yksi tutkimus eikä tutkimuksia ole toistettu. Kuitenkin kumpaakin näistä merkkiaineista on löydetty myös urheilijoilta, jotka eivät ole saaneet aivotärähdystä. (Meyer ym. 2020, 8). Kamins ym. (2017, 938) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa todettiin, että spectrin-N-terminal-fragment oli koholla 12, 36 ja 144 tuntia aivotärähdyksen jälkeen. GFAP nähtiin olevan koholla alle 24 tuntia vammasta, mutta ei 24–72 tuntia vammasta. Tämä arvon lasku oli myös yhteydessä oireisiin. O’Connell ym. (2018, 566) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa mainittiin siinäkin AMPAR sekä uutena merkkiaineena NSE. Näitä kumpaakin oli tutkinut ainoastaan yksi tutkimus ja alustavat tulokset ovat lupaavia. Myös GFAP oli mainittu, mutta sen esiintyminen viittasi tutkijoiden mukaan jo enemmän rakenteelliseen aivovammaan.

Tällä hetkellä vaikuttaa epätodennäköiseltä, että yksi merkkiaine nousisi korvaamaan nykyisen, multimodaalisen kliinisen tutkimuksen aivotärähdystä epäiltäessä. Merkkiaineilla on kuitenkin potentiaalia tulevaisuudessa tuoda objektiivinen mittari nykyisen kliinisen arvion tueksi. (Meyer ym. 2020, 9). O’Connell ym. (2018, 570) korostaa tutkimustulosten ristiriitaisuutta ja metodologisia eroavaisuuksia, sekä useiden merkkiaineiden heikkoa diagnostista tarkkuutta. Tarkkuus ei tällä hetkellä ole riittävä diagnoosin tekemiseen yksinään ja merkkiaineiden rooli aivotärähdyksen diagnosoinnissa ja paranemisen etenemisen seurannassa on hyvin rajallinen.

#### **6.2.6 Kiihtyvyysanturit ja pään kohdistuvien voimien mittaaminen**

Brennan ym. (2017, 469–471, 473) tutki systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysissään kiihtyvyysantureiden käyttöä aivotärähdystutkimuksessa, tavoitteenaan määrittää viitearvot pään

kohdistuneille voimille aivotärähdyksen saaneilla urheilijoilla. Tämä systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi sisälsi 13 tutkimusta, jotka käsittelivät yksinomaan miesurheilijoita, sekä pääosin amerikkalaisen jalkapallon pelaajia. 13 tutkimuksesta 12 sisälsi amerikkalaisen jalkapallon pelaajia ja 10 tutki yksinomaan amerikkalaisen jalkapallon pelaajia. Brennan ym. katsaus arvioitiin laadullisesti erinomaiseksi.

Meta-analyysin tulosten mukaan aivotärähdykseen yhdistyvä mediaani huippuarvo lineaarisessa pään kiihtyvyydessä oli 98.68 g (vaihteluväli 82.36–115.00 g). Vastaavasti aivotärähdykseen yhdistyvä mediaanihuippuarvo rotationaalisessa pään kiihtyvyydessä oli 5776.6 rad/s<sup>2</sup> (vaihteluväli 4583.53–6969.67 rad/s<sup>2</sup>). Molemmissa tulokset olivat linjassa aikaisemmin julkaistun tutkimusdatan kanssa. (Brennan ym. 2017, 473–474.) Myös Putukian (2017, 241) sivusi omassa heikkolaatuisesti arvioidussa systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan kiihtyvyyssantureiden roolia aivotärähdyksen havaitsemisessa. Putukianin tutkimuksen mukaan aivotärähdyksvammaan yhdistyi huippuarvoja laajalla skaalalla (60.51–168.71 g) lineaarisessa pään kiihtyvyydessä. Aikaisempi tutkimusdata on osoittanut, että nuoret urheilijat ja naisurheilijat saavat keskimäärin aivotärähdyksen pienemmän voimakkuuden iskuista miesurheilijoihin verrattuna (Brennan ym. 2017, 476).

Brennan ym. (2017, 474) sekä Putukian (2017, 241) kuitenkin molemmat kyseenalaistavat mitattujen tulosten kliinisen merkityksen. Saadut tulokset eivät edusta raja-arvoja aivotärähdykselle. Useat urheilijat saivat tutkimuksissa esitettyjä viitearvoja huomattavasti suurenergisempiä iskuja päähänsä, mutta olivat silti oireettomia. Myös vaihteluvälit tuloksissa olivat merkittäviä ja kynnyksarvo vammalle vaikuttaisi olevan hyvin yksilöllinen. Brennan ym. (2017, 475–476) esittää, että lähes 3500 yli 98.9 g suuruisen iskun saaneesta urheilijasta ainoastaan 11 (0.3 %) sai tilanteessa aivotärähdyksen. Lisäksi esitettiin, että urheilijan koko, lihasvoima, varusteet, saadun iskun suunta, valmius ottaa isku vastaan sekä muut muuttujat saattavat vaikuttavat osaltaan vamman sietoon. Urheilijat, jotka saivat voimakkuudeltaan edellä esitetyn vaihteluvälin alarajalle sijoittuvan iskun, kokivat yhtä paljon oireita kuin saadessaan voimakkuudeltaan samassa haarukassa ylärajoille sijoittuvan iskun. Myöskään koetun oirekuvan ja päähän

kohdistuneiden voimien suuruuden välillä ei todettu korrelaatiota. (Putukian 2017, 241.)

Johtuen päähän kohdistuvien voimien mittauksen heikosta herkkyudesta ja tarkkuudesta tunnistaa aivotärähdys, näitä mittausmenetelmiä ei tällä hetkellä voida suositella käytettäväksi diagnostisena työkaluna (Brennan ym. 2017, 475; Putukian 2017, 241). Mitattuja viitearvoja voidaan hyödyntää esimerkiksi poistamaan kovaenergisien iskun saanut pelaaja kentältä kliinisen arvion ajaksi. Mittaustulosten kliinistä hyötyä voidaan mahdollisesti parantaa huomioimalla paremmin iskun osumakohta. (Brennan ym. 2017, 475–476.) Putukianin (2017, 241) mukaan iskun osumakohdalla ei olisi merkitystä.

### 6.2.7 Tietokoneella tehtävä sähköinen testaus (ImPACT)

Tietokoneella tehtävä neurokognitiivinen testaus on erittäin käytetty työkalu aivotärähdysten diagnosoinnissa. Erytisen laajassa käytössä on *Immediate Post Concussion Assessment and Cognitive Testing* (ImPACT). Amerikassa 90 % collegen 1. divisioonan urheilujoukkueista ilmoittaa käyttävänsä jotakin sähköistä neurokognitiivista testiohjelmia ja näistä lähes 90 %:lla on käytössä juuri ImPACT. (Alsalaheen ym. 2016, 242.) Muita, vähemmän käytettyjä sähköisiä aivotärähdyksen tunnistamiseen luotuja työkaluja ovat mm. *Cogstate Concussion test* (CogSport), *Automated Neuropsychological Assessment Metrics* (ANAM), *Headminder* ja *Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery* (CANTAB) (Feddermann-Demont ym. 2017, 11).

ImPACT mittaa ja arvioi koehenkilön tarkkaavaisuutta, aivojen käsittelynopeutta, reaktioaikaa ja muistia. Se käyttää kuutta testimoduulia (sanamuisti, kuviomuisti, X's and O's, symbolien yhdistäminen, värien yhdistäminen ja kolmen kirjaimen muisti), joiden tulosten pohjalta se luo tulokset neljästä alaluokasta (verbaalinen muisti, visuaalinen muisti, visuaali-motorinen käsittelynopeus ja reaktioaika). (Alsalaheen ym. 2016, 242.)

Alsalaheen ym. (2017, 242, 244) käsitteli systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan ImPACT-työkalun mittavirheen mahdollisuutta. Katsaus piti sisällään 10 lähdetutkimusta, jotka käsittelivät pääosin urheilijoita.

Lähdetutkimusten tutkimusjoukko vaihteli 25 ja 369 henkilön välillä. Alsalaheenin ym. katsaus arvioitiin laadullisesti tässä opinnäytetyössä hyvälaatuiseksi.

Alsalaheen ym. (2017, 247–249) systemaattisen kirjallisuuskatsauksen mukaan ImPACT:in tulosten alaluokista suurin osa oli luotettavuudeltaan heikkoja tai keskinkertaisia, jolloin koko testin käyttö aivotärähdyksen diagnosoinnissa ja toipumisen arvioinnissa tulisi kyseenalaistaa. Verbaalinen muisti, visuaalinen muisti ja reaktioaika olivat johdonmukaisesti luotettavuudeltaan heikkoja, kun mittarina käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa. Visuaali-motorinen käsittelynopeus oli luotettavuudeltaan yleisesti parempi ja saavutti hyvän korrelaation kolmessa lähdetutkimuksessa. Sisäkorrelaatiokertoimet (ICC) saivat visuaali-motorista prosessointinopeutta lukuun ottamatta arvoja laajalla haarukalla, jolloin testien neljästä alaluokasta kolme sai luotettavuusluokituksen heikko. Näiden lisäksi väärin positiivisten testitulosten määrä vaikuttaisi olevan suuri. Suuri osa koehenkilöistä (22–46 %) jotka eivät olleet saaneet aivotärähdystä, saivat aivotärähdykseen viittaavan tuloksen ainakin yhdestä tulosten neljästä alaluokasta. Kun ImPACT-testi suoritettiin kolme kertaa peräjälkeen, 40–80 % osallistujista sai väärän positiivisen tai väärän negatiivisen tuloksen ainakin kaksi kertaa jostakin tulosten neljästä alaluokasta. Eniten vääriä positiivisia tuottivat verbaalinen muisti ja reaktioaika.

Näiden tekijöiden valossa vaikuttaa siis siltä, että ImPACT-testauksen diagnostinen tarkkuus ei ole riittävän hyvä, jotta aivotärähdyksiin luotettavasti päästäisiin yksin sitä hyödyntäen. Kliinikon tulisi hyödyntää diagnoosia tehdessään lisäksi ainakin tasapainon testausta ja okulo-motoristen funktioiden arviota sekä huomioida potilaan itse raportoimat oireet. (Alsalaheen ym. 2017, 249.)

Toki tulee huomioida, että eri lähdetutkimuksissa koehenkilöt suorittivat testin hyvin erilaisissa olosuhteissa. Osa suoritti testin samaan aikaan ryhmän kanssa, osa yksin ja osa pareittain. Tutkimuksissa käytettiin myös kirjavasti eri ohjelmistoversioita, testi suoritettiin erilaisilla laitteilla ja testauksen ajankohta vammasta vaihteli paljon. Lisäksi saatuja tuloksia ja tulosten luotettavuuksia

laskettaessa tutkimuksissa käytettiin eri laskumenetelmiä, joka saattaa selittää osaltaan tulosten kirjavuutta. (Alsalaheen ym. 2017, 245.)

### 6.3 Hoito

Tutkimuskysymystä 2, eli urheiluperäisen aivotärähdyksen hoitoa käsitteli kolme lähdetutkimusta. Näistä kaksi tarkasteli aerobisen liikunnan hyötyjä kuntoutuksessa ja yksi virtuaalitodellisuuden hyödyntämismahdollisuuksia osana vestibulaarijärjestelmän kuntoutusta. Akuuttia hoitoa käsitteleviä artikkeleita tämä systemaattinen kirjallisuuskatsaus ei löytänyt yhtäkään.

Yhtenäistä hoitolinjaa urheiluperäisen aivotärähdyksen hoidossa ei ole (Shen ym. 2021, 23). Pitkään on ajateltu, että potilaiden tulisi levätä, kunnes heidän oireensa ovat täysin hävinneet. Tätä on seurannut kuntoutusjakso, jossa nousujohteisesti lähdetään aktivoimaan fyysisiä ja kognitiivisiä toimintoja. (Langevin ym. 2020, 2492, Shen ym. 2021, 23.) 2016 julkaistu Consensus on Concussion in Sport ei tue ajatusta täydestä levosta oireiden häviämiseen saakka, vaan suosittelee lyhyttä, 24–48 tunnin lepojaksoa akuutisti vamman jälkeen. Tämän jälkeen tulisi potilaan aloittaa kuntoutus, jonka ensimmäisenä askeleena on jatkaa päivittäisiä toimia normaalisti, vaikka se aiheuttaisikin lieviä oireita. (Langevin ym. 2020, 2492.) Myös Shen ym. (2021, 23) mukaan useat tutkimukset ovat todenneet aikaiset interventiot kuntoutuksessa hyödyllisiksi potilaan toipumisen kannalta.

Kaksi tähän systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen sisänotettua tutkimusta käsitteli aerobista liikuntaa aivotärähdyksen kuntoutuksessa. Langevin ym. (2020, 2494) systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi sisälsi seitsemän satunnaistettua kontrollitutkimusta, joissa tutkittavien ikäjakama oli 13–17 v, yhteensä koehenkilöitä oli 326. Tutkimuksista neljä käsitteli akuutteja aivotärähdyksiä ja kolme pitkittyneitä oireita. Kaikki tutkimukset olivat pohjois-amerikkalaisia. Shen ym. (2021, 24) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysissä lähdetutkimuksina oli neljä satunnaistettua kontrollitutkimusta ja yksi satunnaistettu pilottitutkimus, joissa koehenkilöitä oli yhteensä 230. Kaikki tutkimukseen osallistuneet olivat iältään

13–19-vuotiaita nuoria. Sekä Shenin että Langevinin tutkimukset arvioitiin laadullisesti erinomaisiksi.

Shen ym. (2021, 24) meta-analyysi havaitsi, että verrattuna “tavanomaiseen hoitoon” aerobinen harjoittelu nopeutti aivotärähdyksestä toipumista nuorilla urheilijoilla huomattavasti, kun mittarina käytettiin PCSS-pistemäärää sekä aikaa täyteen paranemiseen. Neurokognitiivisten funktioiden normalisoitumiseen ImPACT-testillä mitattuna tutkimus ei löytänyt eroa ryhmien välillä. Langevin ym. (2020, 2495–2496) systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tulokset olivat edellisen kanssa hyvinkin saman suuntaiset, joskin hieman maltillisemmat. Akuutin aivotärähdyksen hoidossa nuorilla urheilijoilla on kohtalaisen vahvaa näyttöä oireiden puhkeamisrajan alapuolella toteutetun aerobisen harjoittelun puolesta verrattuna venyttelyyn, ehdottomaan lepoon tai asteittaiseen arkeen paluuseen. PCSS-pistemäärä oli koehenkilöillä kuntoutusjakson jälkeen pienempi ja oireellisten koehenkilöiden lukumäärä vähäisempi aerobista harjoittelua tehneissä ryhmissä verrattuna kontroleihin. Kun mitattiin aikaa täyteen paranemiseen, yhdessä neljästä tutkimuksesta aerobista harjoittelua tehneillä paraneminen oli selvästi nopeampaa kontroleihin verrattuna (13 päivää verrattuna 17 päivään), muut tutkimukset eivät havainneet eroa ryhmien välillä. Neurokognitiivisten funktioiden normalisoitumiseen ImPACT-testillä mitattuna tai tasapainon normalisoitumiseen BESS-testipatterilla mitattuna tämäkään tutkimus ei löytänyt eroa ryhmien välillä.

Shen ym. (2021, 24–25) ja Langevin ym. (2020, 2495) katsauksissa aerobisen intervention intensiteetti oli vakioitu. Shen ym. kaksi viidestä lähdetutkimuksesta ja Langevin ym. yksi seitsemästä lähdetutkimuksista käyttivät Buffalo Concussion Treadmill -testillä määriteltyä oireetonta sykealuetta. Kyseinen testi oli ainoa, jolla aerobinen sykealue oli tutkimuksissa vakioitu. Buffalo Concussion Treadmill -testiä käyttäneiden tutkimusten ulkopuolella käytetty aerobinen interventio ja sen rasittavuus olivat kirjavia. Intensiteetti oli määritelty esimerkiksi käyttäen Borgin skaalaa, ikään sidottua arviota maksimaalisesta sykkeestä, asteikkoa 0–10 tai intensiteettiä ei oltu kerrottu. Toipumisen kannalta optimaalinen harjoittelun intensiteetti on tällöin vaikea määrittää.

Felipe ym. (2020, 42–43, 46) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävien teknologioiden tehokkuutta urheiluperäisen aivotärähdyksen kuntoutusvaiheessa. Tutkimuksen vahva hypoteesi oli, että virtuaalitodellisuutta hyödyntävä vestibulaarijärjestelmän kuntoutus parantaisi urheilijan tasapaino-ominaisuuksia ja nopeuttaisi lajiin paluuta. Hypoteesin perusteluna esitettiin, että virtuaalitodellisuutta on jo hyödynnetty tasapaino-ongelmiin liittyen vestibulaarijärjestelmän kuntoutuksessa ja “perinteinen” vestibulaarijärjestelmän kuntoutus on tavallista urheilijoiden aivotärähdyksen hoidossa. Lisäksi huimaus on yksi tavallisimmista aivotärähdyksen oireista ja virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen kuntoutuksessa urheilijoilla, joilla on huimausoireita, on mahdollisesti eduksi. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, ettei virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä aivotärähdyksen kuntoutuksessa ole tutkittu urheilijoilla lainkaan.

#### **6.4 Lajiin paluu**

Lajiin paluuta tässä opinnäytetyössä käsitteli kolme tutkimusta. Grants ym (2017) tutkivat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan aivotärähdyksen aiheuttamia akuutteja (alle 72 tuntia vammasta) muutoksia kasvuikäisten ja nuorten aikuisten kävelyssä samalla kun he suorittivat kognitiivisia tehtäviä (dual-task). Kävelyn muutoksia mitattiin 3D-liikeanalyysillä, jossa tutkittavan kehosta seurataan kuudella, kahdeksalla tai kymmenellä eri kameralla 25–31 eri pistettä samalla, kun tutkittava kävelee 10 metrin matkan. Heidän työhönsä päätyi 10 tutkimusta aiheesta. Osallistujia oli yhteensä 402 (10–30 / tutkimus), joista aivotärähdyksen saaneita miehiä oli 110, naisia 91 ja kontrolleja molemmille sukupuolille saman verran. Aivotärähdyksen saaneiden keski-ikä vaihteli 15,1–23-vuotiaisiin, kun taas kontrolleiden keski-ikä oli 15,6–22,29 vuotta. Arvioimme tämän työn laadullisesti hyväksi.

Büttner ym (2019, 2–4) tutkivat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan ja meta-analyysissään 1) onko urheiluperäisen aivotärähdyksen saaneilla isommat erot kävelyssä sekä paikallaan seisomisessa samalla kun he suorittavat kognitiivisia tehtäviä verrattuna siihen, kun he vain kävelevät tai



seisovat paikallaan ja 2) onko heillä pitkittyneitä (persistent) eroja kävelyssä ja paikallaan seisonnassa samalla kun he suorittavat kognitiivisia tehtäviä verrattuna pelkkään kävelyyn tai seisomiseen. Mittaukset suoritettiin joko kävelemällä 8–10 metrin matka omaehtoisella nopeudella tai seisten paikallaan joko venymäliuska-anturilla varustetun levyn päällä tai Wii-tasapainolaudan samalla, kun tutkittava suoritti vastasi hänelle esitettyihin kysymyksiin. Heidän tutkimukseensa päätyi 26 tutkimusta, joissa oli 1039 osallistujaa. Osallistujien keski-ikä oli  $17.3 \pm 3.9$  vuotta. Tutkimukseen osallistui 277 aivotärähdyksen saanutta miestä ja 211 naista sekä 269 tervettä mies- ja 226 tervettä naiskontrollia. Heidän työssään 21 tutkimuksessa oli tutkittu urheilijat 2–7 päivän kuluttua aivotärähdyksestä ja viisi tutkimusta aikaisintaan kuukauden kuluttua aivotärähdyksestä. Arvioimme tämän työn laadullisesti hyväksi. Kamins ym. (2017) tutkivat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan 1) miten urheiluperäisen aivotärähdyksen fysiologinen toipuminen vertautuu kliinisten oireiden häviämisen kanssa, 2) pitäisikö olla vähimmäisaika, jonka urheilija on sivussa urheilusta aivotärähdyksen jälkeen ja 3) onko progressiivisen lajiin paluun kesto ja sisältö sopiva. Heidän tutkimukseensa päätyi 80 tutkimusta. Osallistujia oli yhteensä 4 770 ja he olivat iältään 13–42,7-vuotiaita. Arvioimme tämän työn laadullisesti erinomaiseksi.

Kognitiivis-motorinen kaksoistehtävä (dual-task) on tehtävä, jossa tutkittava suorittaa motorisen tehtävän, kuten kävelyn tai paikallaan seisonnan, samalla kun suorittaa kognitiivista tehtävä, kuten luettelee numeroita takaperin (Büttner ym. 2019, 1). Stroopin testi ja Mental Status Exam (MSE) ovat kaksi yleisimmin käytettyä kognitiivista testiä. Stroopin testi esittää peräkkäisesti yhteneviä tai epäyhteneviä ärsykeitä, joiden ero pitää tunnistaa ja MSE kysyy sarjan kysymyksiä. Molempien testien tarkoituksena on saada tekijä ajattelemaan ja tekemään päätöksiä. (Grants ym. 2017, 1013.)

## **Kävelynopeus**

Yksilöanalyysissä aivotärähdyksen saaneet urheilijat kävelivät kontrolleja hitaammin kaikilla tarkastelluilla aikajaksoilla suorittaessaan vain yhtä tehtävää ja kaksoistehtävää. Yhtä tehtävää suoritettaessa erot näkyivät kaksi

päivää vammasta sekä seitsemän päivää vammasta, mutta kaksoistehtävää suorittaessa erot näkyivät myös kaksi kuukautta vamman jälkeen verrattuna kontrolleihin. Kaikki kävelyä tutkivat tutkimukset kärsivät kuitenkin suuren havaitsemisriskin mahdollisuudesta tutkijoiden puutteellisen sokottamisen vuoksi. (Büttner ym. 2019, 4.) Grants ym. (2017, 1014) tutkimuksessa neljässä tutkimuksessa kuudesta aivotärähdyksen saaneiden askel- ja kävelynopeus oli huomattavasti hitaampi kontrolleihin verrattuna.

Kolme tutkimusta mittasi askellusaikaa. Yhdessä tutkimuksessa askellusaika oli kasvanut aivotärähdyksen saaneilla ja kahdessa muussa ero ei ollut tilastollisesti merkittävä. (Grants ym. 2017, 1014.)

Yksi tutkimus osoitti, että aivotärähdyksen saaneilla on selvästi lyhyempi askeleenpituus (step) verrattuna kontrolleihin. Neljä tutkimusta tutki askelluksen (stride) pituutta, joista kaksi osoittivat aivotärähdyksen saaneilla sen olevan huomattavasti lyhyempi ja kaksi ei löytänyt tilastollista merkittävyyttä. (Grants ym. 2017, 1014–1015.)

Askelleveyttä tarkasteli neljä tutkimusta. Niistä yksikään ei löytänyt tilastollisesti merkittäviä eroja aivotärähdyksen saaneiden ja kontrolleiden välillä. (Grants ym. 2017, 1015.)

### **Painopisteen sivuttaissuunnan huojumisen määrä**

Tilastollisesti merkittävää eroa aivotärähdyksen saaneiden ja kontrolleiden välillä ei nähty painopisteen sivuttaissuunnan huojunnan määrää tarkasteltaessa vain yhtä tehtävää suorittaessa kahden päivän ja kahden kuukauden välillä aivotärähdyksestä. Kuitenkin kaksoistehtävää suorittaessaan aivotärähdyksen saaneilla oli suurempi sivuttaissuunnan huojuminen verrattuna kontrolleihin. Ero oli nähtävissä vielä kaksi kuukautta vamman jälkeen. Aivotärähdyksen saaneilla oli suurempi sivuttaissuunnan huojunta aikajaksojen keskiarvoa tarkasteltaessa. (Büttner ym. 2019, 4–5.)

Seitsemän tutkimusta mittasi painopisteen sivuttaissuunnan siirtymää kävelyn aikana. Kuusi näistä havaitsi huomattavan kasvun aivotärähdyksryhmän

huojunnan määrässä verrattuna kontroleihin. Yksi tutkimus myös huomasi huojunnan olleen suurempaa aivotärähdyksen saaneilla kasvuikäisillä, mutta ei nuorilla aikuisilla. Painopisteen ja painekeskapisteen etäisyydessä sivuttaissuunnassa ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa. (Grants ym. 2017, 1018–1019.)

### **Painopisteen sivuttaissuunnan huojumisen nopeus**

Yhtä ja kahta toimintoa suoritettaessa aivotärähdyksen saaneilla ja kontroleilla ei ollut eroa painopisteen sivuttaissuunnan huojunnan nopeudessa kaksi kuukautta aivotärähdyksen jälkeen. (Büttner ym. 2019, 5.) Grants ym (2017, 1018) tutkimuksessa yhdeksän tutkimusta mittasi painopisteen sivuttaissuunnan huojumista kävelyn aikana. Kuudesta sivuttaissuunnan huojunnan huippunopeuden raportoineesta tutkimuksesta kolme raportoi huomattavan huippunopeuden nousun aivotärähdyksen saaneilla verrattuna kontroleihin. Kolme muuta tutkimusta eivät löytäneet tilastollisesti merkittäviä eroja ryhmien välillä.

### **Muutokset painopisteen etu-takasuunnan huojumisessa**

Aivotärähdyksen saaneet kävelivät pienemmällä painopisteen etu-takasuunnan huojumisella kaksi päivää vammasta yhtä tehtävää suorittaessaan sekä viikon kuluttua vammasta kahta tehtävää suorittaessaan. Riippumatta aikajaksosta, aivotärähdyksen saaneilla painopisteen etu-takasuunnan huojuminen oli pienempi kahta tehtävää suoritettaessa verrattuna kontroleihin. Tätä eroa ei kuitenkaan näkynyt yhtä tehtävää suorittaessa. Ryhmien välinen ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävää. (Büttner ym. 2019, 6.) Grants ym (2017, 1016) tutkimuksessa neljä tutkimusta mittasi painopisteen huojunnan nopeutta etu-takasuunnassa kävelyn aikana. Kaikissa tutkimuksissa huomattiin aivotärähdyksen saaneilla huojunnan nopeuden olevan vähentynyt kontroleihin verrattuna. Kolme tutkimusta puolestaan mittasi painopisteen huojumisen laajuutta etu-takasuunnassa. Yksi tutkimus havaitsi heilahtelun olevan pienempää aivotärähdyksen saaneilla, kun taas kaksi muuta eivät löytäneet tilastollisesti merkittäviä eroja ryhmien välillä.

Viisi tutkimusta mittasi etu-takasuunnan painopisteen ja painekeskapisteen eroa kävelyn aikana. Kolme raportoi aivotärähdyksen saaneilla huomattavan eron vähentymisen, kun taas kaksi eivät huomanneet merkittävää eroa. (Grants ym. 2017, 1018–1019.)

### **Painopisteen etu-takasuunnan huojumisen nopeus**

Aivotärähdyksen saaneilla oli kontrolleihin verrattuna hitaampi etu-takasuunnan painopisteen huojuminen yhtä tehtävää suoritettaessa 2 päivää vammasta. Kahta tehtävää suoritettaessa ero näkyi vielä kuukausi vamman jälkeenkin. Aikajaksosta riippumatta aivotärähdyksen saaneet kävelivät hitaammalla etu-takasuunnan huojunnalla kahta tehtävää suoritettaessa, mutta ei yhtä tehtävää suoritettaessa. Ryhmien keskiarvojen välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävää eroa. (Büttner ym. 2019, 6.)

### **Tasapaino**

Aivotärähdyksen saaneiden tasapaino horjui laajemmalla alueella kuin terveillä kontrolleilla kahta tehtävää suoritettaessa yhteen tehtävään verrattuna jopa kuukausi aivotärähdyksen jälkeen. Tätä löydöstä tukee myös toinen tutkimus, jossa huomattiin aivotärähdyksen saaneiden horjunnan olevan nopeampaa kuin kontrolleilla kahta tehtävää suoritettaessa yhteen tehtävään verrattuna. Kolmas tutkimus kuitenkin havaitsi ryhmien välillä eroja huojunnassa kahta tehtävää tehdessä 10 päivää vamman jälkeen, mutta ei merkittävää eroa enää kuukausi vamman jälkeen. Kaikki kolme tutkimusta olivat suuren tai epäselvän harhan tutkimuksia. (Büttner ym. 2019, 6.)

### **Toiminnallinen magneettikuvaus (fMRI)**

18 tutkimusta tutki fMRI-löydöksiä aivotärähdyksen jälkeen. Signaalimuutokset osoittavat, että aivojen aktivaatiossa tapahtuu muutoksia, mutta näiden aikajanasta ei ole yksiselitteistä näyttöä. Aivojen aktivaatiossa oli muutoksia kolmen päivän–23 kuukauden kuluttua kliinisestä toipumisesta ja/tai lajiin paluusta. Jotkin löydökset kuitenkin näkyivät vasta, kun oireet alkoivat

lieventyä tai hävisivät kokonaan, mikä voisi johtua jostain muusta kuin akuutista aivotärähdyksestä. Kaiken kaikkiaan fMRI-löydökset vaihtelivat paljon riippuen siitä, mitä aivojen aluetta kuvattiin sekä millä aikajaksolla ja analyysimenetelmällä tutkimus oli tehty. (Kamins ym. 2017, 2.)

## **DTI**

Kamins ym (2017, 2–3) tutkimuksessa seitsemän tutkimusta tutki DTI-löydöksiä urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen. Näiden keskinäinen vertailu on hankalaa tutkimusten heterogeenisyyden vuoksi.

Yksi tutkimus havaitsi DTI-löydösten olevan yhteydessä kliiniseen oirekuvaan. FA- ja RD-arvot olivat matalammat kaksi päivää vammaan jälkeen ja ne palasivat normaaleiksi 14 päivää vammaan jälkeen. Toisessa tutkimuksessa löydettiin FA-arvojen olleen korkeammat 1,8 ja 32 päivää vammaan jälkeen. Oireet olivat kuitenkin lievittyneet 1–8 päivää vammaan jälkeen. Ahdistus- ja masennuskyselyn tulokset normalisoituivat 8–32 päivää vammaan jälkeen. Toisessa tutkimuksessa taas huomattiin FA- ja AD-arvojen nousu sekä MD-arvojen lasku, joka esiintyi vielä 5–180 päivää vammaan jälkeen. Toisissa tutkimuksissa taas havaittiin, että FA-arvo muuttuu riippuen tutkittavana olevasta alueesta sekä MD-arvojen olevan kroonisesti koholla. Myeliinin veden osuutta (MWF) ja nesteen leviämisen huippuarvoja on myös tutkittu, mutta näistä näyttö on vähäistä ja epäselvää kliinisen kuvan kannalta. (Kamins ym. 2017, 3.)

Urheiluperäisen aivotärähdyksen tuottamat valkoisen aineen rakennemuutokset ovat hyvin löydettävissä DTI-kuvantamisella. Useampi, vaikkakaan ei jokainen, tutkimus osoittaa, että löydöksiä nähdään vielä kliinisten oireiden parannuttua. On kuitenkin epäselvää, mitkä biologiset tekijät aiheuttavat näitä muutoksia, joita DTI-menetelmällä nähdään. (Kamins ym. 2017, 3.)

## **Magneettiresonanssispektroskopia (MRS)**

Yhteensä 10 tutkimusta selvitti, havaitseeko MRS urheiluperäisen aivotärähdyksen aiheuttamia fysiologia muutoksia. Viisi tutkimusta raportoi N-acetylaspartate / kreatiini (NAA/Cr) -suhteen vähentymisen akuutisti aivotärähdyksen jälkeen. Metabolinen häiriö kesti 7, 15 ja jopa 30 päivää vamman jälkeen, vaikka kliininen oirekuva parani 15 päivän kohdalla. Toinen tutkimus osoitti, että kolmella urheilijalla, jotka saivat toisen aivotärähdyksen metabolisen häiriön ollessa kesken, NAA:n häiriön palautuminen viivästy. Myo-inositolin / klutamaatin ja kreatiinin välisen suhteen häiriö voi tulla viiveellä, eikä näin ole akuutti merkki aivotärähdyksestä. Lisäksi yksi tutkimus osoitti, että fosforimetaboliitti oli epänormaali vielä kuukausia aivotärähdyksen jälkeen. (Kamins ym. 2017, 3.)

MRS havaitsee sellaiset metaboliset häiriöt urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen, jotka voivat kestää pidempään kuin kliinisen oirekuvan parantuminen. Näyttäisi myös siltä, että toistuvat iskut paranemisprosessin ollessa käynnissä pitkittävät parantumista. Lisätutkimuksia MRS-löydösten hyödyntämisestä lajiin paluun arvioinnissa kuitenkin tarvitaan. (Kamins ym. 2017, 3.)

## **Aivojen verenkierto**

Aivojen veren kiertoa (CBF) käsiteltiin kahdeksassa artikkelissa. Urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen CBF oli vähentynyt levossa ja se oli nähtävissä vielä kliinisten oireiden parannuttua. Suurimmalla osalla CBF normalisoitui 30 päivää vamman jälkeen. Yhdessä tutkimuksessa lisäksi havaittiin, että vaikka oireilevilla aivotärähdyksen saaneilla CBF oli noussut vielä 40 päivää vamman jälkeen, oireettomilla se oli laskenut. Kroonisista CBF-muutoksista tarvitaan lisätutkimusta. Lisääntyvä tutkimus aiheesta osoittaa, että urheiluperäinen aivotärähdys vaikuttaa CBF:n, mutta vaikutusten aikajakso on vielä epäselvä. (Kamins ym. 2017, 4.)

## **Elektrofysiologia**

15 tutkimusta tutki aivojen elektrofysiologisia arvoja urheiluperäisen aivotärähdyksen tutkimisessa ja kuntoutuksessa. Kahdessa tutkimuksessa havaittiin urheiluperäisen aivotärähdyksen selkeä vaikutus elektrofysiologisiin arvoihin kahdeksan päivää vamman jälkeen. Arvot palautuivat 45 päivää vamman jälkeen, vaikka oireet paranivat 5–8 päivän kohdalla vammasta. Kahdeksassa tutkimuksessa huomattiin muutoksia 7–45 päivää vammasta riippumatta kliinisten oireiden esiintyvyydestä. Kroonisesti muutoksia nähtiin jopa neljä vuotta vamman jälkeen. Urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen havaittavat elektrofysiologiset muutokset voivat antaa viitteitä fysiologisesta toipumisajasta, mutta johtuen eri algoritmien käytöstä tutkimuksissa, lisätutkimusta aiheesta tarvitaan. (Kamins ym. 2017, 4.)

### **Sydämen syke**

Neljä tutkimusta käsitteli aivotärähdyksen vaikutusta sydämen sykkeeseen. Yhden mukaan leposykkeessä ei huomattu eroavaisuuksia verrattuna kontroleihin, mutta harjoittelun aiheuttamat muutokset olivat selkeät. Toisessa tutkimuksessa taas havaittiin lyöntivälien lyhentymistä aivotärähdyksen saaneilla, mutta aikajaksoa ei ollut ilmoitettu. Myös sykkeen monimutkaisuus oli vähentynyt isometrisen puristusvoimamittauksen aikana yhdessä tutkimuksessa. Lisäksi iskutilavuuden oli huomattu pienentyneen kaksi ja seitsemän päivää vamman jälkeen yhden tutkimuksen mukaan. Tiivistetysti voidaan todeta, että sykkeen muutoksista ei tällä hetkellä ole riittävästi näyttöä, että niistä voitaisiin tehdä johtopäätöksiä aivotärähdyksestä toipumiseen. (Kamins ym. 2017, 4.)

### **Harjoittelu**

Kahden tutkimuksen mukaan kroonisesti aivotärähdysoireista kärsivillä oli heikentynyt harjoittelun sietokyky. Näyttöä harjoittelun sietokyvyn laskun aikajaksosta ei kuitenkaan ole riittävästi. (Kamins ym. 2017, 4.)

### **Merkkiaineet**

Yhteensä 10 tutkimusta etsi potentiaalisia merkkiaineita kehon nesteistä, eli verestä ja virtsasta päävamman jälkeen. Kaiken kaikkiaan merkkiaineissa on iso potentiaali aivotärähdyksen diagnostiikassa ja kuntoutumisen seurannassa, mutta tällä hetkellä niistä ei ole tarpeeksi tutkimusnäyttöä, jotta niitä voitaisiin hyödyntää. (Kamins ym. 2017, 4.) Merkkiaineet on käsitelty tarkemmin kappaleessa 6.2.5.

### **Transcranial magnetic stimulation**

Neljästä tutkimuksesta kolmessa huomattiin aivokuoren ärtyvyyttä aivotärähdyksen jälkeen sekä sen toiminnan estymistä (inhibitio). Yksi raportoi toiminnan estymistä kortikospinaaliradassa 2–4 päivää aivotärähdyksen jälkeen, joka sitten normalisoitui 10 päivän kohdalla vammasta. Toinen tutkimus raportoi aivokuoren alentuneen ärtyneisyyden kestävän pidempään, jopa 28 päivää, kuin kliinisten oireiden parantumisen. Kolmannessa tutkimuksessa huomattiin kasvaneen toiminnan estymistä motorisessa järjestelmässä yli yhdeksän kuukautta vamman jälkeen. Neljäs artikkeli lähestyi aihetta hieman eri tavalla ja havaitsi motorisen viiveen kestäneen yli 10 päivää vamman jälkeen. Kaiken kaikkiaan kaksi artikkelia huomasi aivokuoren toiminnassa eroja, jotka näkyivät vielä kliinisten oireiden hävittyä. Yhdessä artikkelissa todettiin, etteivät löydökset korreloineet oireiden kanssa. Lisätutkimusta aiheesta tarvitaan. (Kamins ym. 2017, 4.)

### **Yhteenveto**

Tällä hetkellä on tutkittu paljon erilaisia fysiologisia muutoksia urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen, mutta tutkimusten heterogeenisyyden (aika vammasta, vamman vakavuus, mittaustapa) vuoksi ei voida tehdä yhtä ja ainoaa fysiologista aikaikkunaa, joka osoittaisi, kauanko aivotärähdyksestä toipuminen vie. Toki tähän tutkimukseen valikoituneet tutkimukset eivät pääosin seuranneet tutkittavia heidän täydelliseen parantumiseensa asti. (Kamins ym. 2017, 4–5.)

Valtaosa merkittävistä muutoksista kävelyssä aivotärähdyksen jälkeen havaittiin ensimmäisen kahden päivän aikana (Grants ym. 2017, 1019), kun



taas aivotärähdyksen saaneet kävelivät kontrolleja hitaammin kahta tehtävää suorittaessaan vielä 1–8 viikkoa vamman jälkeen. (Büttner ym. 2019, 6–7; Grants ym. 2017, 1019). Yhtä tehtävää suoritettaessa tämä ero näkyi enää vain kaksi viikkoa vamman jälkeen, mikä olisi linjassa perinteisen kliinisen toipumisen kanssa urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen. (Büttner ym. 2019, 6–7.) Kaikki Grants ym (2017, 1019) tutkimukseen mukaan otetut tutkimukset osoittivat myös, että aivotärähdyksen saaneiden kävely parani aina kahteen kuukauteen asti vammasta. Seitsemästä tutkimuksesta, joissa mittauksia toteutettiin jopa 28 päivää vamman jälkeen, neljässä huomattiin selkeä ero tutkittavien ja kontrolleiden välillä yli kahden päivän jälkeen. Urheiluperäisen aivotärähdyksen saaneilla oli suurempi painopisteen sivuttaissuunnan huojunta vielä kaksi kuukautta vamman jälkeen, mitä ei ollut nähtävissä yhtä tehtävää suoritettaessa (Büttner ym. 2019, 6–7). Grants ym (2017, 1019) tutkimuksessa yksi tutkimus huomasi, että sivuttaissuunnan painopisteen siirtymä oli suurentunut vielä kaksi kuukautta vamman jälkeen ja askelpituus oli pidentynyt viikko vamman jälkeen. Etu-takasuunnan painopisteen huojunnan määrä ja huippu nopeus oli laskenut 1–4 viikon jälkeen vammasta (Büttner ym. 2019, 6–7; Grants ym. 2017, 1019). Vaikka terveillä ja aivotärähdyksen saaneilla oli suurempi tasapainon huojunta kahta tehtävää tehdessä kuin yhtä tehtävää tehdessä, oli aivotärähdyksen saaneiden asennon hallinta heikompa kuin kontrolleilla. Tästä näytöstä ei kuitenkaan olla yksimielisiä. (Büttner ym. 2019, 6–7.) Grants ym (2017, 1019) tutkimuksessa yksi tutkimus osoitti, että painopisteen ja painekeskapisteen ero oli laskenut jopa viikon kuluttua vammasta. Lisäksi toinen tutkimus raportoi huomattavan painopisteen ja painekeskapisteen eron sekä painopisteen sivuttaissuunnan siirtymän vielä 28 päivän jälkeen aivotärähdyksestä.

## **7 POHDINTA**

### **7.1 Johtopäätökset**

Opinnäytetyössä tutkittiin urheiluperäisen aivotärähdyksen diagnosointia, hoitoa ja lajiin paluuseen liittyviä kriteerejä. Jo koehakuja tehdessä huomattiin, että aihetta tutkitaan tällä hetkellä paljon, ja että aihetta käsitteleviä tutkimuksia julkaistaan järjestään aina edellisvuotta enemmän. Koehakujen

yhteydessä huomattiin myös tutkimuksen keskittyvän paljolti nuoriin urheilijoihin. Lopulta tähän opinnäytetyöhön seulottiin 15 systemaattista kirjallisuuskatsausta tai meta-analyysiä.

Urheiluperäisen aivotärähdyksen diagnosointia käsitteli kaikkiaan yhdeksän lähdetutkimusta. Näistä kliinistä tutkimista käsitteli kolme artikkelia, kuvantamistutkimusten diagnostista hyötyä kaksi artikkelia, merkkiaineiden diagnostista hyötyä kaksi artikkelia, tietokoneella tehtävää sähköistä testausta yksi artikkeli ja kiihtyvyyssantureiden hyödyntämistä aivotärähdyksen saaneen urheilijan arvioinnissa yksi artikkeli. Toki tulee muistaa, että kaikki tutkimukset eivät käsitelleet puhtaasti vain yhtä yllä lueteltua alaotsikkoa, vaan samasta tutkimuksesta saatettiin saada tuloksia useamman otsikon alle.

Aivotärähdyksen oirekuvassa on huomattavia vaihteluita yksilöiden välillä. Yksittäisiä oireita ilmenee myös terveillä verrokeilla, oireet eivät ole spesifejä aivotärähdykselle tai ne voivat muuttua odottamattomasti ja nopeasti. Oireiden monimuotoisuuden vuoksi aivotärähdyspotilaan tutkimisessa tulee hyödyntää multimodaalista lähestymistapaa ja useita eri kehon järjestelmiä tulisi testata. (Feddermann-Demont ym. 2017, 903.) Suositellaan myös, että tutkiminen toistettaisiin myöhemmin ja oireettomankin urheilijan mahdollisten oireiden kehittymistä tulisi seurata (Putukian 2017, 241).

Kliinisessä diagnosoinnissa kulmakivenä tulisi tämän opinnäytetyön tulosten perusteella käyttää SCAT-testipatteria (Meyer ym. 2020, 1435; Elliot ym. 2019, 3; Putukian 2017, 241). SCAT-testipatterin sisältä useat yksittäiset testit saavat myös tukea käytölleen. PCSS oirekyselyn herkkyys on 64–89 % ja tarkkuus 91–100 % (Putukian 2017, 238). PCSS oirekyselyn oireet on esitetty edellä taulukossa 2. SAC kognitiivisen arvion herkkyys on 95 % ja tarkkuus 76 %, mutta SAC:in diagnostinen arvo putoaa huomattavasti, mikäli se päästään suorittamaan yli kaksi vuorokautta vammasta (Putukian 2017, 238). Feddermann-Demontt ym. (2017, 917) mukaan tasapainoa arvioiva BESS-testi on hyödyllinen akuutissa vamman arvioinnissa, mutta testin luotettavuus heikkenee rajusti ensimmäisen vuorokauden jälkeen vammasta. Myös King Devitt-testi vaikuttaa alustavien tutkimusten perusteella käyttökelpoiselta

osana aivotärähdyspotilaan kliinistä arviointia (Putukian 2017, 240; Feddermann-Demont ym. 2017, 914).

Kentän laidalla toimivan terapeutin tulisi akuutissa tilanteessa ensimmäisenä poissulkea katastrofaalinen pään tai kaularangan vamma tai muu ensiapuun hakeutumista vaativa vamma (Putukian 2017, 237). Kliiniseen tutkimiseen myös kentän laidalla suositellaan käytettäväksi SCAT-lomakkeen eri versioita (Meyer ym. 2020, 1435; Elliot ym. 2019, 3; Putukian 2017, 241).

Urheiluperäisen aivotärähdyksen kentänlaitatestaus on terapeutille erityisen vaativa prosessi, koska tällöin joudutaan toimimaan paineistetussa ympäristössä ja aikaa tutkimiseen on hyvin rajoitetusti (Putukian 2017, 236–237). Mikäli jotain epäilyksiä tutkimisen jälkeen jää, tulisi pelata varman päälle ja poistaa potilas harjoituksesta tai kilpailusta (Elliot ym. 2019, 3).

Kuvantamistutkimuksilla pystytään havaitsemaan aivotärähdyksen aiheuttamia muutoksia aivoissa, mutta niiden kliininen merkittävyys on tällä hetkellä epäselvä (Asken ym. 2017, 603). Tähän opinnäytetyöhön päätyneistä tutkimuksista DTI-kuvausta oli tutkittu eniten. DTI-tutkimuksissa yleisin mitattu arvo oli FA, jolla kuvataan aivojen sisäisen nesteen leviämistä. FA-arvoissa tapahtuu muutoksia akuutisti, subakuutisti ja kroonisesti, mutta tulokset tutkimusten välillä eivät ole yhteneväisiä. Hellewell ym. (2020, 5) huomasi, että akuutisti aivotärähdyksen aiheuttamat muutokset olisivat pinnallisia ja kroonisesti muutoksia tapahtuisi syvemmillä. Toisaalta syvät löydökset voivat olla peräisin aivojen rappeumasta. Kuvantamislöydöksillä ei myöskään voida arvioida kliinistä toipumisaikaa vamman jälkeen. Löydöksiä DTI-kuvantamisella saadaan, vaikka kliiniset oireet olisivat jo helpottaneet. (Kamins ym. 2017, 3.)

Magneettiresonanssispektroskopiolla voidaan havaita aivojen metabolian häiriöitä, joista N-acetylaspartate / kreatiini oli yleisin. Näitä löydöksiä löytyy kliinisen oirekuvan jo parannuttua, mutta niistä tehtävät johtopäätökset tarvitsevat vielä lisää tutkimusta. (Kamins ym. 2017, 3.)

Merkkiaineista ei tällä hetkellä vaikuta olevan korvaamaan nykyistä, multimodaalista kliinistä tutkimusta. Potentiaali tuoda objektiivinen mittari

nykyisen kliinisen arvion tueksi merkkiaineilla kuitenkin on. (Meyer ym. 2020, 9). Koska aivoselkäydinnesteen näytteenotto vaatii lannepiston, vaikuttaisi siltä, että veri on ihmiskehon nesteistä sopivin merkkiaineiden etsimiseen (O'Connell ym. 2018, 562). Merkkiaineista tämän opinnäytetyön tulosten mukaan selvästi kaksi tutkituinta ovat S100B ja Tau. Molemmat, S100B- ja Tau-pitoisuudet ovat olleet urheilijoiden veressä koholla aivotärähdyksen jälkeen ja toisaalta on myös näyttöä pitoisuuksien noususta urheilusuorituksen jälkeen ilman vammaa. (Meyer ym. 2020, 8; O'Connell ym. 2018, 566.) Tulkinta ja tulokset eri tutkimuksissa vaikuttaisivatkin olevan vahvasti ristiriidassa keskenään jopa silloin, kun samaa dataa on analysoinut eri tutkijaryhmä tai kun sama tutkijaryhmä on yrittänyt toistaa oman tutkimuksensa (Meyer ym. 2020, 8). Näiden kahden merkkiaineen lisäksi tutkimuksissa mainittiin useita muita merkkiaineita, mutta niitä kaikkia oli tutkittu niin vähän, ettei luotettava johtopäätösten vetäminen ole mahdollista (Meyer ym. 2020, 8; O'Connell ym. 2018, 566; Kamins ym. 2017, 938).

Tietokoneella tehtävää neurokognitiivista testausta käytetään urheilun parissa paljon, erityisesti Pohjois-Amerikassa. Käytetyin sähköisen testauksen työkalu on ImPACT. (Alsalaheen ym. 2016, 242.) Muita sähköisen testauksen työkaluja ovat mm. CogSport, ANAM, Headminder ja CANTAB, mutta näiden käyttö on vähäisempää (Feddermann-Demont ym. 2017, 11). Valitettavasti laajasta käytöstä huolimatta ImPACT vaikuttaisi olevan kuitenkin luotettavuudeltaan varsin heikko. Sen diagnostinen tarkkuus ei ole riittävän hyvä, jotta luotettavaan diagnoosiin voitaisiin päästä ainoastaan ImPACT:ia käyttäen. Erityisesti suuri määrä vääriä positiivisia ja vääriä negatiivisia testituloksia heikentävät ImPACT:in käyttökelpoisuutta. Nämä tekijät huomioiden tutkijat suosittelevat ImPACT:in yhteydessä testattavan jollain lailla ainakin potilaan tasapaino ja okulomotoriset funktiot. Myös potilaan oireiden lukumäärä ja vakavuus tulisi nekin huomioida. Toisaalta jopa koko testin käyttö aivotärähdyshäiriödiagnostiikassa on perusteltua kyseenalaistaa. (Alsalaheen ym. 2017, 249.)

Kypärään tai hammassuojaan kiinnitetyillä kiihtyvyyssantureilla mitattuna aivotärähdykseen yhdistyvä mediaanihuippuarvo lineaarisessa pään kiihtyvyydessä oli 98.68 g (vaihteluväli 82.36–115.00 g) ja aivotärähdykseen

yhdistyvä mediaani huippuarvo rotationaalisessa pään kiihtyvyydessä oli  $5776.6 \text{ rad/s}^2$  (vaihteluväli  $4583.53\text{--}6969.67 \text{ rad/s}^2$ ). Nämä arvot eivät kuitenkaan edusta raja-arvoja aivotärähdykselle, ja niiden diagnostinen hyöty jää vähäiseksi. Vamman voi saada reilusti edellä kuvattua pienemmästä iskusta tai vamman voi olla saamatta edellä kuvattua suuremmasta iskusta. Lisäksi tutkimuksessa käsiteltiin lähes yksinomaan high school- ja collegeikäisiä amerikkalaisia jalkapalloilijoita, joten tulosten yleistäminen tämän populaation ulkopuolelle on kyseenalaista. (Brennan ym. 2017, 473–474.)

Urheiluperäisen aivotärähdyksen hoitoa käsitteli kolme lähdetutkimusta. Näistä kaksi tutki aerobisen harjoittelun vaikutusta aivotärähdyksen paranemiseen nuorilla urheilijoilla ja yksi virtuaalitodellisuuden hyödyntämismahdollisuuksia aivotärähdyksen kuntoutuksessa. Vaikuttaisi siltä, että aerobinen harjoittelu on hyödyksi aivotärähdyksen kuntoutuksessa lepoon, "tavanomaiseen hoitoon" tai venyttelyyn verrattuna. Aerobista harjoittelua tehneet paranivat nopeammin ja heillä oli vähemmän oireita verrokkeihin verrattuna, kun mittarina käytettiin PCSS-oirekyselyä. Kun mittarina käytettiin sähköistä ImPACT-työkalua, ei erilaista kuntoutusta tehneiden ryhmien välillä havaittu eroa paranemisessa. (Shen ym. 2021, 24–25; Langevin ym. 2020, 2495.) Kuitenkin käytetyn aerobisen harjoittelun intensiteetti oli eri tutkimuksissa kirjava ja optimaalisen intensiteetin määrittäminen on tällöin haastavaa. Virtuaalitodellisuutta ei Felipe ym. (2020, 43) mukaan ole tutkittu osana aivotärähdyksen kuntoutusta urheilussa.

Myös urheiluperäisen aivotärähdyksen lajiin paluuta käsitteli kolme lähdetutkimusta. Kaksi näistä tutki kävelyä ja yksi pyrki selvittämään aivotärähdyksen fysiologista paranemisaikaa. Kävelyä tutkittaessa yleisin tutkimusmenetelmä oli tarkastella muutoksia kävelyssä yhtä tehtävää ja kahta tehtävää suoritettaessa. Yleistä löydöksille oli, että aivotärähdyksen saaneilla erot kävelyssä näkyivät pidempään kuin terveillä verrokeilla sekä pidempään, kuin kliinisen toipumisen on ajateltu kestävän. Koska urheilussa urheilijan täytyy pystyä suoriutumaan useammasta kuin yhdestä asiasta yhtä aikaa, kahden tehtävän käyttö voisi tukea lajiin paluun arviointia (Büttner ym. 2019, 7, 9). Kuitenkin lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan (Grants ym. 2019, 1020).

Fysiologista toipumista urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen on yritetty mitata usealla eri menetelmällä. Kamins ym (2017) tarkastelivat tutkimuksessaan, voisiko aivojen verenkiertoa, aivojen elektrofysiologisia muutoksia, sydämen sykettä sekä transkraniaalista magneettistimulaationia hyödyntää arvioitaessa urheilijan valmiutta palata lajiin. Näistä tehtävät johtopäätökset ovat kuitenkin ristiriitaisia eikä niiden perusteella voi vielä määrittellä, kauanko aivotärähdyksen fysiologinen toipuminen vie. Lisätutkimusta aiheesta tarvitaan.

## 7.2 Luotettavuuden arviointi

Tämän opinnäytetyön luotettavuuteen vaikuttivat ensisijaisesti sen lähteiden määrä ja laatu. Lähdeaineisto oli melko heterogeenistä mitä tulee tutkittavien ikään, vamman tuoreuteen, urheilulajiin, sarjatasoon, vamman diagnosoineeseen tahoon ja diagnosointimenetelmiin. Yksi suuri kysymysmerkki kaikissa lähdetutkimuksissa oli, miten aivotärähdyspotilas oli todettu terveeksi. Useassa tutkimuksessa tutkittiin aivotärähdyksen toipumisaikaa ja paranemisen kriteerinä käytettiin yleensä lajiin paluuta. Kuitenkaan lajiin paluun kriteerejä ei ollut tarkennettu.

Aivotärähdyksen määritelmä oli tutkimuksissa kaikissa pitkälti saman suuntainen, mutta aina vammaa ei ollut määritelty. Eroavaisuuksia tutkimusten välillä oli paljon myös akuutin aivotärähdyksen määrittelyssä, esimerkiksi Asken ym. määritteli akuutin alle 2–3 viikkoa vammasta, kun taas esimerkiksi Hellewell ym. mukaan aivotärähdys ei olisi akuutti enää 48 tunnin jälkeen. Ylipäätään akuutti ja krooninen, jopa vuosia oireillut aivotärähdys oli monessa tutkimuksessa samanarvoinen tai vammasta kulunutta aikaa ei ollut mainittu. Kuten edellä on todettu, monien diagnostisten testien luotettavuus kärsii rajusti, mitä pidempi aika vamman ja testauksen välillä on.

Alun perin tässä opinnäytetyössä haluttiin tutkia ainoastaan aikuisurheilijoita. Kuitenkin ensimmäisten hakujen jälkeen huomattiin, ettei ainoastaan täysikäisiä koehenkilöitä sisältäneitä, aivotärähdystä käsitelleitä systemaattisia kirjallisuuskatsauksia tai meta-analyysejä ollut kuin vähän, joten ikärajaus

muutettiin. Myös ikähaitarin toisen pään osuus nousi odotettua korkeammalle eläköityneiden urheilijoiden myötä. Näin ollen tutkittavien ikähaarukka oli paljon odotettua suurempi. Toki ylivoimaisesti suurin osa tutkittavista oli high school- tai college-ikäisiä urheilijoita, ja saadut tulokset siten varmasti parhaiten sovellettavissa tähän ikäryhmään. DTI-tutkimuksissa ikärajaus oli yleisesti tiukempi, koska mahdolliset degeneratiiviset muutokset haluttiin poissulkea.

Koska aivotärähdyksiä tutkitaan tällä hetkellä paljon ja uusi tieto korvaa vanhan valtavaa vauhtia, haluttiin tähän opinnäytetyöhön vain kaikkein tuorein tieto. Sisäänottokriteeriksi asetettiin siten tutkimuksen julkaisuvuosi, jonka tuli olla väliltä 2016–2020. Oletettavasti tämän, melko tiukan aikarajauksen vuoksi sisäänottokriteerit täyttivät paljon uusia innovaatioita ja uutta teknologiaa käsitelleitä tutkimuksia niin sanottujen perusasioiden jäädessä vähemmälle huomiolle. Valitettavasti näin tuoreet teknologiat vaativat vielä lisää tutkimusta, ennen kuin niiden hyödyistä voidaan tehdä lopullisia johtopäätöksiä. Tiukka aikarajaus myös lisää tässä työssä julkaisuharhan riskiä, samoin kuin pelkkien englanninkielisten tutkimusten mukaanotto lisää kieliharhan riskiä.

Tätä opinnäytetyötä oli tekemässä kaksi tekijää ja tietokantoja käytettiin useita, mikä lisää luotettavuutta. Myös toteutettu tiedonhaku lähdetutkimusten lähdeluetteloista lisää luotettavuutta. Opinnäytetyön tekijät myös hyödynsivät opponenteja ja opinnäytetyön ohjausta sekä hakivat palautetta aktiivisesti. Tutkimuskysymykset olivat selkeät ja tutkimustulokset esitettiin objektiivisesti ja niitä vääristelemättä. Lähdetutkimusten laatua arvioivan JBI-kriteeristön viitearvojen puuttuessa viitearvot jouduttiin määrittämään itse. Tämä luonnollisesti heikentää työn luotettavuutta. Kuitenkin lähdetutkimusten laatua arvioivaa työkalua ylipäättään käytettiin, mikä taas lisää luotettavuutta.

### **7.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet**

Tämä opinnäytetyö paisui lopulta paljon aiottua laajemmaksi ja ensimmäinen jatkotutkimusehdotus olisikin pilkkoa tämä opinnäytetyö pienempiin kokonaisuuksiin. Olisi järkevämpää ottaa tämän opinnäytetyön tutkimuskysymyksistä yksi ja tehdä siitä haku pidemmällä aikarajauksella ja

useammalla hakutermillä. Mielenkiintoista olisi myös tutkia aivotärähdyksiä, niiden esiintyvyyttä, vammamekanismia ja hoitoprotokollia yhteen lajiin syventyen. Tämän opinnäytetyön teoreettisessa viitekehyksessä käytiin melko pinnallisesti läpi monta asiakokonaisuutta, jotka olisivat riittävän laajoja oman tutkimuksensa aiheeksi.

Kuten edellä on todettu, kasvuikäisten aivotärähdykset nykytiedon mukaan poikkeavat aikuisväestön vastaavista vammoista. Kasvuikäisten aivotärähdykset puhuttavat ja ovat tutkimuksen kohteena tällä hetkellä paljon. Ne olisivat myös mielenkiintoinen opinnäytetyön aihe tulevaisuudessa junioriurheilun parissa työskenteleville terapeuteille. Myös sukupuolella vaikuttaisi olevan vaikutusta ja ylivoimainen enemmistö aivotärähdytutkimuksista on toteutettu miesurheilijoilla. Olisikin mielenkiintoista tutkia aivotärähdyksiä nimenomaan naispopulaatiossa.

Aivotärähdyksen fyysisistä oireista ja fyysisestä kuntoutuksesta löytyy paljon tutkimusta, vaikka tämän opinnäytetyön hakukriteerejä täyttäviä tutkimuksia olikin lopulta vähän. Aivotärähdyksen psykologiset vaikutukset vaikuttaisivat olevan vähemmän tutkittu ja siten erittäin mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe.

Tässä opinnäytetyössä urheiluperäisen aivotärähdyksen akuutti hoito jäi valitettavan pinnalliseksi, sillä systemaattisen haku tuotti osumia ainoastaan aivotärähdyksen kuntoutuksen osalta. Esimerkiksi kotimainen Terve urheilija - verkkosivuille on koottu ohjeita aivotärähdyksen akuuttiin hoitoon kentän laidalla ja urheilijan ohjeistukseen akuutin vaiheen aikana. Aivotärähdyksen saanutta urheilijaa kehoitetaan mm. välttämään moottoriajoneuvolla ajamista, alkoholin juomista ja reseptilääkkeiden ottamista ilman lääkärin lupaa. Olisi kuitenkin mielenkiintoista ja hyödyllistä tutkia aihetta syvällisemmin.

#### **7.4 Oma oppiminen**

Opinnäytetyöprosessi oli opinnäytetyön tekijöille haastava, mutta opettavainen. Tieteellisen tekstin lukutaito ja tiedonhakutaidot kehittyivät opinnäytetyöprosessin aikana paljon. Tutkimuksia systemaattisesti lukemalla konkretisoitui se, että pelkän johdannon ja lopputulosten lukeminen ei riitä.



Osassa tutkimuksista tutkimuksen tulokset ja lopputuloksiin kirjatut tulokset eivät vastanneet toisiaan ja yllättävän useassa tutkimuksessa tutkimusjoukossa tai tutkimuksen toteutuksessa oli jotain kyseenalaista. Kyky tarkastella eri tietolähteitä kriittisesti siis kehittyi. Myös tieteellisen tekstin kirjoitustaito ja osaaminen lähdeviitteiden käytössä kehittyivät.

Vähemmän kiireisinä aikoina viimeisen vuoden mittaan opinnäytetyö ei edistynyt, joten kiire tuli loppua kohden. Tämän havaittiin olevan epäedullinen tapa tehdä opinnäytetyötä ja oppimista tapahtui lopulta siis myös ajankäytön suhteen, kantapään kautta.

Tätä pohjaa vasten omaa valmista opinnäytetyötä joutuu katsomaan valitettavan kriittisellä silmällä. Koehakuja olisi pitänyt tehdä enemmän, työ olisi pitänyt rajata ja kohdentaa tarkemmin, sisäänottokriteerit olisi pitänyt valita tiukemmiksi ja sisäänotettavien tutkimusten laadun arvioinnissa huonolaatuiset tutkimukset olisi pitänyt rajata pois. Hakutermejä olisi voinut vielä miettiä ja kokeilla enemmän, ja niitä olisi pitänyt olla ehdottomasti enemmän. Teoreettinen viitekehys olisi voinut olla suppeampi. Tässä työssä se kaikessa kattavuudessaan paisui kuitenkin liikaa. Ehkä joskus vähemmän on enemmän.

## LÄHTEET

- Abrahams, S., Mc Fie, S., Patricios, J., Posthumu, M. & V September, A. 2013. Risk factors for sports concussion: an evidence-based systematic review. *Brittish Journal of Sports Medicine*. 48 (2), 93–96. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2013-092734> [viitattu 9.5.2021].
- Alsalaheen, B., Stockdale, K., Pechumer, D. & Broglio, S. 2016. Measurement error in the Immediate Postconcussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT): Systematic Review. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 31 (4), 242–251. Verkkolehti. Saatavissa: doi: 10.1097/HTR.000000000000175 [viitattu 16.3.2022].
- Andersson, EH., Björklund, R., Emanuelson, I. & Stålhammar, D., 2003. Epidemiology of traumatic brain injury: A population based study in western Sweden. *Acta Neurologica Scandinavica*. 107, 257–258. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0404.2003.00112.x> [viitattu 7.5.2021].
- Asken, B., DeKosky, S., Clugston, J., Jaffee, M. & Bauer, R. 2017. Diffusion tensor imaging (DTI) findings in adult civilian, military, and sport-related mild traumatic brain injury (mTBI): a systematic critical review. *Brain imaging and behavior*. 12, 586–588, 600–604, 606. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s11682-017-9708-9> [viitattu 14.3.2022].
- Barkhoudarian, G., Hovda, D. & Giza, C. 2016. The Molecular Patophysiology of Concussive Brain Injury – an Update. *Physical Medical and Rehabilitation Clinics of North America*. 27, 375–376, 378, 380–382. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2016.01.003> [viitattu 30.3.2021].
- Black, S. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) *Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise*. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 416–428.
- Brennan, J., Mitra, B., Synnot, A., McKenzie, J., Willmott, C., McIntosh, A., Maller, J. & Rosenfeld, J. 2017. Accelerometers for the Assessment of Concussion in Male Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 47 (3), 469–476. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0582-1> [viitattu 5.3.2022].
- Burman, E., Lysholm, J., Shahim, P., Malm, C. & Tegner, Y. 2016. Concussed athletes are more prone to injury both before and after their index concussion: a data base analysis of 699 concussed contact sports athletes. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2 (1), 3–4. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000092> [viitattu 5.9.2021].

Büttner, F., Howell, D., Arden, C., Doherty, C., Blake, C., Ryan, J., Catena, R., Chou, L., Fino, P., Rochefort, C., Sveistrup, H., Parker, T. & Delahunt, E. 2019. Concussed athletes walk slower than non-concussed athletes during cognitive-motor dual-task assessments but not during single-task assessments 2 months after sports concussion: a systematic review and meta-analysis using individual participant data. *British journal of sports medicine*. 0, 1–7. Verkkolehti. Saatavissa: doi:10.1136/bjsports-2018-100164 [viitattu: 7.4.2022].

Clark, M., Asken, M., Marshall, M. & Guskiewicz, M. 2017. Descriptive characters of concussions in national football league games, 2010–2011 to 2013–2014. *The American journal of sports medicine*. 45 (4), 931. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/0363546516677793> [viitattu 30.9.2021].

Clark, M. 2007. Overview of methods. Teoksessa Webb, C. & Roe, B. Reviewing research evidence for nursing practice: systematic reviews. E-kirja. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 17.2.2021].

Collins, C., Flecher, E., Fields, S., Kluchorosky, L., Rohrkemper, M., Comstock, R. & Cantu, R. 2014. Neck strength: A protective factor reducing risk for concussion in high school sports. *The Journal of Primary Prevention*. 35, 313–316. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10935-014-0355-2> [viitattu 23.4.2021].

Concussion in Sport Group. 2017, 3. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://terveurheilija.fi/wp-content/uploads/2019/09/Scat5\\_suomeksi.pdf](https://terveurheilija.fi/wp-content/uploads/2019/09/Scat5_suomeksi.pdf) [viitattu 15.4.2022].

Covassin, T., Moran, R. & Elbin, R. J. 2016. Sex differences in reported concussion injury rates and time loss from participation: an update of the national collegiate athletic association injury surveillance program from 2004–2005 through 2008–2009. *Journal of athletic training*. 51 (3), 193. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.3.05> [viitattu 13.7.2021].

Crossman, A. & Tunstal, R. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 227–237.

Cunningham, J., Broglio, P., O'Grady, M. & Wilson, F. 2020. History of sport-related concussion and long-term clinical cognitive health outcomes in retired athletes: a systematic review. *Journal of Athletic Training*. 55 (2), 149–150. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-297-18> [viitattu 15.11.2021].

Daly, E., Pearce, A. & Ryan, L. 2021. A Systematic Review of Strength and Conditioning Protocols for Improving Neck Strength and Reducing Concussion Incidence and Impact Injury Risk in Collision Sports; Is There Evidence? *Journal of Funktional Morphology and Kinesiology*. 6 (1), 12–13. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/jfmk6010008> [viitattu 23.4.2021].

Daneshvar, D., Nowinski, C., McKee, A. & Cantu, R. 2011. The epidemiology of sport-related concussion. *Clinical Sports Medicine*. 30 (1), 2–6, 8, 10. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.08.006> [viitattu 6.10.2021].

Deakin, N. & Hutchinson, P. 2017. Concussion in motorsport: incidence, awareness and future directions. *Concussion*, 2 (3), 1. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.2217/cnc-2017-0004> [viitattu: 4.10.2021].

Deakin, N., Cronin, T., Trafford, P., Olvey, S., Roberts, I., Mellor, A. & Hutchinson, P. 2017. Concussion in motor sport: A medical literature review end engineering perspective. *Journal of Concussion*. Volume 1:1-11, 1–2. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/2059700217733916> [viitattu 4.10.2021].

Dech, R., Bishop, S. & Neary, J. 2019. Why exercise may be beneficial in concussion rehabilitation: a cellular perspective. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 22, 1090–1094. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.06.007> [viitattu 30.3.2021].

Dixon, K. 2017. Pathophysiology of traumatic brain injury. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 28 (3), 3. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2016.12.001> [viitattu 12.5.2021].

Echemendia, R., Broglio, S., Davis, G., Guskiewisch, K., Hayden, A., Leddy, J., Meehan, W., Putukian, M., Sullivan, J., Schneider, K. & McCrory, P. 2017. What tests and measures should be added to the SCAT3 and related tests to improve their reliability, sensitivity and/or specificity in sideline concussion diagnosis? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 51 (11), 897, 899. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097466> [viitattu 25.10.2021].

Elkington, L., Manzanero, S. & Hughes, D. 2019. Concussion in sport Australia. Australian institute of sport. Position statement. PDF-dokumentti. Julkaistu 2.2019. Saatavissa: [https://www.sportaus.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/683501/February\\_2019\\_-\\_Concussion\\_Position\\_Statement\\_AC.pdf](https://www.sportaus.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/683501/February_2019_-_Concussion_Position_Statement_AC.pdf) [viitattu 30.3.2021].

Elliott, J., Anderson, R., Collins, S. & Heron, N. 2019. Sports-related concussion (SRC) assessment in road cycling: a systematic review and call to action. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 5, 3. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000525> [viitattu 30.3.2022].

Elomaa, L & Mikkola, H. 2008. Näytön jäljillä: Tiedonhaku näyttöön perustuvassa hoitotyössä. 4. painos. Turku: Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 12.

Emery, C., Black, A., Kolstad, A., Martinez, G., Nettel-Aguirre, A., Engebretsen, L., Johnston, K., Kissick, J., Maddocks, D., Tator, C., Aubry, M., Dvorak, J., Nagahiro, S. & Schneider, K. 2017. What strategies can be used to effectively reduce the risk of concussion in sport? *British Journal of Sports Medicine*. 51 (12), 4–5. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097452> [viitattu 30.3.2021].

Feddermann-Demont, N., Echemendia, R., Schneider, K., Solomon, G., Hayden, A., Turner, M., Dvořák, J., Straumann, D. & Tarnutzer, A. 2017. What domains of clinical function should be assessed after sport-related concussion? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 51 (11), 903–905, 914–915, 917–919. Verkkolehti. Saatavissa <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097403> [viitattu 16.3.2022].

Felippe, L. & Hunnicutt, S. 2020. Virtual Reality as a Vestibular Rehabilitation tool for Athletes after Concussion: A literature review. *Advances in Rehabilitation* 34(2), 42–43, 46. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.5114/areh.2020.94735> [viitattu 24.2.2022].

FIFA to trial concussion substitutes at FIFA Club World Cup. 2021.FIFA. WWW-uutinen. Päivitetty 8.1.2021. Saatavissa: <https://www.fifa.com/clubworldcup/news/fifa-to-trial-concussion-substitutes-at-fifa-club-world-cuptm> [viitattu 6.3.2021].

Finch, C., Clapperton, A. & McCrory, P. 2013. Increasing incidence of hospitalisation for sport-related concussion in Victoria, Australia. *The medical journal of Australia*. 198 (8), 1–3. Saatavissa: <https://doi.org/10.5694/mja12.11217> [viitattu 4.10.2021].

Finnoff, J., Jelsing, E. & Smith, J. 2011. Biomarkers, Genetics, and Risk Factors for Concussion. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*. 3, 455–456. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.07.014> [viitattu 11.5.2021].

Furness, D. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) *Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise*. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 641–657.

Gleeson, M. & Tunstal, R. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) *Gray's*

Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK 404–415.

Giza, C., Greco, T. & Prins, M. 2018. Concussion: pathophysiology and clinical translation. Handbook of clinical neurology. Vol. 158. Elsevier.

Gordon, E. K & Kuhle, S. 2018. 'Reported concussion' time trends within two national health surveys over two decades. *Brain Injury*. 3, 5. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1463105> [viitattu 27.4.2021].

Grants, L., Powell, B., Gessel, C., Hiser, F. & Hassen, A. 2017. Gait deficits under dual – task conditions in the concussed adolescent and young athlete population: A systematic review. *The international Journal of Sports Physical Therapy*. 12 (7), 1012–1026, 1018–1019. Saatavissa: <https://doi.org/10.26603/ijsp20171011> [viitattu: 6.4.2022].

Greenhill, D., Navo, P., Zhao, H., Torg, J., Comstock, D. & Boden, B. 2016. Inadequate helmet fit increases concussion severity in American high school football players. *Sports health*. 8 (3), 239. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/1941738116639027> [viitattu 9.9.2021].

Griffiths, P. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) *Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise*. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 280–290.

Heilbronner, R., Bush, S., Ravdin, L., Barth, J., Iverson, G., Ruff, R., Lovell, M., Barr, W., Echemendia, R. & Broshek, D. 2009. Neuropsychological consequences of boxing and recommendations to improve safety: a National Academy of neuropsychology education paper. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 24 (1), 12, 14–15. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1093/arclin/acp005> [viitattu 1.10.2021].

Heines, D. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) *Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise*. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 309–330.

Hellewell, S., Nguyen, V., Jayasena, R., Welton, T. & Grieve, S. 2020. Characteristic patterns of white matter tract injury in sport-related concussion: An image based meta-analysis. *Neuroimage: Clinical*. 26, 2–7. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102253> [viitattu 16.3.2022].

Herring, S., Kibler, B., Putukian, M., Solomon, G., Boyajian-O'Neil, L., Dek, K., Franks, R., Indelicato, P., LaBella, C., Leddy, J., Matuszak, J., McDonough, B., O'Connor, F. & Sutton, K. 2021. Selected issues in sport-related concussion (SRC/mild traumatic brain injury) for the team physician: a



consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*. 0, 1. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2021-104235> [viitattu 26.10.2021].

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. 15. –16. painos. Hämeenlinna: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Hoitotyön Tutkimussäätiön asettama työryhmä. 2019. JBI: Arviointikriteerit asiantuntijan näkemykselle ja narratiiviselle tekstile. Helsinki: Hoitotyön Tutkimussäätiö. PDF-Dokumentti. Saatavissa: <https://www.hotus.fi/wp-content/uploads/2019/08/jarjestelmallinen-katsaus-kriteerit.pdf> [viitattu 7.10.2021].

Honda, J., Ho Chang, S. & Kim, K. 2018. The effects of vision training, neck musculature strength, and reaction time on concussions in an athletic population. *Journal of exercise rehabilitation*. 14 (5), 707–710. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.12965/jer.1836416.208> [viitattu: 23.4.2021].

Howell, D., Lynall, R., Buckley, R. & Herman, D. 2018. Neuromuscular control deficits and the risk of subsequent injury after concussion: a scoping review. *Sports medicine*. 48 (5), 7, 12–13. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0871-y> [viitattu 26.9.2021].

Hutchison, M., Battista, A., McCoskey, J. & Watlig, S. 2017. Systematic review of mental health measures associated with concussive and subconcussive head trauma in former athletes. *International Journal of Psychophysiology*. 132, 2, 4–6. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.11.006> [viitattu 15.11.2021].

Hänni, S., Vedung, F., Tegner, Y., Marklund, N. & Johansson, J. 2020. Soccer-related concussions among Swedish elite soccer players: a descriptive study of 1,030 players. *Frontiers in neurology*. (11), 5. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.510800> [viitattu 6.10.2021].

Hänninen, T. 2017. The Sport Concussion Assessment Tool in the Management of Concussion in Professional Ice Hockey. Lääketieteen ja biotieteiden tiedekunta. Tampereen Yliopisto. Väitöstyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/102151> [viitattu 11.5.2021].

Iverson, G., Gardner, A., Terry, D., Ponsford, J., Sills, A., Broshek, D. & Solomon, G. 2017. Predictors of clinical recovery from concussion: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 51, 941–948. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2017-097729> [viitattu: 12.11.2021].

Iverson, G., Williams, M., Gardner, A. & Terry, D. 2020. Systematic Review of Preinjury Mental Health Problems as a Vulnerability Factor for Worse Outcome After Sport-Related Concussion. *The Orthopaedic Journal of Sports*

*Medicine*. 8, 10. Verkkolehti. Saatavissa:

<https://doi.org/10.1177/2325967120950682> [viitattu 12.11.2021].

Johansson, K. 2007. Kirjallisuuskatsaukset – Huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Teoksessa: Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, R-L. (toim.). Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turku: University of Turku, Department of Nursing Science, 7.

Johnson, V., Stewart, W. & Smith, D. 2013. Axonal pathology in traumatic brain injury. *Experimental Neurology*. 246, 37. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2012.01.013> [viitattu 10.4.2021].

Kamins, J., Bigler, E., Covassin, T., Henry, L., Kemp, S., Leddy, J., Mayer, A., McCrea, M., Prins, M., Schneider, K., McLeod, T., Zemek, R. & Giza, C. 2017. What is the physiological time to recovery after concussion? A systematic review. *British journal of sport medicine*. 5, 2–5. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097464> [viitattu: 8.4.2022].

Kettenmann, H. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) *Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise*. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 42–67.

Kerr, Z., Hayden, R., Dompier, T. & Cohen, R. 2015. Association of Equipment Worn and Concussion Injury Rates in National Collegiate Athletic Association Football Practices. *The American Journal Of Sports Medicine*. 43 (5), 1137–1140. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/0363546515570622> [viitattu 6.3.2021].

Knapik, J., Hoedebecke, B., Rogers, G., Sharp, M. & Marshall, S. 2019. Effectiveness of Mouthguards for the Prevention of Orofacial Injuries and Concussions in Sport: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 49, 1217–1232. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01121-w> [viitattu 30.3.2021]

Koskinen, S. & Alaranta, H. 2008. Traumatic injury in Finland 1991–2005: A nationwide register of hospitalized and fatal TBI. *Brain injury*. 22 (3), 205, 207–208. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/02699050801938975> [viitattu 4.5.2021].

Kuhn, A. & Solomon, G. 2015. Concussion in the National Hockey League: a systematic review of the literature. *Concussion*, vol. 1, NO. 1, 2–5. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.2217/cnc.15.1> [viitattu: 29.09.2021].

Langevin, P., Frémont, P., Fait, P., Dubé, M-O., Bertrand-Charette, M. & Roy, J-S. 2020. Aerobic Exercise for Sport-related Concussion: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 54 (12),



2495–2496. Verkkolehti. Saatavissa:

<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002402> [viitattu 24.2.2022].

Leitner, L., El-Shabrawi, J., Bratschitsch, G., Eibinger, N., Klim, S., Leithner, A. & Puchwein, P. 2021. Risk adapted diagnostics and hospitalization following mild traumatic brain injury. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 141 (4), 619. Verkkolehti. Saatavissa:

<https://doi.org/10.1007/s00402-020-03545-w> [viitattu 7.10.2021].

Lin, C., Casey, E., Herman, D., Katz, N. & Tenforde, A. 2018. Sex differences in common sports injuries. *PM & R: the journal of injury, funktion and rehabilitation*. 10 (10), 1079–1080. Verkkolehti. Saatavissa:

<https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.03.008> [viitattu 13.7.2021].

Lindsberg, P. & Soinila, S. 2001. Neurologiset oireet ja sairaudet. Teoksessa: Soinila, S., Kaste, M., Launes, J. & Somer, H. (toim.) 2001. *Neurologia*. 1.painos. Duodecim, 131.

Maher, M., Hutchison, M., Cusimano, M., Comper, P. & Schweizer, T. 2014. Concussion and heading in soccer: A review of the evidence of incidence, mechanisms, biomarkers and neurocognitive outcomes. *Brain injury*. 28 (3), 274. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3109/02699052.2013.865269> [viitattu 4.5.2021].

Manley, G., Gardner, A., Schneider, K., Guskiewicz, K., Bailes, J., Cantu, R., Castellani, R., Turner, M., Jordan, B., Randolph, C., Dvořák, J., Hayden, K. A., Tator, C., McCrory, P. & Iverson, G. 2017. A systematic review of potential long-term effects of sport-related concussion. *British Journal of Sports Medicine*. 51, 675. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2017-097791> [viitattu 15.11.2021].

McAllister, T. & McCrea, M. 2017. Long-term cognitive and neuropsychiatric consequences of repetitive concussion and head-impact exposure. *Journal of Athletic Training*. 52 (3), 309–310, 312–313. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.1.14> [viitattu 15.11.2021].

McCrory, P., Feddermann-Demont, N., Dvořák, J., Cassidy, J., McIntosh, A., Vos, P., Echemendia, R., Meeuwisse, W. & Tarnutzer, A. 2017. What is the definition of sports-related concussion: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 51, 878. Verkkolehti. Saatavissa:

<http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097393> [viitattu 10.4.2021].

McCrory, P., Makdissi, M., Davis, G. & Turner, M. 2017. Sports Concussion. Teoksessa Brukner, P., Clarsen, B., Cook, J., Cools, A., Crossley, K., Hutchinson, M., McCrory, P., Bahr, R. & Khan, K. *Clinical Sports Medicine: Volume 1 Injuries*. 5th edition. Australia. Mc Graw Hill Education.

McCrory, P., Meeuwisse, W., Drovak, J., Aubry, M., Bailes, J., Broglio, S., Cantu, R., Cassidy, D., Echemendia, R., Castellani, R., Davis, G., Ellenbogen, R., Emery, C., Engebretsen, L., Feddermann-Demont, N., Giza, C., Guskiewicz, K., Herring, S., Iverson, G., Johnston, K., Kissick, J., Kutcher, J., Leddy, J., Maddocks, D., Makdissi, M., Manley, G., McCrea, M., Meehan, W., Nagahiro, S., Patricios, J., Putukian, M., Schneider, K., Sills, A., Tator, C., Turner, M. & Vos, P. 2017. Consensus statement in concussion in sport –the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, october 2016. *British Journal of Sports Medicine*. 0, 2,8. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2017-097699> [viitattu 30.3.2021].

McNeel, C., Clark, G., Davies, C., Major, B. & Lum, J. 2020. Concussion incidence and time-loss in Australian football: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 23 (2), 130. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.10.010> [viitattu 6.10.2021].

McPherson, A., Nagai, T., Webster, K. & Hewett, T. 2018. Musculoskeletal injury risk after sport-related concussion: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*. 47 (7), 2, 5–6. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/0363546518785901> [viitattu 19.8.2021].

Meier, T., Bellgowan, P., Singh, R., Kuplicki, R., Polanski, D. & Mayer, A. 2015. Recovery of cerebral blood flow following sports-related concussion. *JAMA Neurology*. 72 (5), 534, 536. Verkkolehti. Saatavissa: doi:10.1001/jamaneurol.2014.4778 [viitattu 10.4.2021].

Meyer, J., Bartolomei, C., Sauer, A., Sajatovic, M. & Bailey, C. 2020. The relationship between fluid biomarkers and clinical outcomes in sports-related concussion: a systematic review. *Brain injury*. 34 (11), 1–5, 9. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/02699052.2020.1802780> [viitattu 3.4.2022].

Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä. Metodologia -sarja 1. 2. painos. Helsinki: International Methelp Ky.

Navarro, R. 2011. Protective Equipment and the Prevention of Concussion – What Is the Evidence? *American College of Sports Medicine*. 10 (1), 28–30. Verkkolehti. Saatavissa: doi: 10.1249/JSR.0b013e318205e072 [viitattu 6.3.2021].

Nguyen, R., Fiest, K. M., McChesney, J., Kwon, C.-S., Jette, N., Frolkis, A. D. & Gallagher, C. 2016. The International Incidence of Traumatic Brain Injury. *Canadian Journal of Neurological Sciences*. 43 (6), 774. Verkkolehti. Saatavissa: doi:10.1017/cjn.2016.290 [viitattu 12.5.2021].

O’Connell, B., Kelly, Á., Mockler, D., Orešič, M., Denvir, K., Farrell, G., Janigro, D. & Wilson, F. 2018. Use of Blood Biomarkers in the Assessment of

Sports-Related Concussion—A Systematic Review in the Context of Their Biological Significance. *Clinical Journal of Sports Medicine*. 28 (6), 562, 564, 566, 570. Verkkolehti. Saatavissa: doi: 10.1097/JSM.0000000000000478 [viitattu 3.4.2022].

Pellman, E., Powell, J., Viano, D., Casson, I., Tucker, A., Feuer, H. & Robertson, D. 2004. Concussion in professional football: Epidemiological features of game injuries and review of the literature – Part 3. *Neurosurgery*. 54 (1), 84–85. Verkkolehti. Saatavissa: doi: 10.1227/01.neu.0000097267.54786.54. PMID: 14683544. [viitattu 6.5.2021].

Prien, A., Grafe, A., Rössler, R., Junge, A. & Verhagen, E. 2018. Epidemiology of head injuries focusing on concussions in team contact sports: a systematic review. *Sports medicine*. 48, 957, 965. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0854-4> [viitattu 13.7.2021].

Pudas-Tähkä, S-M. & Axelin, A. 2007. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen aiheen rajaus, hakutermit ja abstraktien arviointi. Teoksessa: Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, R-L. (toim.). Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turku: University of Turku, Department of Nursing Science, 46–50.

Putukian, M. 2017. Clinical Evaluation of the Concussed Athlete: A View From the Sideline. *Journal of Athletic Training*. 52 (3), 236–237, 240–241. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.1.08> [viitattu 2.3.2022].

Ramkumar, P., Navarro, S., Haeberle, H., Luu, B., Jang, A., Frangiamore, S., Farrow, L., Schickendants, M. & Riley, W. 2019. Comparison in American versus European professional soccer: a decade-long comparative analysis of incidence, return to play, performance, and longevity. *The American journal of sports medicine*. 47 (10), 3–4. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/0363546519859542> [viitattu 6.10.2021].

Reneker, J., Babl, R. & Flowers, M. 2019. History of concussion and risk of subsequent injury in athletes and service members: A systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal science and practice*. 42, 182. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2019.04.004> [viitattu 9.9.2021].

Resch, J., Rach, A., Walton, S. & Broshek, D. 2017. Sport concussion and the female athlete. *Clinical sports medicine*. 36, 719–720, 724. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.05.002> [viitattu 13.7.2021].

Ribas, G. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 373–403.

- Rice, S., Parker, A., Rosenbaum, S., Bailey, A., Mawren, D. & Purcell, R. 2018. Sports-related concussion and mental health outcomes in elite athletes: a systematic review. *Sports Medicine*. 48 (2), 458–460. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0810-3> [viitattu 15.11.2021].
- Riemann, B. & Lephart, S. 2002. The sensorimotor system, Part I: the physiological basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training*. 37 (1), 73. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164311/> [viitattu 29.9.2021].
- Sand, O., V.Sjaastad, Ø., Haug, E. & Bjålie, J. 2011. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Helsinki. WSOYpro Oy. 104–145, 148–178.
- Schneider, D., Grandhi, R., Bansal, P., Kuntz, G., Webster, K., Logan, K., Foss, K. & Myer, G. 2016. Current state of concussion prevention strategies: a systematic review and meta-analysis of prospective, controlled studies. *British Journal of Sports Medicine*. 0, 4–10. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-095645> [viitattu 30.3.2021].
- Shen, X., Gao, B., Wang, Z., Yang, Y., Chen, Z., Yu, L. & Wang, Z. 2021. Julkaistu verkossa 2020. Therapeutic Effect of Aerobic Exercise for Adolescents After Mild Traumatic Brain Injury and Sport-Related Concussion: A Meta-Analysis from Randomized Controlled Trials. *World Neurosurgery*. 146. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.09.143> [viitattu 24.2.2022].
- Soinila, S. 2001. Normaali hermosto. Teoksessa: Soinila, S., Kaste, M., Launes, J. & Somer, H. (toim.) 2001. *Neurologia*. 1.painos. Helsinki. Duodecim, 13–48.
- Springpork, J. & Juhler, M. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) *Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise*. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 271–279.
- Straus, I., Lipsman, N. & Lozano, A. 2016. Teoksessa Standring, S., Anand, N., Birch, R., Collins, P., Crossman, A., Gleeson, M., Jawaheer, G., Smith, A., Spratt, J., Stringer, M., Tubbs, S., Tunstall, R., Wein, A. & Wigley, C. (toim.) *Gray's Anatomy – The Anatomical Basis of Clinical Practise*. 41<sup>st</sup> edition. Lontoo UK, 350–363.
- Taylor, D. N. & Wynd. 2018. Survey of chiropractic clinicians on self-reported knowledge and recognition of concussion injuries. *Chiropractic & manual therapies*. 3–4. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1186/s12998-018-0186-y> [viitattu 12.5.2021].

Theadom, A., Mahon, S., Hume, P., Starkey, N., Barker-Collo, S., Jones, K., Majdan, M. & Feigin, V. 2020. Incidence of sports-related traumatic brain injury in all severities: a systematic review. *Neuroepidemiology*. 54, 193,197. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1159/000505424> [viitattu 23.9.2021].

Tuominen, M., Hänninen, T., Parkkari, J., Stuart, MJ., Luoto, T., Kannus, P. & Aubry, M. 2017. Concussion in the interantional ice hockey World Championships and Olympic Winter Games between 2006 and 2015. *Brittish Journal of Sports Medicine*. 51 (4), 247. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097119> [viitattu 6.3.2021].

Vilkkä, H. 2007. Tutki ja kehitä. 1.-2. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Voss, J., Connolly, J., Schwab, K. & Scher, A. 2015. Update on the epidemiology of concussion/mild traumatic brain injury. *Current pain and headache reports*. 19, 1–4. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s11916-015-0506-z> [viitattu 4.5.2021].

Wang, y., Nelson, L., LaRoche, A., Pfaller, A., Nencka, A., Koch, K. & McCrea, M. 2016. Cerebral blood flow alterations in acute sport-related concussion. *Journal of Neurotrauma*. 33, 1230–1232. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4072> [viitattu 10.4.2021].

Winkler, E., Yue, J., Burke, J., Chan, A., Dhall, S., Berger, M., Manley, G. & Tarapore, P. 2016. Adult sports-related traumatic brain injury in United States trauma centers. *Neurosurgical focus*. 40 (4), 6. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3171/2016.1.FOCUS15613> [viitattu 22.9.2021].

Zazryn, T., McCrory, P. & Cameron, P. 2009, Injury rates and risk factors in competitive boxing. *Clinical Journal of Sports Medicine*. 19 (1), 21–22. Verkkolehti. Saatavissa: DOI: [10.1097/JSM.0b013e31818f1582](https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31818f1582) [viitattu 1.10.2021].

Zazryn, t., Finch, C.& McCrory, P. 2003. A 16 year study of injuries to professional kickboxers in the state of Victoria, Australia. *Brittish Journal of Spoerts Medicine*. 37, 450. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.37.4.321> [viitattu 30.9.2021].

## TUTKIMUSTAULUKKO

Tekijät ja julkaisuvuosi	Tutkimuksen nimi	Otos	Tutkimusmenetelmät	Keskeiset tulokset	JB1
Alsalaheen, B., Stockdale, K., Pechumer, D. & Broglio, S. 2015.	Measurement Error in the Immediate Postconcussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT): Systematic Review.	10 tutkimusta, joissa osallistujamäärä 25–396 college-high school ikäisiä urheilijoita.	ImPACTia käytetty vähintään 2 kertaa, ilman että koehenkilö on kärsinyt aivotärähdystä. Testien väli 24h - 2 vuotta.	ImPACTin uudelleenarvioinnin luotettavuus on heikko-keskiverto riippumatta testausten välistä.	JB1 9/11
Asken, B., DeKosky, S., Clugston, J., Jaffee, M. & Bauer, M. 2017.	Diffusion tensor imaging (DTI) findings in adult civilian, military, and sport-related mild traumatic brain injury (mTBI): a systematic critical review	86 tutkimusta. Yli 18 vuotiaita. 25 tutkimusta sportista. 4 tutki akuuttia vammaa, 7 subakuuttia/kroonista, 5 historiaa aivotärähdyksistä (eläköityneitä "tärähdyks" urheilijoita), 9 toistuvia tärähdyksiä.	Diffuusio tensor kuvantamis tutkimusten löytämät rakenteelliset muutokset mTBI jälkeen aikuisilla, sotilailla ja urheilijoilla.	DTI on sensitiivinen monenlaisille diffuusio arvoille, mutta ei kovin specifii klinisellä arvoillaan.	JB1 7/11
Brennan, J., Mitra, B., Synnot, A., McKenzie, J., Willmott, C., McIntosh, A., Maller, J. & Rosenfeld, J. 2016.	Accelerometers for the Assessment of Concussion in Male Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis	13 prospektiivista kohorttitutkimusta joissa 3074 osallistujaa joista kaikki miehiä. Valtaosa käsittelee amerikkalaisen jalkapallon pelaajia college/jalpai high school ikäisiä, 2 sisälisi myös jääkiekkopelaajia ja yksi myös amatööri rugby pelaajia.	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Meta-analyysi pääliniarista kihtyvyydestä ja siihen kohdistuneista rotaatiovoimista.	Pään iskujen aiheuttamien liikkeiden mittauksen on osoitettu helpottavan arviointia päähän kohdistuvien voimien suuruudesta, kun urheilijalle epäillään aivotärähdystä. Tuloksia ei kuitenkaan voida käyttää diagnoosityökaluna tai sen apuna, koska raja-arvojen määrittäminen on vaikeaa ja aivotärähdyks kostoostu muistakin tekijöistä. Pään liikkeiden mittausta voidaan kuitenkin käyttää huomiovälineenä otetaan ko urheilijaa sivuun tarkempaan tarkasteluun .	JB1 10/11
Büttner, F., Howell, D., Arden, C., Doherty, C., Blake, C., Ryan, J., Catena, R., Chou, L., Fino, P., Rochefort, C., Svelstrup, H., Parker, T. & Delahun, E. 2020.	Concussed athletes walk slower than non-concussed athletes during cognitive-motor dual-task assessments but not during single-task assessments 2 months after sports concussion: a systematic review and meta-analysis using individual participant data	26 tutkimusta joista 15 pitkittäistutkimusta ja 11 poikkitaistutkimusta (n=1039). "nuoret" mediaani-ikä 14.9 ±1.9 "aikuiset" mediaani-ikä 21.1±3.1	Vertailtiin urheiluperäisen aivotärähdyksen saaneiden ja kontrollien kävelyä, kun nämä suorittivat saman aikaisesti toista kognitiivista tehtävää.	Urheiluperäisen aivotärähdyksen saaneilla kävelyn liittyviä häiriöitä havaitaan vielä normaaliin kliniseen toipumisaan (7-10 pv) jälkeen. Dual-task arviointi saattaa olla klinisessä hyödyllinen mittari kun arvioidaan vammasta toipumista	JB1 9/11
Elliot, J. Anderson, R., Collins, S. & Heron, N. 2019.	Sports-related concussion (SRC) assessment in road cycling: a systematic review and call to action	2 tutkimusta, joista 1 case-study ja toinen mielipidekirjoitus .	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus maastopyöräilijöiden SRC:n hoidosta.	Ei tarpeeksi tutkimusnäyttöä johtopäätösten tekemiseen.	JB1 8/11
Feddernmann-demont, N., Echemendia, R., Schneider, K., Solomon, C., Hayden, K., Turner, M., Dvorak, J., Straumann, D. & Tamutzer, A. 2017.	What domains of clinical function should be assessed after sport-related concussion? A systematic review	46 tutkimusta, 3284 urheilijaa. Keski-ikä 17.4-vuotta. Mukana olleet urheilulajit olivat amerikkalainen jalkapallo, rugby ja australialainen jalkapallo. Aivotärähdyks diagnosoitiin kentan laidalla.	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus mitä pitäisi kliinisesti tutkia aivotärähdyksen jälkeen ja mikä sen tutkimusnäyttö on. Neurokognitiivisten testien alkumittaukset oli tehty 81.8% tutkimuksissa (sisältään 90.7% kaikista urheilijoista). 25.0% oli myös yhdistetty tasapainoa.	Urheiluperäisen aivotärähdyksen oireet ovat heterogeeniset. Niiden selvittämisessä tulisi aina käyttää standardisoitua kyselylomaketta. Mukana olevien ominaisuuksien ja yleensä tutkittavien ominaisuuksien suhde ei mene tasan. Yleisimmät tutkittavat ominaisuudet ovat neurokognitiiviset tekijät, tasapaino/ryhti sekä oikeiden kuvauk. Vähemmän huomiota saavat vestibulaari, silmien liikkeet, psykologiset ja kaularanka-oireet.	JB1 10/11
Felipe, L. & Hunnicutt, S. 2020	Virtual Reality as Vestibular Rehabilitation tool for Athletes after Concussion: A literature review. 2020.	10 tutkimusta, joissa n= 42–50. Osallistujia ei oltu eritelly tarkemmin.	Haluttiin selvittää virtuaalitodellisuuden käytön vaikutus vestibulaarijärjestelmän kuntoutuksessa aivotärähdyksen jälkeen.	Yksikään tutkimus ei käyttänyt virtuaalitodellisuutta kuntoutuksessa.	JB1 7/11
Grants, L., Powell, B., Gessel, C., Hiser, F. & Hassen, A. 2017	Gait deficits under dual-task conditions in the concussed adolescent and young athlete population: a systematic review	10 tutkimusta, tutkittavien mediaani-ikä 15.3–22.29 vuotta. Osallistujia määrä 10–30.	Tutkimuksessa tarkasteltiin muutoksia kävelyssä dual-task tehtävän aikana aivotärähdyksen jälkeen.	Aivotärähdyksen saaneilla todettiin heikentyneet askelluksen stabiileetti dual-task tehtävän aikana. Aivotärähdyksen saaneilla askelluksen stabiileetti osoitti paranemista vielä jopa 2 kuukauden päästä vammasta.	JB1 9/11
Hellewell, S., Nguyen, V., Jayasena, R., Welton, T. & Grieve, S. 2020	Characteristics patterns of white matter tract injury in sport-related concussion: An image based meta-analysis	8 tutkimusta (n=174 aivotärähdyksipotilasta ja 160 kontrollia) tutkittavien mediaani-ikä 18.0±1.5–55.4±9.3	Tämän kuvaustutkimuksiin perustuvan meta-analysin tarkoitus oli tutkia ja löytää urheiluperäisiin aivotärähdyksiin liittyvistä aivojen valkean aineen vammoista toistuvia kaavoja TBSS tekniikkaa hyödyntäen kuvantamistutkimuksia tulkittaessa.	TBSS on sensitiivinen löytämään muutoksia valkeassa aineessa urheiluperäisen aivotärähdyksen jälkeen. Patologiset muutokset näyttäisivät olevan erilaisia akuutissa sekä kroonisessa aivotärähdyksessä.	JB1 9/11
Kamins, J., Bigler, E., Covassin, T., Henry, L., Kemp, S., Leddy, J., Mayer, A., McCrea, M., Prins, M., Schneider, K., McLeod, T., Zemek, R. & Giza, C.	What is the physiological time to recovery after concussion? A systematic review	80 tutkimusta, 4 770 osallistava iältään 13–42.7-vuotiaita	Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin selvittämään 1. Miten fysiologinen paraneminen ja kliinisten oireiden paraneminen aivotärähdyksipotilla eroavat toisistaan ajallisesti, 2. Pitäisikö aivotärähdyksen jälkeen olla pakollinen, standardoituinen lepojaks. 3. ovatko nykyiset RTP protokollat asianmukaisia kestoltaan ja sisältöltään?	On vahvoja viitteitä että aivotärähdyksen jälkeen fysiologinen paraneminen kestää pidempään kun kliinisten oireiden paraneminen mutta tarkkoja aikamääreitä näille ei olla pystytty määrittämään. Lepojaksion pituuden vammam jälkeen määrittää jatkossakin kliininen tutkimus ja oirekuva luotettavien merkkiaineiden edelleen puuttuessa. Ei ole riittävästi tutkimusdataa jotta voitaisiin tehdä uusia suosituksia RTP protokolliin.	JB1 11/11
Langevin, P., Frémont, P., Falt, P., Dubé, M., Bertrand-Charette, M. & Roy, J. 2020.	Aerobic exercise for sport-related concussion: a systematic review and meta-analysis	7 satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta (n=326) tutkittavien ikä vaihteli 13 ja 17 ikävuoeden välillä	Tutkimuksessa arvioitiin oireiden puhkeamisajan alapuolella toteutettujen aerobisen liikunnan harjoitusohjelmien vaikutusta urheiluperäisen aivotärähdyksen hoidossa.	Aerobisella liikunnalla on selvästi lieventävä vaikutus aivotärähdyksen oireiden kokemiseen ja oireet väistyvät nopeammin. Oireita puhkeamisajan alapuolella toteutetun aerobisen liikunnan ohjelmointi on eduksi toipumiselle urheiluperäisestä aivotärähdyksestä nuorilla aikuisilla.	JB1 11/11
Meyer, J., Bartolomei, C., Sauer, A., Sajatovic, M. & Bailey, C. 2020	The relationship between fluid biomarkers and clinical outcomes in sport-related concussions: a systematic review	15 tutkimusta (n=2094) college ja ammattiuurheilijoita. Osallistujia 6-288.	Tutkimuksessa tutkittiin tieteellisen näytön vahvuutta nestemäisten merkkiaineiden yhteydestä urheiluperäisiin aivotärähdyksiin.	Tällä hetkellä näyttö on riittämätöntä puoltamaan nestemäisten merkkiaineiden ja aivotärähdyksen yhteyttä.	JB1 8/11
O'Connell, B., Kelly, A., Mocker, D., Oresic, M., Denvir, K., Farrell, G., Janigro, & Wilson, F. 2018	Use of blood biomarkers in the assessment of sport-related concussion - A systematic review in the context of their biological significance	26 tutkimusta (n=1145) tutkittavat yli 18 vuotiaita miehiä ja naisia.	Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida tämän hetkistä tieteellistä tietoa veren merkkiaineiden hyödyntämisestä aivotärähdyksen arvioinnissa.	Tällä hetkellä veren merkkiaineilla on hyvin rajallinen rooli aivotärähdyksen arvioinnissa ja hoidossa. S100B vaikutaisi klinisesti olevan lupaavin merkkiaine diagnossissa mieissä.	JB1 10/11

Putukian, M. 2017	Clinical evaluation of the concussed athlete: A view from the sideline	96 systemaattista katsausta, consensus guidelineia ja position statementia. Tutkittavat olivat yli 13 vuotiaita urheilijoita.	Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida tämän hetkistä tieteellistä tietoa, mitä tulee aivotärähdyksen kliiniseen arviointiin "kentän laidalla", sekä arvioinnin herkkyyttä ja tarkkuutta	"Kentän laidalla" tehtävä arviointi on haastavaa vaihtelevan oirekuvan takia ja siksi, koska usein diagnoosi joudutaan tekemään paineisletussa ympäristössä, nopeasti. Kliinikoiden tulisi aloittaa arvio sulkemalla pois kaularangan vammat ja kallonsisäinen verenvuoto. "Kentän laidalla" tehtävään arvioon tulisi sisällyttää arvio urheilijan oirekuvasta, neurologisesta tutkimuksesta johon sisältyy kognitio ja aivohermojen testaus sekä tasapainon arviointi. Uudet, kaseella seuraamista arvioivat testit saattavat antaa lisäinformaatiota. Arvio tulee toistaa useaan kertaan, koska aivotärähdyksen merkit ja oireet saattavat ilmetä viiveellä. Standardoitu arviointi on ensiarvoisen tärkeää, mutta kliininen päättely ja urheilijan tunteminen on usein vielä tärkeämpää.	JBI 6/11
Shen, X., Gao, B., Wang, Z., Yang, Y., Chen, Z. & Wang, Z. 2021	Therapeutic effect of aerobic exercise for adolescents after mild traumatic brain injury and sport-related concussion: A meta-analysis from randomized controlled trials	5 satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta (n=230 aivotärähdyksen saanutta ja 230 kontrollia) tutkittavien ikäjakauma 13–19-vuotiaita ja college ikäisiä.	Tutkimuksessa tutkittiin aerobisen liikunnan vaikutusta urheiluperäisen aivotärähdyksen hoidossa.	"Tavalliseen hoitoon" verrattuna aerobinen liikunta nopeuttaa toipumista aivotärähdyksestä nuorilla aikuisilla. Neurokognitiivisiin oireisiin aerobisella liikunnalla ei kuitenkaan ehkä ole yhtä positiivista vaikutusta.	JBI 10/11



## JBI LAADUNARVIOINTILOMAKE



29.11.2018

## JBI: Arviointikriteerit järjestelmälliselle katsaukselle

Tätä tarkistuslistaa käytetään järjestelmällisen katsauksen metodologisen laadun arviointiin. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 11 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on lyhyesti 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).

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

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

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Onko katsauksen kysymys esitetty selvästi ja yksiselitteisesti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ovatko mukaanottokriteerit asianmukaiset verrattuna tutkimuskysymykseen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Onko hakustrategia asianmukainen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ovatko käytetyt tiedonlähteet riittäviä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ovatko tutkimusten laadun arvioinnissa käytetyt kriteerit asianmukaiset?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Onko vähintään kaksi arvioijaa itsenäisesti toteuttanut tutkimusten kriittisen laadun arvioinnin?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Onko tietojen uuttamisvaiheessa käytetty menetelmiä virheiden minimoimiseksi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Onko tutkimustulosten yhdistämisessä käytetty tarkoituksenmukaisia menetelmiä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Onko katsauksessa arvioitu julkaisuharhan todennäköisyyttä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ovatko katsauksessa esitetyt käytännön suositukset linjassa katsauksen tulosten kanssa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ovatko katsauksessa esitetyt jatkotutkimusehdotukset linjassa katsauksen tulosten kanssa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy  Hylkää  Lisätietoja tarvitaan

Kommentteja (mukaan lukien syy hylkäykseen):

---



## SCAT5 ARVIOINTILOMAKE

**SCAT5** <sup>®</sup> **SPORT CONCUSSION ASSESSMENT TOOL – 5. VERSIO**  
 THE CONCUSSION IN SPORT GROUP:N KEHITTÄMÄ AIVOTÄRÄHDYSTEN TUNNISTUSTYÖKALU  
 VAIN TERVEYDENHUOLLON AMMATTILAISTEN KÄYTTÖÖN

yhteistyössä:







**Tiedot:**

Nimi: \_\_\_\_\_

Syntymäaika: \_\_\_\_\_

Osoite: \_\_\_\_\_

Henkilötunnus: \_\_\_\_\_

Testaaja: \_\_\_\_\_

Loukkaantumisen pvm: \_\_\_\_\_ Klo: \_\_\_\_\_

## MIKÄ SCAT5 ON?

SCAT5 on vakioitu työkalu aivotärähdyksen arviointiin. Se on suunniteltu terveydenhuollon ammattilaisten käyttöön<sup>1</sup>. SCAT5-testausta ei voi suorittaa asianmukaisesti alle kymmenessä minuutissa.

Jos et ole lääkäri tai muu terveydenhuollon ammattilainen, käytä SCAT5:n sijaan "Concussion Recognition Tool 5" -työkalua. SCAT5 on tarkoitettu 13-vuotiaiden ja sitä vanhempien urheilijoiden arviointiin. 12-vuotiaiden ja sitä nuorempien lasten arvioinnissa tulee käyttää SCAT5:n sijaan "Child SCAT5" -työkalua.

Ennen kauden alkua tehtävä urheilijan SCAT5 testitulosten perustason määrittäminen ei ole välttämätöntä, mutta perustason tunteminen saattaa helpottaa loukkaantumisen jälkeen tehtävien testien tulosten tulkintaa. Yksityiskohtaiset ohjeet SCAT5:n käyttöön löytyvät sivulta 7. Lue ohjeet huolellisesti läpi ennen kuin aloitat testaamisen. Kunkin testiosion yhteydessä testattavalle suullisesti annettavat toimintaohjeet on kirjoitettu kursivoituna. Ainoa testaamisessa tarvittava apuväline on ajanottoon soveltuva kello.

Tämä työkalu on nykyisessä muodossaan vapaasti kopioitavissa jaettavaksi yksilöille, joukkueille, ryhmille ja organisaatioille. Työkaluun ei saa tehdä minkäänlaisia muutoksia. Sitä ei saa liittää muihin tuotteisiin eikä myydä kaupallisessa tarkoituksessa. Sähköisten versioiden julkaisu, käännökset ja muut muokkaukset työkaluun edellyttävät Concussion in Sport Group:n erillistä lupaa.

## Tunnista ja poista urheilusta

Päähän kohdistuva suora isku tai epäsuoraasti päähän johtuva ulkoinen voima voi aiheuttaa vakavan, jopa henkeä uhkaavan, aivovamman. Mikäli herää epäily yhdestäkin vaiheesta 1 luetelluista "Vaaran merkeistä", tulee aloittaa asianmukaiset ensiaputoimet ja järjestää loukkaantuneelle kiireellinen kuljetus lähimpään sairaalaan.

## Keskeisimmät asiat

- Urheilija, jolla epäillään aivotärähdystä, tulee **VÄLITTÖMÄSTI POISTAA URHEILUSTA**. Terveystieteiden ammattilaisen tulee tutkia hänet ja seurata tilannetta. Urheilija, jolla todetaan aivotärähdyks, ei voi palata takaisin urheiluun vammapäivänä.
- Mikäli herää epäily, että urheilija on saanut aivotärähdyksen, eikä terveydenhuollon ammattilaisista ole välittömästi saatavissa paikalle, tulee urheilija toimittaa asianmukaiseen terveydenhuollon yksikköön kiireellistä arviota varten.
- Urheilijan, jolla epäillään aivotärähdystä, ei tule käyttää alkoholia (eikä muitakaan päihteitä), eikä ajaa moottoriajoneuvolla ennen kuin terveydenhuollon ammattilainen on antanut luvan.
- Aivotärähdyksen merkit ja oireet saattavat kehittyä vasta viiveellä, minkä vuoksi on tärkeää huomioida mahdollinen toistotestauksen tarve aivotärähdyksiä arvioitaessa.
- Aivotärähdyks on kliiniseen arvioon perustuva lääketieteen ammattilaisen tekemä diagnoosi. Aivotärähdyksen toteamisen tai poissulkemisen ei tule perustua ainoastaan SCAT5 tuloksiin. Urheilijalla saattaa olla aivotärähdyks, vaikka hänen SCAT5 tuloksensa olisi "normaali".

## Muista:

Noudata ensiavun perusperiaatteita: estä lisäonnettomuudet, tee hätäilmoitus, avaa ilmatiet, turvaa hengitys ja verenkierto.

Älä yritä siirtää loukkaantunutta urheilijaa (pois lukien ilmateiden turvaamiseen tarvittavat toimet), jos et ole saanut koulutusta kyseiseen toimintaan.

Selkäydinvamman mahdollisuuden huomioiminen on keskeinen osa loukkaantuneen välitöntä (kentällä tapahtuvaa) arviointia.

Älä poista kypärää, tai muutakaan varustetta, loukkaantuneelta urheilijalta, jos et ole saanut koulutusta kyseiseen toimintaan.

## VÄLITÖN / KENTÄLLÄ TAPAHTUVA ARVIOINTI

Alina, jos urheilijan epäillään saaneen aivotärähdyksen, tulee seuraavat välittömään arviointiin kuuluvat vaiheet (1-4) käydä läpi ennen tarkempaa neurokognitiivista arviointia. Välitön arviointi tulee tehdä, jos mahdollista, heti ensiaputoimien jälkeen kentällä/tapahtumapaikalla.

Mikäli päästään kohdistuneen suoran tai epäsuoran iskun jälkeen ilmenee yksikin "Vaaran merkit" tai "Havainnot" kohdissa luettu löydös, tulee urheilija poistaa välittömästi, mutta turvallisesti, urheilusta ja ohjata lääkäriin tai terveydenhuollon ammattilaisen arvioon.

Päästökseen siirtotapasta ja tavasta, jolla loukkaantunut urheilija kuljetetaan tarvittaessa eteenpäin johonkin terveydenhuollon yksikköön, tulee perustua lääkäriin tai muun terveydenhuollon ammattilaisen arvioon.

Jokaisen potilaan kohdalla tajunnantason järjestelmällinen arviointi on tärkeää käyttäen siihen valittua GCS-astelikkaa (Glasgow Coma Scale). Mikäli loukkaantuneen urheilijan tajunnantaso on alentunut, tulee arviointi toistaa seurannan aikana. Maddocksin kysymykset ja kaularangan tutkiminen ovat keskeisiä välittömään arviointiin kuuluvia osioita, mutta näiden vaiheiden toistaminen seurannassa ei ole tarpeen.

### VAIHE 1: VAARAN MERKIT

#### VAARAN MERKIT:

- Niakan alueen kipu tai arkuus
- Kaksosokuvat
- Yli- tai alaraajoissa on voimattomuutta tai pistely/poitetta
- Voimakas tai lisääntyvä päänsärky
- Kohtausoireet tai kouristukset
- Tajunnan menetys
- Tajunnantason heikkeneminen
- Oksentelu
- Lisääntyvä levottomuus, aggressiivisuus tai sekavuus

### VAIHE 2: HAVAINNOT

Havaittu paikan päällä  Havaittu videoilta

Makaaminen liikkumattomana maassa	K	E
Tasapaino / kävely / liikkuehällinen ongelmia: horjtelu, hitaat työläiset liikkeet	K	E
Ongelmia orientaatioon, sekavuutta tai kyvyttömyyttä vastata kysymyksiin esitelmäkatsasti	K	E
Tyhjiä tai laittunutta ketää	K	E
Päävemmän yhteydessä syntynyt laavovamma	K	E

### VAIHE 3: MUISTIN TESTAAMINEN MADDOCKS': KYSYMYKSET

"Orajan alulle nyt muutama kysymys. Kuuntela tarkasti ja vastaa parhaan löytösi mukaan. Ennenkän, kero minulle mitä tapahtui?"

---



---

Merkkaa K oikeasta ja E väärästä vastauksesta		
Millä kentällä pelasimme tänään?	K	E
Monako enä/puolika on maassa?	K	E
Kuka teki tässä ottelussa viimeksi maalin?	K	E
Mitä joukkueita vastaan edellisen pelin oli?	K	E
Voittiko joukkueesi edellisen pelin?	K	E

Huom. Kysymykset voi tarvittaessa soveltaa paremmin lajin sopivat.

Nimi: \_\_\_\_\_  
 Syntymäaika: \_\_\_\_\_  
 Osoite: \_\_\_\_\_  
 Henkilötunnus: \_\_\_\_\_  
 Testaaja: \_\_\_\_\_  
 Testausajankohta (pvm): \_\_\_\_\_

### VAIHE 4: TUTKIMINEN GLASGOW COMA SCALE (GCS)<sup>3</sup>

Arviointin kellonaika			
Arviointin päivämäärä			
<b>Silmien avaaminen (Si)</b>			
Ei vastetta	1	1	1
Kivulla	2	2	2
Puheella	3	3	3
Spontaanisti	4	4	4
<b>Paras puheaste (Pu)</b>			
Ei vastetta	1	1	1
Ääntelyä	2	2	2
Irrellä sanoja	3	3	3
Selkeä	4	4	4
Orientoitunut	5	5	5
<b>Paras liikkeaste (Li)</b>			
Ei vastetta	1	1	1
Skatelo kivulle	2	2	2
Reaktio kivulle	3	3	3
Välittää kipua	4	4	4
Peikallistaa kivun	5	5	5
Noudattaa lahotukale	6	6	6
<b>Glasgow coma scale-pistemäärä (Si + Pu + Li)</b>			

### KAULARANGAN TUTKIMINEN

Kertooko urheilija, että niaka on levoassa kivuton?	K	E
Jos niakassa ei tunnu lepokipua, pyyttykö urheilija liikutamaan kaularankaansa kivuttomasti täydellä liikkajavoudella?	K	E
Ovetko ylä- ja alaraajojen voimat ja tunnukset normaaleja?	K	E

**Mikäli potilaan tajunnantaso ei ole normaali, tulee olettaa, että hänellä on kaularankavamma, kunnes toisin todistetaan.**

## VASTAANOTOLLA / KENTÄN ULKOPUOLELLA TEHTÄVÄ ARVIOINTI

Huomioithan, että neurokognitiivinen arviointi tullee suorittaa häiriöttömässä ympäristössä urheilijan ollessa lepotilassa.

### VAIHE 1: URHEILIJAN TAUSTATIEDOT

Laji / joukkue / koulur: \_\_\_\_\_

Loukkaantumisen päivämäärä / kellonaika: \_\_\_\_\_

Koulutusvuosien määrä: \_\_\_\_\_

Ikä: \_\_\_\_\_

Sukupuoli: M / N / Muu

Kätisyys: vasen / ei kumpikaan / oikea

Kuinka monta aikaisempaa aivotärähdystä urheilijalla on diagnosoitu? \_\_\_\_\_

Koska viimeisin aivotärähdyks on tapahtunut?: \_\_\_\_\_

Kuinka monta päivää toipuminen kesti viimeisimmästä aivotärähdyksestä? (aika loukkaantumispäivästä päivään, jolloin annettu lupa palata täysin normaalisti urheiluun)? \_\_\_\_\_

#### Onko urheilijalla koskaan:

	Kyllä	Ei
Ollut sairaalahoitoa vaatinutta pään vammaa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diagnosoitu / hoidettu migreeniä tai muuta päänsärkysairautta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diagnosoitu oppimisvaikeus / lukihäiriö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diagnosoitu ADHD / tarkkaavaisuushäiriö (ADD)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diagnosoitu masennus, ahdistuneisuus tai muu mielenterveyshäiriö?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Käytössä olevia lääkkeitä? Listaa tähän urheilijan tämän hetkinen lääkitys:

---



---



---



---



---



---

Nimi: \_\_\_\_\_

Syntymäaika: \_\_\_\_\_

Osoite: \_\_\_\_\_

Henkilötunnus: \_\_\_\_\_

Testaaja: \_\_\_\_\_

Testausajankohta (pvm): \_\_\_\_\_

2

### VAIHE 2: OIREIDEN ARVIOINTI

Oireiden arviointilomake annetaan urheilijalle. Häntä pyydetään lukemaan tämä ohjeituslatakatilalleen ja sen jälkeen täyttämään lomake arvioimalla oireensa asteikolla 0-5. Urheilijan perustason määrittämiseksi, hänen tulee arvioida oireitaan sen mukaan, mitä häneen yleensä tuntuu. Vamman jälkeisestä testauksesta urheilija arvioi oireitaan sen mukaan, mitä häneen testauksesta tuntuu.

Kyseessä on:  Perustason määrittäminen  Vamman jälkeinen testi

#### Anna lomake urheilijalle

	Ei lainkaan	Lienää	Kohalalla	Voimakasta			
Päänsärkyä	0	1	2	3	4	5	6
"Paineentunnetta päänäsi"	0	1	2	3	4	5	6
Niiskelisyys	0	1	2	3	4	5	6
Peholvoiminta tai oloaentelu	0	1	2	3	4	5	6
Huumeute	0	1	2	3	4	5	6
Näön hämartyntä	0	1	2	3	4	5	6
Teeepino-ongelmia	0	1	2	3	4	5	6
Veloherkkyttä	0	1	2	3	4	5	6
Meluherkkyttä	0	1	2	3	4	5	6
Kaliki tepehtuu kuin hieatettuna	0	1	2	3	4	5	6
Tuntuu kuin kulkisi "aumussa"	0	1	2	3	4	5	6
"Ei tunnu normaalilla"	0	1	2	3	4	5	6
Keskittymisvelkautale	0	1	2	3	4	5	6
Muutvelkautale	0	1	2	3	4	5	6
Väyymättä tai voimettomuuden tunnetta	0	1	2	3	4	5	6
Sekeruvute	0	1	2	3	4	5	6
Unellisuus	0	1	2	3	4	5	6
Tevelliate tunteeilampi	0	1	2	3	4	5	6
Ärttytyttä	0	1	2	3	4	5	6
Surullisuus	0	1	2	3	4	5	6
Hermotunellisuus tai ahdistunellisuus	0	1	2	3	4	5	6
Nuohemmisvelkautale (mitä miksi tarkoituksellisesti)	0	1	2	3	4	5	6

Oireiden lukumäärä \_\_\_\_\_ / 22

Oireiden voimakkuuden pistemäärä \_\_\_\_\_ / 132

Pehanevite oireet fyysisen suorituksen aikana?  K  E

Pehanevite oireet hankaan suorituksen aikana?  K  E

Millä prosentilla luvulle luvelait tämänhetkistä oloa? normaalit varrettuna, jos 100% tarkoittaa täysin normaalia oloa?

Jos ei 100%, mikä?

---



---

Anna lomake takaisin testaajalle

### VAIHE 3: KOGNITIIVINEN ARVIOINTI

Standardised Assessment of Concussion (SAC)<sup>4</sup>

#### ORIENTAATIO

Mikä kuukausi nyt on?	0	1
Monesko päivä tänään on?	0	1
Mikä viikongipäivä tänään on?	0	1
Mikä vuosi nyt on?	0	1
Peljonko kello on? (suurin tarkkuudella)	0	1
<b>Orientaation pistemäärä</b>	<b>/ 5</b>	

#### LÄHIMUISTI

Lähimuiisti-osiossa voidaan käyttää perinteistä viiden sanan sanalista. Vaihtoehtoisesti voidaan valita käytettäväksi pidempi kymmenen sanan sanalista, jotta saadaan minimoitua listan pituudesta mahdollisesti aiheutuva kattovaikutus. Kaikki kolme testikierrosta tulee suorittaa riippumatta ensimmäisen kierroksen pistemäärästä. Lista tulee luettella nopeudella yksi sana sekunnissa.

Valitse käytettäväksi 5:n VAI 10:n sanan pituista sanalista. Ympyröi listoista (A-I) se, joka valittiin käytettäväksi tällä testauskerralla.

Aion teetate muistaa. Luen alkuille listan sanoja ja pyydän, että sen jälkeen toistat niin monta sanaa kuin muistat missä järjestyksessä istomas. Tästä lähtien nyt samat sanat uudestaan. Toista niin monta sanaa kuin pystyt muistamaan, missä järjestyksessä istomas, vaikka olisitkin jo sanonut sanan edellisemmin.

Lista	Vaihtoehtoiset 5:n sanan listat					Pistemäärä (/ 3)		
	Kiemo 1	Kiemo 2	Kiemo 3					
A	Sormi	Rehe	Pelto	Sitruuna	Kirppu			
B	Kynttilä	Paperi	Sokeri	Leipä	Veunu			
C	Veure	Apine	Tuokau	Aurinko	Reute			
D	Käsi	Omani	Metto	Setula	Kupla			
E	Tekki	Nuoli	Suola	Ville	Kuvi			
F	Seteli	Hunaja	Pelli	Setula	Ankkuri			
<b>Lähimuiistin pistemäärä</b>						<b>/ 15</b>		
<b>Lähimuiistin 3. testikierros saatiin päättyneen kello:</b>								

Lista	Vaihtoehtoiset 10:n sanan listat					Pistemäärä (/ 10)		
	Kiemo 1	Kiemo 2	Kiemo 3					
G	Sormi	Rehe	Pelto	Sitruuna	Kirppu			
	Kynttilä	Paperi	Sokeri	Leipä	Veunu			
H	Veure	Apine	Tuokau	Aurinko	Reute			
	Käsi	Omani	Metto	Setula	Kupla			
I	Tekki	Nuoli	Suola	Ville	Kuvi			
	Seteli	Hunaja	Pelli	Setula	Ankkuri			
<b>Lähimuiistin pistemäärä</b>						<b>/ 20</b>		
<b>Lähimuiistin 3. testikierros saatiin päättyneen kello:</b>								

Nimi: \_\_\_\_\_  
 Syntymäaika: \_\_\_\_\_  
 Osoite: \_\_\_\_\_  
 Henkilötunnus: \_\_\_\_\_  
 Testaaja: \_\_\_\_\_  
 Testausajankohta (pvm): \_\_\_\_\_

### KESKITTYYMINEN

#### NUMEROT TAKAPERIN

Valitse ja ympyröi testissä käytettävä lista (A, B, C, D, E, F). Luettelle numerosarjat nopeudella yksi numero sekunnissa. Etene numerosarjoissa saraketta ylhäältä ALASPÄIN.

Lue nyt numerosarjan. Kun olen lopettanut, toista numerot päinvastaisessa järjestyksessä. Silloin minä annan esimerkiksi 7-1-9, sinun kuuluu sanoa 9-1-7.

Keskitettyä aikaa listat numerosarjoja (ympyröi valittu lista)					
Lista A	Lista B	Lista C			
4-9-2	5-2-6	1-0-2	K	E	0
6-2-9	4-1-5	6-5-8	K	E	1
2-8-1-4	1-7-9-5	6-8-2-1	K	E	0
2-2-7-9	4-9-6-8	2-4-8-1	K	E	1
6-2-9-7-1	4-8-5-2-7	4-9-1-5-3	K	E	0
1-5-2-8-6	6-1-8-0-3	6-8-2-5-1	K	E	1
7-1-8-4-6-2	8-2-1-9-6-4	2-7-6-5-1-9	K	E	0
5-3-9-1-4-8	7-2-4-8-5-6	9-2-8-5-1-4	K	E	1
Lista D	Lista E	Lista F			
7-8-2	2-8-2	2-7-1	K	E	0
9-2-6	5-1-8	4-7-9	K	E	1
4-1-8-3	2-7-9-3	1-8-8-3	K	E	0
9-7-2-2	2-1-6-9	2-9-2-4	K	E	1
1-7-9-2-6	4-1-8-6-9	2-4-7-5-8	K	E	0
4-1-7-5-2	9-4-1-7-5	8-2-9-8-4	K	E	1
2-8-6-8-1-7	6-9-7-2-8-2	5-8-6-2-4-9	K	E	0
8-4-1-9-2-5	4-2-7-9-2-8	2-1-7-8-2-6	K	E	1
<b>Pistemäärä (numerot):</b>					<b>/ 4</b>

### KUUKAUDET KÄÄNNETYSSÄ JÄRJESTYKSESSÄ

Luettelle suomenkieliset kuukaudet käännettynä järjestyksessä. Aloita viimeisestä ja sano Joulukuuta, marraskuuta jne. Voit aloittaa nyt.

Joulu - Marras - Lokk - Syys - Elo - Heinä - Kesä - Touko - Huhti - Maalis - Helm - Tammi	0	1
<b>Pistemäärä (kuukaudet):</b>	<b>/ 1</b>	
<b>Keskittymisen kokonaispistemäärä (numerot 4 kuukaudet)</b>	<b>/ 5</b>	

4

#### VAIHE 4: NEUROLOGINEN ARVIOINTI

Katso yksityiskohtaiset ohjeistukset testien toteutukseen ja arviointiin liittyen sivulta 7.

Pyttykö tutkittava lukemaan ohjeistusteksti (ks. Vaihe 2: Oireiden arviointi) ääneen ja seuramaan ohjeistusta ohjeittain?	K	E
Onko tutkitteven kuulonangan liikerata PASSIIVISESTI tutkitteessa täysi ja kivuton?	K	E
Pyttykö tutkittava katsomaan sivulta sivulle ja yhäältä alas, päältä ja kuuloherkkyys liikuttamatta, niin ettei kalsolekurie provosoitu?	K	E
Suorituskohta tutkittava asemi-näkönäkö koordinaatiotestistä normaalit?	K	E
Suorituskohta tutkittava Tandem-kävely testistä normaalit?	K	E

#### TASAPAINON TUTKIMINEN

##### Modifioitu BESS (mBESS) -tasapainotesti

Kumpi jalka testettiin (ts. ei-hallitseva jalka)  vasen  oikea

Testausalusta (kova lattia, palikat jne.) \_\_\_\_\_

Jalkineet (kangasjalkineet, paljainjaloin, tukien kanssa, taljettuna jne.) \_\_\_\_\_

Aasento	Virheiden määrä
Kahden jalan aasento	/ 10
Yhden jalan aasento (ei-hallitseva jalka)	/ 10
Tandem-aasento (ei-hallitseva jalka takana)	/ 10
<b>Virheet yhteensä</b>	<b>/ 30</b>

Nimi: \_\_\_\_\_  
 Syntymäaika: \_\_\_\_\_  
 Osoite: \_\_\_\_\_  
 Henkilötunnus: \_\_\_\_\_  
 Testaaja: \_\_\_\_\_  
 Testausajankohta (pvm): \_\_\_\_\_

5

#### VAIHE 5: VIIVÄSTYNYT MUISTI:

Viivästynyt muisti testattaessa tulisi olla kulunut 5 minuuttia siitä kun "Lähimulati"-osion viimeinen testikierros on saatu päätökseen. Anna 1 piste kustakin oikeasta vastauksesta.

Mutateko aikaisemmin muutamaa kertaa lukeman/ sanallaten? Luettela niin monta sanaa/ lauseita kuin muistat, missä jätkeä/ kääntä/ tehenne.

Aloitusaika

Kirjaa jokainen oikein muistettu sana. Muistettujen sanojen lukumäärä on yhtä kuin viivästyneen muistin pitämäärä.

Viivästyneen muistin pitämäärä: / 5 tai / 10

6

#### VAIHE 6: PÄÄTELMÄT

Osa-alue	Tutkimuksen pvm & klo:		
Oireiden lukumäärä (maks. 22)			
Oireiden voimakkuus (maks. 132)			
Orientaatio (maks. 5)			
Lähimulati	/ 15 / 30	/ 15 / 30	/ 15 / 30
Keskittyminen (maks. 5)			
Neurologinen tutkimus	Normaali Poikkeava	Normaali Poikkeava	Normaali Poikkeava
Virheet mBESS tasapainotestissä (maks. 30)			
Viivästynyt muisti	/ 5 / 10	/ 5 / 10	/ 5 / 10

Loukkaantumisen pvm ja klo: \_\_\_\_\_

Mikällä tunnet urheilijan vammaa edeltäneiltä ajoilta, havaitsitko jotain normaalia polkkaavaa hänen aikaisempaan verrattuna?

Kyllä  Ei  En osaa sanoa  En tunne urheilijaa ennudestaan  
 (Jos "normaalia polkkaava", kuvaava miten "kliiniset huomiot" osiossa)

Aivotärähdyksen diagnoosi?

Kyllä  Ei  Epävarma  Ei tiedossa

Mikällä kyseessä on toistotestaus, onko urheilijaa parantunut?

Kyllä  Ei  En osaa sanoa  Kyseessä ei ole toistotestaus

Olen lääkäri tai muu tallistettu terveydenhuollon ammattihenkilö ja olen henkilökohtaisesti toteuttanut tai valvonut tämän SCATS testauksen.

Allakirjoitus: \_\_\_\_\_

Nimi: \_\_\_\_\_

Ammatti: \_\_\_\_\_

Yksilöintitunnus (jos käytössä): \_\_\_\_\_

Päivämäärä: \_\_\_\_\_

**AIVOTÄRÄHDYS DIAGNOOSIN, VAMMASTA TOIPUMISEN ARVIOINNIN TAI PÄÄTÖKSEN URHEILIJAN VALMIUDESTA PALATA TAKAISIN NORMAALIIN URHEILUUN AIVOTÄRÄHDYKSEN JÄLKEEN EI TULE PERUSTUA AINOASTAAN SCATS TESTIN TULOKSIIN**





## KÄYTTÖOHJEET

SCAT5:ssä kursivilla (*Italics*) kirjoitetut tekstit ovat ohjeistuksia, jotka testin tekijän on tarkoitus lukea testattavalle

### Oireiden arviointi

Oireiden arviointi tulee suhteuttaa testaustarkoitukseen. Urheilijan perustasoa määrittävässä, on hyödyllisempää selvittää miltä hänestä "yhteensä tuntuu". Vastaavasti vamman jälkessä testauksessa, suurin hyöty saadaan, kun urheilija arvioi oireitaan sen mukaan, miltä hänestä "testaushetkellä tuntuu".

Urheilijan tulee täyttää oireiden arviointilistatko itse, ei testaajan. Mikäli tutkittava on edeltävästi urheilut, tulee huomioida, että arviointihetkellä hänen tulisi kuitenkin olla lepovälissä, joka voidaan määrittää vertaamalla sydämen sykettä oletettuun lepoyhteyteen.

Oireiden lukumäärä voi olla enintään 22. Heti vamman jälkeen tehtävissä arvioinnissa "nukahtamislaukauksia" kohta jätetään pois, jolloin oireiden enimmäismääräksi jää 21.

Oireiden voimakkuuden pistemäärä saadaan laskemalla yhteen kaikki taulukon pisteet. Enimmäispistemäärä on 22 x 6 = 132. Heti vamman jälkeen tehtävissä arvioinnissa "nukahtamislaukauksia" kohta jätetään pois, jolloin enimmäismääräksi jää 21x6=126.

### Lähimuisti

Lähimuisti-osiossa voidaan käyttää perinteistä 5 sanan sanallista. Vaihtoehtoisesti voidaan valita käytettäväksi pidempi 10 sanan sanallista. Tutkimusten mukaan 5 sanan pituuden sanallisten käyttöön liittyy merkittävässä määrin liimä, jota kutsutaan kattovalvokuteksi. Tilanteissa, joissa 5 sanan pituuden listaan perustuva testi on selkeästi liian helppo, voidaan testiä vaikeuttaa yhdistämällä kaksi 5 sanan listaa 10 sanan listaksi. Tuolloin enimmäispistemäärä nousee 10:een per kierros ja koko lähimuisti-osion osalta 30:een.

Valitsee yksi (5 tai 10 sanan pituuden) sanallista. Tämän jälkeen testaa lähimuistia ko. listalla kolme kertaa.

Käikki 3 testikierrosta tulee suorittaa riippumatta edeltäneen / edeltävien testikierrosten pistemääristä.

"Älä testata muistiasi. Lue sinulle listan sanoja ja pyydän, että sen jälkeen toistat niin monta sanaa kuin muistat missä järjestyksessä tahansa." Lista tulee luettella urheilijalle nopeudella yksi sana sekunnissa.

Kierrokset 2 & 3 TULEE suorittaa riippumatta kierrosten 1 & 2 pistemääristä.

Kierroksilla 2 & 3:

"Luettelen nyt sanat uudelleen. Toista niin monta sanaa kuin pystyt muistamaan missä järjestyksessä tahansa, vaikka olisitkin jo sanonut sanan aikaisemmin."

Anna 1 piste jokaisesta oikein muistetusta sanasta. Lähimuisti-osion pistemäärä saadaan laskemalla yhteen kaikkien kolmen kierroksen pisteet. ÄLÄ kerro urheilijalle, että viivästynyt muistia tullee testaamaan.

### Keskittyminen

#### Numerot takaperin

Valitsee jokin listatusta A, B, C, D, E tai F ja testaa kyselyn sarakkeen numerosarjat seuraavasti:

Sano: "Lue nyt numerosarjan. Kun olen lopettanut, toista numerot päinvastaisessa järjestyksessä. Sillä jos minä sanon esimerkiksi 7-1-9, sinun kuuluu sanoa 9-1-7."

Aloitte ensimmäisestä 3 numeron pituudesta sarjasta.

Jos vastaus on oikein, ympyröi "K" ja siirry numeroa pidempään numerosarjaan. Jos vastaus on väärin, ympyröi "E" ja toista testi toisella samanpituudella numerosarjalla. Enintään yksi piste kustakin numerosarjapituudesta. Lopeta testi, jos molemmat yritykset jossakin numerosarjapituudessa menee väärin. Luettelo numerosarjat nopeudella yksi numero sekunnissa.

#### Kuukaudet käännettyssä järjestyksessä

"Luettelo seuraavaksi kuukaudet käännettyssä järjestyksessä. Aloita viimeisestä ja sano Jouluku, marrasku jns. Voit aloittaa nyt."

Yksi piste, jos koko luettelo menee oikein.

#### Viivästynyt muisti

Viivästynyt muistia testattaessa tulisi olla kulunut 5 minuuttia siitä kun "Lähimuisti"-osion viimeinen testikierros on saatu päätökseen.

"Muistatko aikaisemmin muutamaa kertaa lukeman sanallisten? Luettelo niin monta sanaa listasta kuin muistat missä järjestyksessä tahansa."

Anna 1 piste kustakin oikeasta vastauksesta.

#### Modifioitu BESS (mBESS) -tasapainotesti<sup>3</sup>

Tämä tasapainotutkimus perustuu Balance Error Scoring System (BESS)<sup>4</sup> -testistä muokattuun versioon. Testaamiseen tarvitaan ajanottoon soveltuva kello.

Kulkin 20 sekunnin testi/asetto pisteytetään laskemalla tutkitavan tekemät virheet.

Testaaja alkaa laskea virheitä vasta kun testattava on asettunut oikeaan alkusasentoon. Kustakin virheestä saa yhden virhepisteen. MBESS -osion kokonaispistemäärä saadaan laskemalla yhteen kunkin kolmen, 20 sekunnin katoisen, testin virhepisteet. Kussakin testiasennossa suurin mahdollinen virhepistemäärä on 10. Jos urheilija tekee useita virheitä samanaikaisesti, kirjataan vain yksi virhepiste. Testattavan tulee kuitenkin nopeasti palata takaisin testiasentoon ja virheiden laskeminen jatkuu heti kun hän on testiasennossa. Tutkittavilla, jotka eivät pysy testiasennossa vähintään viittä sekuntia testin alusta lukiin, annetaan kyselyssä asennosta/testistä suurin mahdollinen virhepistemäärä (10).

LISÄKSI: Arviointia voidaan täydentää testaamalla samat kolme asentoa, niin että tutkittava selsoo keskittään vaahdotomaviljain (salm. 50cm x 40cm x 6cm) päällä.

#### Virheet tasapainotestissä

- |                                 |  |  |
|---------------------------------|--|--|
| 1. Käsiin liirtoaminen lantista | 3. Askel, horjautuminen tai kaatuminen             | 5. Pääkin tai kantapäähän nostaminen / liukuttaminen |
| 2. Silmien avaaminen            | 4. Lonkan kallistaminen > 30 asteen oltonnukeeseen | 6. Pois testiasennosta > 5 sekuntia                  |

"Testaan nyt tasapainoaasi. Riisu kenkäsi, käänri housunlahkeasi nilkkojen yläpuolelle (tarvittaessa) ja luoita nilkkatolpauksesi (tarvittaessa). Tutkimus koostuu kolmesta 20 sekunnin mittaisesta testistä eri asennoissa."

(a) Kahden jalan asento:

"Selso ensin jalkaterät yhdessä, kädet lantilla ja silmät kiinni. Yritä pysyä tasapainossa tässä asennossa 20 sekunnin ajan. Minä lasen, kuinka monta kertaa liikkahat pois asennosta. Aloitan ajanlaskun siitä, kun olet asettunut paikalleesi ja sulkenut silmäsi."

(b) Yhden jalan asento:

"Kummalla jalalla mieluummin potkaiset palloa? [ja on hallitseva jalka] Selso nyt toisella, ei-hallitsevalla jalalla. Pidä hallitsevasi jalkaasi ilmassa niin, että lonkkakulma on noin 30 astetta ja polvikulma 45 astetta. Yritä taas pysyä tasapainossa 20 sekuntia kädet lantilla ja silmät kiinni. Minä lasen, kuinka monta kertaa liikkahat pois asennosta. Jos et pysy tässä asennossa, avaa silmäsi, palaa alkusasentoon ja jatka tasapainottelua. Aloitan ajanlaskun siitä, kun olet asettunut paikalleesi ja sulkenut silmäsi."

(c) Tandem-asento:

"Selso nyt jalkaterät peräkkäin eli-hallitseva jalka takana. Painoa pitäisi jakautua tasaisesti molemmille jaloille. Yritä taas pysyä tasapainossa 20 sekuntia kädet lantilla ja silmät kiinni. Minä lasen, kuinka monta kertaa liikkahat pois asennosta. Jos horjehdat tästä asennosta, avaa silmäsi, palaa alkusasentoon ja jatka testausasennossa. Aloitan ajanlaskun siitä, kun olet asettunut paikalleesi ja sulkenut silmäsi."

#### Tandem-kävely

Tutkittava ohjeistetaan selsoamaan jalkaterät yhdessä lähtöviljan takana (miehiltä palkan jaloit). Seuraavaksi hänen tulee kävellä eteenpäin mahdollisimman nopeasti 3 metrin pituista ja 38 mm levyistä (urheilutalppi) vilvaa pitkin niin, että jokaisella askeleella etummaisiksi siirtyvän jalan kantapää koskettua taasemmaksi jäävän jalan varvasta. Vilvan päässä, 3 metrin kohdalla, tutkittava kääntyy 180 astetta ympäri ja palaa lähtöpaikkaan samalla kävelyteknikalla. Tutkittavan katsotaan epäonnistuneen testin suorittamisessa, mikäli hän ei pysy vilvalla, kantapää ei kosketa kävellessä varvasta tai hän tukuuu testin tekijään tai johonkin seinäeseen.

#### Sormi-nenänpää koordinaatiotesti

"Testaan nyt koordinaatiotasi. Ota hyvä istuma-asento tuolissa, pidä silmät auki ja toinen käsi (oikea tai vasen) ojennettuna suoraksi eteen (olkapäähän 90 asteen kulmassa, kyynärpäät ja sormet suorina). Kun pyydän aloittamaan, tee viisi peräkkäistä sormi-nenänpää toistoliikettä niin, että kosketa aina etusormella nenänpäätäsi ja sen jälkeen suoristet kätesi takaisin alkusasentoon. Tee liikkeet niin nopeasti ja tarkasti kuin pystyt."

#### Viitteet

- McCroory et al. Consensus Statement On Concussion In Sport – The 5th International Conference On Concussion In Sport Held In Berlin, October 2016. British Journal of Sports Medicine 2017 (available at www.bjsm.bmj.com)
- Maddocks, DL; Dickler, CD; Saling, MM. The assessment of orientation following concussion in athletes. Clinical Journal of Sport Medicine 1995; 5: 32-33
- Jennett, B., Bond, M. Assessment of outcome after severe brain damage: a practical scale. Lancet 1975; i: 480-484
- McCrea M. Standardized mental status testing of acute concussion. Clinical Journal of Sport Medicine. 2001; 11: 176-181
- Guskiewicz KM. Assessment of postural stability following sport-related concussion. Current Sports Medicine Reports. 2003; 2: 24-30

## TIETOA AIVOTÄRÄHDYKSISTÄ

Urheilija, jolla epäillään aivotärähdystä, on välittömästi polotettava kentältä/peliltä/urheilusta ja ohjattava vammoihin perehtyneen terveydenhuollon ammattilaiseen arvioon.

### Tarkkailtavia oireita

Ongelmia voi tulla esiin ensimmäisten 24 – 48 tunnin kuluessa loukkaantumisen jälkeen. Urheilijaa ei saa jättää yksin ja hänet on toimitettava sairaalaan heti, jos:

- Hän saa kohtauksia (käsivarret ja jalat nykivät hallitsemattomasti)
- Hän on unelias tai häntä ei saa herätettyä
- Hän ei tunnista ihmisiä tai paikkoja
- Hän oksentelee toistuvasti
- Hän käyttäytyy oudosti, vaikuttaa sekavalta tai on ärtyisä
- Hänen päänsärkynsä on pahenevaa
- Hänelle tulee ylä- tai alaraajoihin voimattomuutta tai tunnottomuutta
- Hän ei tahdo pysyä jaloillaan
- Hänen puheensa on epäselvää

**Muista: koskaan ei voi olla liian varovainen. Jos edes epäilet aivotärähdystä, käännä vammoihin perehtyneen terveydenhuollon ammattilaisen puoleen.**

### Lepo ja kuntoutus

Aivotärähdyksen jälkeen urheilijan tulisi levätä muutaman päivän ajan fyysisesti ja keventää kognitiivista kuormitusta niin, että hänen oireensa lievenevät. Yleensä useamman päivän levon sijaan urheilijan tulisi jo muutaman päivän kuluessa vammasta nostaa asteittain päivittäistä aktiivisuustasoaan, kuitenkin niin, etteivät hänen oireensa pahene. Kun urheilija suoriutuu päivittäisistä toiminnoistaan ilman, aivotärähdykseen liittynyt, normaalista poikkeavia oireita, hän voi edetä seuraavaan vaiheeseen asteittaisessa paluussa normaaliin urheiluun. Urheilijan ei tule palata normaaliin urheiluun ennen kuin aivotärähdykseen liittyvät oireet ovat täysin normalisoituneet ja opiskelu/koulunkäynti onnistuu täysin normaalisti.

Paluussa normaaliin urheiluun, urheilijan tulisi seurata, lääketieteellisiin perusteisiin ohjelmoitua, vaiheittain etenevää kuntoutussuunnitelmaa, jossa kuormitusta lisätään asteittain. Esimerkiksi:

### Paluu urheiluun –protokolla

Kuntoutuksen vaihe	Aktiviteetit ja raskuustaso ko. vaiheessa	Vaiheen tavoite
1. Oirearajoittainen arkuikuormitus	Päivittäiset toiminnot, jotka eivät provosoi oireita.	Asteittainen paluu kouluun/töihin
2. Kevyt aerobinen harjoittelu	Kävely tai kuntopyörällä polkeminen enintään keskirekkaalla vauhdilla. Ei voimaharjoittelua.	Sykkeen nostaminen
3. Lajinomainen harjoittelu	Juoksu- tai luteriluharjoitukset. Ei harjoitelta, joissa päähän voi kohdistua iskuja.	Liikkaiden lisääminen
4. Normaali harjoittelu, ilman kontakteja	Vaativampi / monimutkaisempia harjoituksia esim. syöttely. Asteittain koveneva voimaharjoittelu voidaan aloittaa.	Harjoittelu, koordinaatio ja kognitiivinen kuormitus
5. Normaali harjoittelu, kontaktit sallittu	Lääkärin antaman luvan jälkeen osallistuminen täysin normaalisti harjoituksiin.	Itseluottamuksen palauttaminen ja toiminnallisten taitojen arviointi valmistajien toimasta
6. Paluu normaaliin urheiluun	Normaali kilpailutoiminta	

Tässä esimerkissä, kukin kuntoutusvaihe kestää normaalisti (vähintään) 24 tuntia. Jos harjoittelu pahentaa oireita tulee urheilijan keventää harjoittelua takaisin edelliseen kuntoutuksen vaiheeseen. Voimaharjoittelu tulisi aloittaa vasta myöhemmissä vaiheissa (aikaisintaan vaihe 3 tai 4).

Ennen kuin urheilija saa palata normaaliin urheiluun, tulee hänellä olla silhen paikallisten lakien ja sääösten mukaisesti tehty terveydenhuollon ammattilaisen antama kirjallinen lupa.

### Paluu kouluun –protokolla

Aivotärähdyksessä saattaa vaikuttaa kykyyn oppia koulussa. Urheilija voi joutua jäämään pois koulusta muutamaksi päiväksi heti vamman jälkeen. Osa aivotärähdyksen saaneista urheilijoista joutuu palaamaan kouluun vaiheittain kuormitusta kasvattaen ja heidän työskentelyaikataulujaan joudutaan mukauttamaan tilanteeseen, jottei aivotärähdykseen liittyvät oireet paheneisi. Mikäli jokin tietty toiminta pahentaa oireita, urheilijan on syytä lopettaa sen tekeminen ja levätä kunnes oireet väistyvät. On tärkeää, että vastuussa oleva terveydenhuollon ammattilainen, hoitoon osallistuvat henkilöt, vanhemmat ja opettaja keskustelevat toistensa kanssa, niin että kaikki tietävät suunnitelman, jolla pyritään varmistamaan urheilijan paluu kouluun ilman ongelmia.

**Huomioitavaa: Mikäli henkinen kuormitus ei provosoi oireita, niin urheilija oia jättää väliin vaiheen 2 ja siirtyä suoraan osa-alkaiseen koulutyöhön sen sijaan, että hän ensin tekisi koulutoita kotona.**

Henkisen kuormituksen vaihe	Aktiviteetit ko. vaiheessa	Vaiheen tavoite
1. Päivittäiset toiminnot, jotka eivät aiheuta urheilijalla oireita	Toimet, joita urheilija tyypillisesti tekee päivän aikana, kuitenkin niin, ettei oireita pahene (esim. lukeminen, tekstiviestien kirjoittaminen, ruuvalka). Aloita Siitä 15min minuuttin päivässä ja lisää kestoasteittain.	Asteittainen paluu perus arkitöihin.
2. Koulutehtävien tekeminen	Kotitehtävät, lukeminen tai muu kognitiivinen toiminta luokkahuoneen ulkopuolella.	Lisää kognitiivisen kuormituksen aluetokkyä
3. Paluu kouluun osa-alkaisesti	Asteittainen paluu koulutyöhön. Aikun saattaa olla tarve lyhentää koulupäivän pituutta tai lisätä taukoja päivään.	Lisää opiskeluun liittyviä toimintoja
4. Normaaliin koulutyöhön palaaminen	Paluu koulutyöhön asteittain, kunnes täysin normaali koulupäivä onnistuu ongelmitta.	Paluu normaaliin toimintaan ja väliin jäsänsäiden töiden kurominen kiinni.

Mikäli urheilijalla henkisen kuormituksen aiheuttaman oireilu pitkeytyy, seuraavat mukauttamistoimet saattavat edesauttaa kouluun palaamista:

- Koulun aloittaminen myöhemmin, puolipäiväisyys, osallistuminen vain tietyille tunneille
- Pidempi aika tehtävien/ kokeiden suorittamiseen
- Rauhallinen tila tehtävien/ kokeiden suorittamiseen
- Meluisten tilojen välttäminen (esim. ruokala, luentosali, liikunta- ja musiikkitunnit jne.)
- Työskentelyn tiheä tauottaminen oppitunneilla, kotitehtäviä tehdessä ja/tai kokeissa
- Kokeiden rajoittaminen enintään yhteen päivässä
- Lyhyempien tehtävien antaminen
- Toistot/vihjeet muistin tueksi
- Kouluavustaja/tutori
- Varmistetaan opettajilta, että lapsi saa asianmukaisen tuen paranemisen ollessa kesken

**Urheilijan ei tule palata urheiluun pariin ennen kuin hän on pystynyt palaamaan kouluun/opiskelemaan, niin ettei hänen oireensa enää merkittävästi pahene, eikä hän tarvitse enää mukautettuja aikatauluja.**