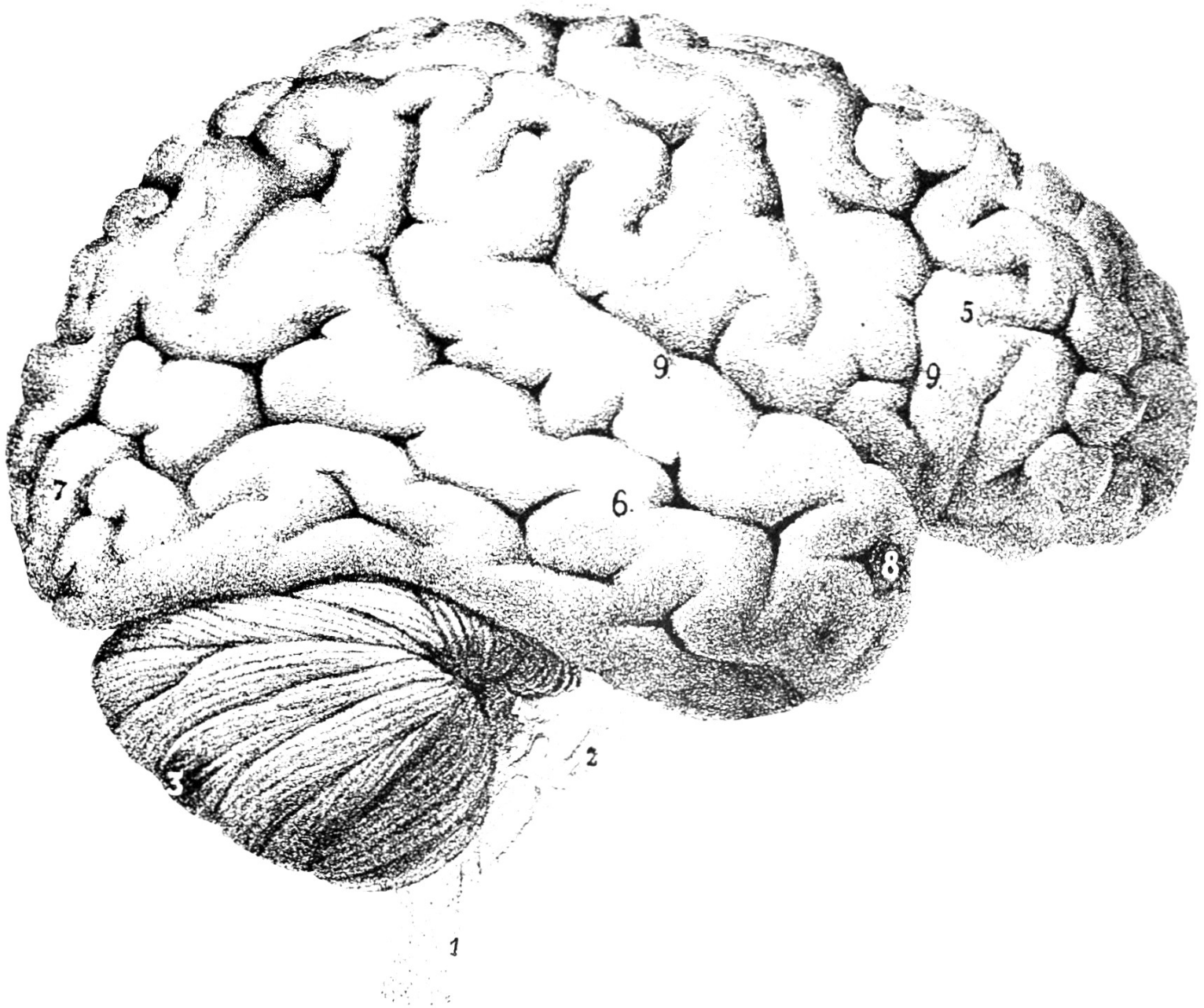


# KING DEVICK -TESTI AKUUTTIIEN LIEVIEN TRAUMAATTISTEN AIOVAMMOJEN ARVIOINNISSA



Eerika Pusenius, LK  
Syventävien opintojen kirjallinen työ  
Tampereen yliopisto  
Lääketieteen yksikkö  
Elokuu 2014

Tampereen yliopisto  
Lääketieteen yksikkö

PUSENIUS EERIKA:

KING DEVICK -TESTI AKUUTTIEN LIEVIEN TRAUMAATTISTEN AIVOVAMMOJEN  
ARVIOINNISSA

Kirjallinen työ, 21 s.

Ohjaajat: Professori Juha Öhman, LT Teemu Luoto

Elokuu 2014

Avainsanat: Päivystys, Diagnostiikka, King-Devick testi

---

## **Tiivistelmä**

King Devick (KD) –testi on nopeaan numerosarjojen nimeämiseen keskittyvä testi, joka mittaa silmien aktiiviseen katseluun liittyvää äkillistä nykäyksenomaista liikettä sekä kognitiivista suorituskykyä. Testiä on käytetty urheilijoilla kentänlaitatutkimuksena ja sen on todettu olevan herkkä menetelmä havaitsemaan urheiluun liittyvät mahdolliset aivotärähdykset. Tarkastelimme KD -testin käyttömahdollisuuksia päivystysolosuhteissa lievien aivovammojen diagnostiikan tukena.

Tutkimusaineistoksi kerättiin Tampereen yliopistollisen sairaalan ensiavusta lievän aivovamman saaneita potilaita (n=27) ja verrokeiksi nilkkavammapotilaita (n=33). Potilaille tehtiin kliininen arvio, suoritettiin KD- ja Sport Concussion Assessment Tool 2 (SCAT2) -testit sekä tehtiin magneettikuvaus (MK) -kuvaus seitsemän vuorokauden kuluessa vammasta.

KD -testillä havaittiin merkittävä yhteys ainoastaan SCAT2 -testin lähimuistiosioon sekä oireiden voimakkuuteen, mutta ei muihin SCAT2 -osatesteihin. KD-testin tulokset eivät merkittävästi eronneet lievän aivovamman saaneiden potilaiden ja verrokkien välillä. Matalilla KD -testin tuloksilla ei havaittu olevan yhteyttä tajunnanmenetykseen, post-traumaattiseen amnesiaan, retrogradiseen amnesiaan eikä MK -kuvauslöydöksiin.

Tutkimuksemme tulosten pohjalta KD – testi ei vaikuta olevan hyödyllinen päivystysolosuhteissa lievien aivovammojen tunnistamisessa.

# Sisällysluettelo

<b>1 Johdanto</b>	<b>4</b>
1.1 KD -testin historia ja esittely	8
1.2 Tutkimuksemme tarkoitus	10
<b>2 Tutkimusmenetelmät</b>	<b>12</b>
2.1 Aineisto	12
2.1.1 Tutkimusasetelma, tutkittavat potilaat ja etiikka	12
2.1.2 Tietojen kerääminen	13
2.2 Menetelmät	13
2.2.1 Ensiavun arviointi	13
2.2.2 Kuvantaminen	13
Tietokonetomografia	13
Magneettikuvaus	14
2.2.3 Kontrollivastaanotto	14
2.2.4 Tilastolliset analyysit	14
<b>3 Tulokset</b>	<b>15</b>
3.1 Aineiston kuvailu	15
3.2 KD -testi ja lievät aivovammat	16
3.3 KD -testin toistettavuus	17
<b>4 Pohdinta</b>	<b>17</b>
<b>5 Lähteet</b>	<b>19</b>

# 1. Johdanto

Aivovamma on nimitys ulkoisen väkivallan aiheuttamalle aivokudoksen vauriolle, joka ilmenee muutoksena aivojen toiminnassa tai muuna merkkinä aivojen patologiasta (Tenovuo 2010, Menon 2010). Se syntyy ulkoisen voiman kohdistuessa aivoihin, ja vamman vaikeusaste on riippuvainen vaikuttavan voiman suuruudesta, kestosta sekä suunnasta. Päähän kohdistuvan voiman lisäksi tulee esiintyä vähintään yksi seuraavista: minkä tahansa pituinen tajunnan menetys, minkä tahansa kestoinen vammaa edeltävä tai vamman jälkeinen muistinmenetys, neurologinen puutosoire tai muutos henkisessä toimintakyvyssä (Menon ym. 2010).

Aivovammat voidaan luokitella vaikeusasteen, vammamekanismin tai kudsvaurion mukaan. Luokittelu vaikeusasteen mukaan jakautuu lieviin (80%), keskivaikeisiin (10%) ja vaikeisiin (10%) aivovammoihin. Tämä jako on kliinisesti tärkein, ja se tehdään arvioimalla tajuttomuuden kestoa, tajunnan tasoa (Glasgow Coma Scale, GCS) sekä vamman jälkeisen muistiaukon kestoa (post-traumaattinen amnesia, PTA) (Cathy 1979, Saatman 2008). Glasgow'n kooma-asteikko (Glasgow Coma Scale, GCS) on kansainvälisesti käytetyin tajunnantason arviointityökalu, jossa huomioidaan silmien toimintaa, verbaalinen vaste sekä motorinen vaste äänelle, kosketukselle tai kivulle. Post-traumaattinen amnesia on aivovamman jälkeinen ajanjakso, jonka ajalta potilaalla ei ole yhtenäistä, jatkuvaa muistikuvaa.

Lievän aivovamman määrittely on ollut muutoksen alla vuosikymmenien ajan eikä kansainvälisellä tasolla toistaiseksi ole löytynyt konsensusta, vaan diagnostisia kriteereitä on edelleen useita (Len 2011). Keskeisimpiä kriteeristöjä ovat luoneet: (i) The American Congress of Rehabilitation Medicine (ACRM), (ii) The Centers for Disease Control and Prevention (CDC), (iii) European Federation of Neurological Societies (EFNS) sekä (iv) World Health Organization's (WHO) Collaborating Centre for Neurotrauma Task Force (Holm ym. 2005, Centers for Disease Control and Prevention 2003). Eroavaisuudet määritelmässä liittyvät tajuttomuuden pituuteen, kuvantamislöydösten esiintyvyyteen sekä neurologisten oireiden ja sekavuuden ilmaantuvuuteen. Suomalaisen Aivovammat -Käypä hoito -suosituksen mukaan kyse on lievästä aivovammasta, kun GCS pistemäärä on 13-15, post-traumaattinen amnesia enintään 24 tuntia, tajuttomuuden kesto enintään 30 minuuttia eikä aivojen tietokonetomografiassa (TT) tai magneettikuvauksissa (MK) havaita vamman aiheuttamia kallonsisäisiä löydöksiä. Suosituksen mukaan lievä aivovamma ei saa edellyttää neurokirurgisia toimenpiteitä.

Suomessa on vuosittain yli 5 000 sairaalahoitoa vaativaa aivovammapotilasta, ja luku näyttäisi olevan nousussa. Osa lievän aivovamman saaneista potilaista ei hakeudu välittömästi terveydenhuollon piiriin, joten tarkkoja ja luotettavia ilmaantuvuuslukuja on vaikea saada. Parhaimpien arvioiden mukaan ensi kertaa aivovamman saaneita on Suomessa vuosittain 15 000 – 20 000. (Alaranta ym. 2002.) Lievien aivovammojen osuus näistä on 70-90 % (Holm ym. 2005). Aivovamma on alle 45-vuotiaiden yleisin välitön kuolinsyy, ja vuosittain aivovamma on peruskuolinsyynä noin tuhannessa tapauksessa. Lievän aivovamman saaneista 85 % toipuu ja palaa normaaliin elämään muutamassa viikossa tai kuukaudessa, mutta 15 %:lle jää pitkäaikaisia tai pysyviä oireita. Suomessa noin 100 000 henkilöllä on pysyvä ja oireileva aivovamman jälkitila. Tyypillisimpiä oireita ovat pitkittynyt päänsärky, huimaus, väsymys, näköhäiriöt sekä muistivaikeudet (Ponsford ym. 2000).

Maassamme yleisimmät syyt sairaalassa hoidettuihin lieviin aivovammoihin ovat kaatumiset ja putoamiset (65 %), liikenneonnettomuudet (20 %) sekä väkivalta (5 %). Tapaturmapaikoista yleisimmät ovat koti (33 %) ja liikenne (30 %). (Alaranta ym. 2002, Bazarian ym. 2005). Aivovamma aiheutuu liikenneonnettomuuksissa useimmiten autolla (39 %) tai polkupyörällä (36 %) liikkuville. Noin puolet kaikista aivovammaan johtaneista tapaturmista on ollut viattomilta vaikuttavista tapahtumista, mikä asettaa ennaltaehkäisyn merkityksen suureen rooliin (Alaranta ym. 2002.).

Lievän traumaattisen aivovamman vammamekanismeista keskeisin on diffuusi aksonivaurio (DAI), jossa hermosolujen yhteyksien katkeaminen on seurausta näiden päähaarojen vaurioitumisesta (Tenovuo 2010). Ulkoisten voimien aiheuttama kiihtyvyys tai hidastuvuus aiheuttaa aivoissa harmaan ja valkean aineen välisiä massasiirtymiä sekä pienten verisuonten vaurioita. Ensisijainen vaurioalue on aivokuoren parasagittaalisessa valkeassa aineessa korteksista aivorunkoon, missä rinnakkain eri tiheyksisten aivoalueiden erilainen venyntyminen synnyttää vaurion (Alexander 1995).

Onnettomuushetkellä ilmaantuvat muutokset, kuten aksonien venyntyminen ja vauriot pienissä verisuonissa käsitetään usein DAI:n aiheuttamiksi primaarivaurioiksi. Näitä seuraa solutasolla käynnistyneen hermokudoksen aineenvaihdunnan toimintaketjun aiheuttamat sekundaariset muutokset minuuttien, tuntien tai päivien kuluessa primaarivauriosta (Alexander 1995). Tapahtumaketjun vaikutuksista yleisimpiä ovat huonontuneet aksonitoiminta, neuroneiden äkillinen

depolarisaatio, eksitatoristen välittäjäaineiden vapautuminen, solujen elektorolyttitasapainon häiriöt, glukoosimetabolian muutokset sekä valkuaisainetuotannon häiriintyminen. Kuvatut muutokset solujen toiminnassa voivat olla ohimeneviä, osittain korjaantuvia tai palautumattomia (Giza & Hovda 2001). Taustalla oleva neuropatofysiologia ilmenee lievän aivovamman kliinisinä merkkeinä, joista tyypillisimpiä ovat muistivaikeudet, huimaus, väsymys sekä aloitekyvyttömyys. (Alexander 1995, Giza & Hovda 2001).

Lievän aivovamman oireet voivat olla hyvin moninaisia. Tyypillisiä, mutta ei-diagnostisia oireita ovat päänsärky, huimaus, pahoinvointi, oksentelu, katseen kohdistamisvaikeudet, motorinen kömpelyys, muistamattomuus, keskittymisvaikeudet, unettomuus, lisääntynyt unen tarve, ärtyminen, väsymys sekä mielialan muutokset. Lievän aivovamman diagnoosi kuitenkin perustuu aiemmin esitettyihin kriteereihin (tajuttomuus, muistinmenetykset, tajunnantaso, neurologiset puutosoireet ja kuvantamislöydökset). Diagnoosin asettaminen on haastavaa ja vaatii kattavan kliiniset tutkimuksen sekä haastattelun tekemisen minimaalistenkin poikkeavuuksien, kuten lyhyen post-traumaattisen amnesian, tunnistamiseksi. Kliiniseen tutkimukseen sisällytetään laaja neurologinen status, joka sisältää tajunnan tason arvioinnin GCS-asteikolla, aivo- ja selkäydinhermojen toiminnan testaamisen, tasapainon kartoittamisen sekä karkean kognitiivisen arvion muistinmenetyksen tunnistamiseksi. Kognition arviointiin voidaan käyttää hyväksi useampia strukturoituja työkaluja kuten Galveston Orientation and Amnesia Test (GOAT) ja Standardized Assessment of Concussion (SAC) (Levin et al. 1979, McCrea et al. 1998). GOAT sisältää orientaatioon liittyviä dikotomisia kysymyksiä, joiden avulla selvitetään orientaatiota itseän, paikkaan sekä aikaa. Lisäksi mahdollisesti muodostunutta tapaturmaa edeltävää tai tapaturman jälkeistä muistiaukkoa seulotaan omilla kysymyksillä. GOAT:in pisteet vaihtelevat 0-100. Kliinisen arvioinnin tukena voidaan käyttää myös laajempia arviointityökaluja kuten Sport Concussion Assessment Tool – Second Edition (SCAT2), jossa arvioidaan oireita, testataan kognitiota, tasapainoa sekä koordinaatiota (McCrory et al. 2008). SCAT on alun perin suunniteltu urheilussa tapahtuvien aivovammojen tunnistamiseen, mutta on osoittautunut olevan käytännöllinen työkalu myös kliinisessä työssä (Luoto ym. 2014).

Ensisijainen kuvantamistutkimus primaarivaurioiden havainnointiin akuutin vamman saaneilla on TT, mikäli päivystysluontoisen TT-kuvauksen aiheet täyttyvät (Taulukko 1.) (Käypä hoito -suositus 2008). Lievän aivovamman saaneilla on harvemmin akuutisti paikallisia TT-löydöksiä, sillä vauriossa kyse on pikemminkin solutason muutoksista kuin paikallisista rakennevaurioista. Lievässä aivovammassa vain 6-8 %:lla potilaista havaitaan poikkeava TT-löydös. MK sopii

sekundaarivaurioiden diagnostiikkaan, sillä se on herkempi osoittamaan diffuusioaksonivauriota, harmaan aineen vaurioita sekä aivorungon vammoja, ja joskus MK:n avulla voidaan havaita petekkiaalisia verenvuotoja eli mikroverenvuotoja. (Alexander 1995.)

**Taulukko 1. Pään TT-kuvauksen aiheet akuutin vamman saaneilla potilailla (mukailtu Aivovammat -Käypä hoito suosituksesta).**

<b>Pään TT-kuvauksen aiheet akuutin vamman saaneilla potilailla</b>
1. Tajunnanmenetys
2. Amnesia
3. Glasgow Coma Scale -pistemäärä alle 15
4. Poikkeavia neurologisia löydöksiä
5. Epäily kallonmurtumasta
6. Verenvuototaipumus (antikoagulantti käytössä, hemofilia)
7. Kouristuskohtaus
8. Aivo-selkäydinneste-suntti
9. Monivamma
10. Kasvomurtuma (lukuun ottamatta pelkkää nenäluun murtumaa)
11. Pitkittänyt tai paheneva päänsärky
12. Pitkittänyt tai paheneva pahoinvointi

Näköhäiriöiden ilmaantuvuus on suurempi lievän aivovamman saaneilla, kuin normaaliväestössä. Näköhäiriöiden aste on riippuvainen aivovamman laajuudesta ja vakavuudesta (Capó-Aponte ym. 2012). Näkökykyyn liittyviä oireita raportoivista lievän aivovamman saaneista potilaista 90 %:lla diagnosointiin vähintään yksi näköhäiriö hoitojakson aikana (Thiagarajan ym. 2011).

Sakkadinen silmänliike on silmälle ominainen aktiiviseen katseluun, esim. lukemiseen liittyvä äkillinen nykäyksenomainen liike. Sen suorittamiseen liittyy olennaisesti aivokuorella sijaitseva dorsolateraalinen prefrontaalinen korteksi. Kyseinen alue on vastuussa erityisesti anti-sakkadisista liikkeistä eli liikkeistä, joita tarvitaan esim. numeroita nopeasti luettaessa. Se sijaitsee otsalohkon etuosassa ja sijaintinsa vuoksi sen on havaittu olevan erityisen herkkä vaurioille aivotärähdyksen yhteydessä. (Galletta ym. 2013.)

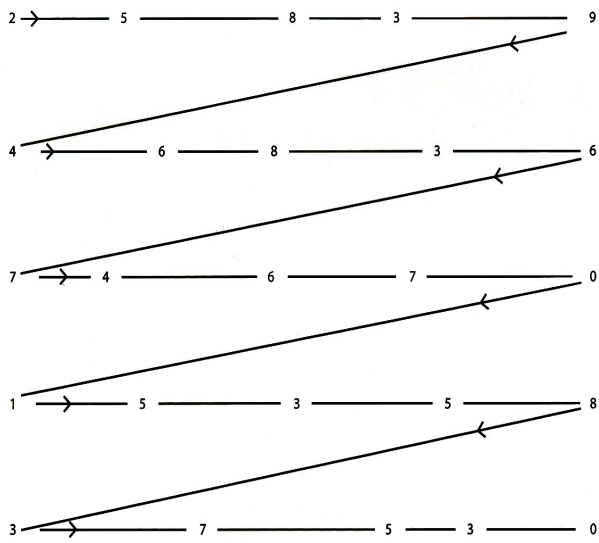
## 1.1 KD-testin historia ja esittely

King-Devick testin kehitettiin 1976 Steve Devickin ja Alan Kingin toimesta mittaamaan silmän sakkadista liikettä. Vuonna 1986 KD-testin käyttöä testattiin 1202 koululaisella osana laajempaa testiä: New York State Optometric Association Vision Screening Battery (NYSOA). Tutkimuksessa testi havaittiin nopeaksi ja toimivaksi silmien liikettä havainnoivaksi mittariksi, ja sen pystyi suorittamaan myös muutkin kuin silmälääkärit. (Lieberman ym. 1983.)

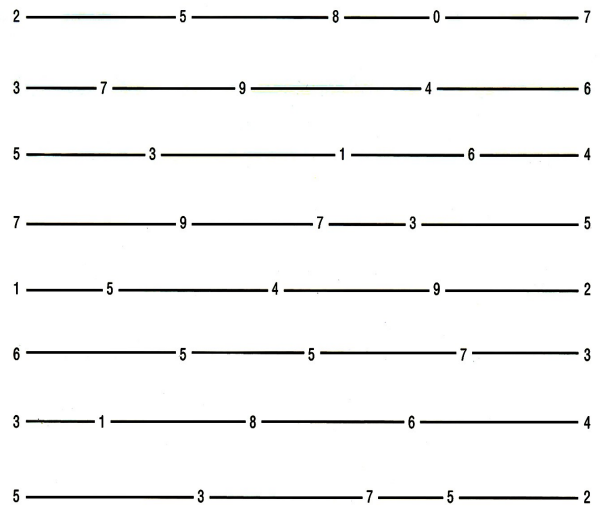
KD -testi perustuu nopeaan numerosarjojen nimeämiseen, ja tähän kuluvaan aikaan (Oride ym. 1986). Kokonaisuudessaan KD -testi sisältää käyttöön ohjeistavan mallikortin sekä kolme erilaista testikorttia. Tutkittava luettelee ääneen yksittäisten numeroiden sarjoja riveittäin kolmelta eri testikortilta mahdollisimman nopeasti virheettä. Numeroiden rivien hahmottaminen vaikeutuu progressiivisesti numeroiden esiintyessä yhä epätasaisemmin kortista toiseen siirryttäessä. (Kuva 1.) Numerosarjojen nimeämiseen kuluva aika sekä mahdolliset virheet kirjataan muistiin. Testin loppupisteytys muodostuu kaikkien korttien lukuaikojen summasta. Kokonaisuudessaan testin suorittaminen yhdelle tutkittavalle onnistuu alle kahdessa minuutissa, eikä sen ohjeistaminen vaadi ammatillista erikoisosaamista. KD -testistä suoriutuminen edellyttää silmien sakkadista liikettä. Tämän lisäksi testin suorittamiseen vaikuttavat keskittyminen ja kielelliset toiminnot.



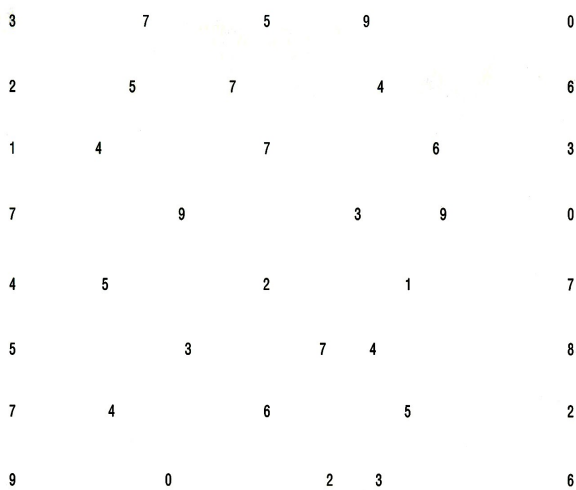
**Kuva 1. King-Devick mallikortti (Demonstration card) ja testikortit (Test I, II & III).**



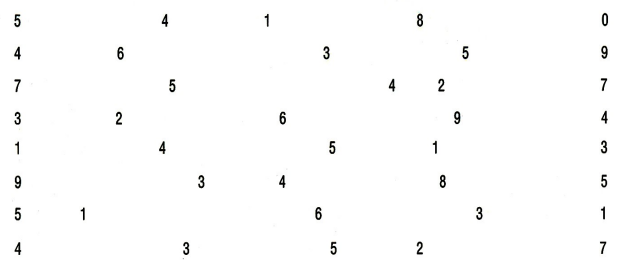
DEMONSTRATION CARD



TEST I



TEST II



TEST III

Ensimmäiset tutkimukset KD -testin käytöstä lievien aivovammojen havaitsemiseksi urheilijoilla tehtiin v. 2010 (Galletta ym. 2010). Tämän jälkeen tutkimukset testin käytöstä nopeana kentänlaitatutkimuksena ovat yleistyneet. Tällä hetkellä (tammikuu 2014) lieviin traumaattisiin aivovammoihin ja KD -testiin liittyviä artikkeleita löytyy Medline -tietokannasta kuusi. Tutkimusjoukkoina on ollut kamppailulajien harrastajia, rugby-pelaajia, opiskelijaurheilijoita, ammattilaisjäykkiekon pelaajia sekä nuoria aivotärähdyspotilaita. Artikkeleista on tehty yhteenvetotaulukko (Taulukko 2), josta käy ilmi eri tutkimusten ikä- ja sukupuolijakauma, lievän aivovamman vaikutus KD -testiaikaan ja sen suhteutuminen lähtötasoon sekä oppimisen vaikutus KD -tuloksiin. Kaikissa näissä tutkimuksissa KD-testiä on verrattu toiseen arviointityökaluun.

Taulukossa 2. esiintyvissä tutkimuksissa lievien aivovammojen havaittiin poikkeuksetta pidentävän KD -testiin kuluvaan aikaa. Näin kävi KD -testiin liittyvistä oppimisvaikutuksista huolimatta. Oppimisen vaikutus testin tekemiseen on luonteenomaista monille suorituskyvyn mittareille (Galletta ym. 2011b). Testiä toistettaessa oppimisvaikutus vaihteli keskimäärin 1.9 – 4.8 sekuntia. Lisäksi useissa tutkimuksissa KD –testillä havaittiin olevan korkea sisäinen toistettavuus.

Toistettavuuden mittarina käytettiin ICC:ä (interclass correlation coefficient) tai Cronbachin alfaa. ICC -arvot olivat poikkeuksetta hyväksyttäviä 0.72-0.76 (Galletta ym 2011b) tai erinomaisia 0.97 (Galletta ym 2011a, King ym 2012). Cronbachin alfat vaihtelivat eri testikorteissa välillä 0.7-0.9 (Galletta ym 2011b).

## **1.2 Tutkimuksemme tarkoitus**

Taulukossa (Taulukko 2.) esitettyjen tutkimusten pohjalta KD -testin on havaittu toimivan hyvin urheilussa kentänlaitatutkimuksena lievien aivovammojen ja aivotärähdyksen diagnostiikan tukena. Tutkimuksessamme pyrimme tarkastelemaan KD -testin käyttöarvoa päivystyspisteessä osana lievien aivovammojen diagnostiikkaa. Tarkoituksenamme oli havainnoida korreloivatko KD -testin tulokset lievän aivovamman jälkeisiin tutkimuslöydöksiin. Tarkastelun kohteena olivat erityisesti antero- ja retrogradisen amnesian esiintyvyys, tajunnan menetys, magneettikuvauksen löydökset sekä SCAT2-työkalun tulokset. Huomioimme kuitenkin, että päivystykseen tulevien potilaiden eroavan kentän laidalla tutkituista potilaista mm. testausviiveen (aika vammasta testaukseen) osalta.

**Taulukko 2. Yhteenveto aikaisemmista KD -testiä koskevista tutkimuksista.**

	Ensimmäinen kirjoittaja, julkaisuvuosi	Galetta KM, 2011	Galetta KM, 2011	King D, 2012	King D, 2013	Galetta MS, 2013	Tjarks MJ, 2013
	N	39	219	50	37	27	35
	Tutkimusjoukko	Nyrkkeilijät ja kamppailulajien harrastajat	Opiskelija-urheilijat	Rugby -harrastajat	Rugby -harrastajat	Ammatti jääkiekon -pelaajat	Nuoret aivotärähdyspotilaat
	Ikä (v) KA± SD	24 (min 16, max 53)	20.3 ± 1.4	22.4 ± 4.1	22.0 ± 4.0	28 ± 5	16.1 ± 1.7
	Sukupuoli N/M (%)	3/97	17/83	0/100	0/100	0/100	51/49
KD-testi, aika (Keskiarvo ± SD)	Lähtötaso pisteet	44.6 (32.0-58.2)	-	48.2 (34.6-62.0)	47.3 (28.0-80.3)	36.1 (23.4-52.1)	-
	Tapaturman jälkeinen muutos pisteissä / potilaiden lkm (n)	11.1 (5.5-28.7) / 8	5.9 (-0.5 – 28.1) / 10	5.0-7.1/3	3.1-7.9 / 5	4.2-6.4 / 2	- /35
	Oppimisvaikutus (s)	1.9	2.8	4.8	3.82	-	-
KD-testi, virheet (Keskiarvo ± SD)	Lähtötasopisteet	0	1	-	-	-	0
	Tapaturman jälkeiset pisteet	2	2	-	-	-	0
	Toistettavuus testattu	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
	KD -testiä verrattu	MACE	MACE	PCSS	SCAT2	SCAT2 SAC	PCSS, ImPACT

MACE = The Military Acute Concussion Evaluation

PCSS = Post-Concussion Symptom Scale

SCAT2 = Sport Concussion Assessment Tool 2

ImPACT = Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive testing

## 2. Tutkimusmenetelmät

### 2.1 Aineisto

#### 2.1.1 Tutkimusasetelma, tutkittavat potilaat ja etiikka

Kyseessä on prospektiivinen tapaus-verrokkitutkimus. Tutkittavat potilaat ja verrokki kerättiin tutkimukseen Tampereen yliopistollisen sairaalan Ensiapu Acutassa syyskuun 2011 ja heinäkuun 2012 välisellä ajanjaksolla. Aineistoksi valittiin lievän traumaattisen aivovamman saaneita potilaita (27 potilasta), jotka seulottiin 1 487:n pään vamman saaneen potilaan joukosta. Tutkimuspotilaiden seulontaan käytettiin mukaanotto- ja poissulkuperusteita (Taulukko 3). Verrokkipotilaiksi rekrytoitiin nilkkavamman saaneita terveitä 18-60 -vuotiaita potilaita (33 potilasta). Verrokeille sovellettiin vastaavia mukaanotto- ja poissulkukriteereitä. Aivovammapotilaat arviointiin ensiavussa sekä kuukauden kontrollikäynnillä. Verrokkipotilaat rekrytoitiin ensiavusta, mutta heidät kliinisesti tutkittiin vasta erillisellä vastaanottokäynnillä. Pirkanmaan sairaanhoitopiiri on arvioinut tutkimuksen eettisessä toimikunnassa ja antanut puoltavan lausunnon keväällä 2010.

**Taulukko 3. Tutkimuskriteerit**

<b>Mukaanotto- ja poissulkuperusteet</b>	<b>Selitys</b>
Ikä 18-60 vuotta	Vammahetkellä
Sairaanhoitopiirin asukas	Pirkanmaan sairaanhoitopiiri
Lievä traumaattinen aivovamma *	Vammakriteerit: WHO Collaborating Centre for Neurotrauma
<b>Poissulkuperusteet</b>	<b>Selitys</b>
Vammaa edeltänyt neurologinen ongelma	Aivokasvain, rappeuttava tai demyelinoiva sairaus, aivoverisuonisairaus, CP-vamma, valkoisen aivoaineen muutos, epilepsia tai aivorappeuma
Vammaa edeltänyt psykiatrinen ongelma	Krooninen alkoholi-ongelma tai muiden päihteiden väärinkäyttö, psykiatriset ongelmat (mielialahäiriö, ahdistuneisuushäiriö, skitsofrenia, persoonallisuushäiriö tai muu sairaus) tai kehitysvamma
Aikaisempi traumaattinen aivovamma	Asteeltaan vähintään lievä aivovamma
Säännöllinen psykoaktiivisten lääkkeiden käyttö	N-ryhmän lääkkeet anatomisessa terapeuttisten kemikaalien luokittelujärjestelmässä
Kallosisäinen neurokirurginen toimenpide	Kraniotomia tai kallosisäinen verisuonitoimenpide
Kuulo- tai näköongelma	Kuulopuutos, BEHL (paremman korvan kuulotaso) 0.5-4 kHz $\geq$ 40 dB tai huononäköisyys 0.3 tai yli lasilla.
Yli 72 tunnin viive vammasta	Aikaväli vammahetkestä ensiapuun saapumiseen
Äidinkieli muu kuin suomi	
Kieltäytynyt osallistumasta	Vain potilaat, jotka täyttävät muut perusteet

\* Verrokeilla aivovamman tilalla nilkkavamma

### **2.1.3 Tietojen kerääminen**

Rekrytoituista potilaista kerättiin laajalti tutkimustietoa, joka sisälsi tarkat tiedot tapaturmaan liittyen, potilaan taustatiedot, sekä ensiavussa havaitut kliiniset statuslöydökset sekä suoritettut testit: SCAT2, GOAT, ja KD -testi. Liitännäisvammat luokiteltiin Injury Severity Score (ISS) – pisteytyksen mukaisesti. TT -kuvaus suoritettiin 24 tunnin kuluessa sairaalaan tulovaiheesta pään vamman saaneille potilaille ja MK -kuvaus tehtiin seitsemän vuorokauden kuluessa kaikille tutkimukseen osallistuville. KD -testi suoritettiin kaikille tutkittaville. KD-testaus suoritettiin saman tutkijan toimesta kaikkien potilaiden ja verrokkien kohdalla.

## **2.2 Menetelmät**

### **2.2.1 Ensiavun arviointi**

Ensiavussa kaikki rekrytoidut potilaat haastateltiin yksityiskohtaisesti sairaushistorian ja vammatapahtuman osalta. Kliininen tutkimus sisälsi täydellisen neurologisen statuksen sekä karkean kognitiivisen arvioinnin. Tutkimuksessa käytettiin apuna GOAT- ja SCAT2-työkaluja. GCS -pisteet sekä tajuttomuuden ja muistiaukon kestot kirjattiin muistiin. Liitännäisvammat pisteytettiin käyttäen ISS-luokitusta. KD-testaus suoritettiin osana kliinistä arviointia.

### **2.2.2 Kuvantaminen**

#### Tietokonetomografia (TT)

Arviointi pään TT-kuvantamisen tarpeesta tehtiin Skandinavian neurotrauma - komitean suositusten mukaisesti lievän aivovamman saaneille potilaille (Ingebrigtsen T ym. 2000). Kuvantaminen suoritettiin ilman varjoainetta, 64-rivisellä TT-skannerilla. Kuvaus fokuoitiin ainoastaan pään alueelle. Kaularangan aluetta ei kuvattu, ellei ollut epäilyä ko. alueen vammasta.

TT-löydökset luokiteltiin akuutteihin ja kroonisiin. Akuutteihin löydöksiin lukeutuivat kovakalvon alaiset verihyytymät ja neste, kovakalvon päällä olevat verihyytymät ja neste, diffuusi aksonaalinen vaurio, turvotus, aivokammioiden kasaan puristuminen, keskilinjan siirtymä, ruhjevamma ilman

verenvuotoa, hydrokefalus, ilma kallonsisäisessä tilassa, kallonmurtuma, murtumat kasvon luissa, tapaturman jälkeinen lukinkalvonalainen verenvuoto, muu kuin tapaturmainen kallonsisäinen verenvuoto sekä akuutti iskemia. Kroonisiksi löydöksiksi katsottiin vanhat iskeemiset leesiot ja vanhat tapaturmaiset leesiot, mikroangiopatia, yleinen aivoaineen harveneminen sekä aivojen neoplasiat.

### Magneettikuvaus (MK)

Magneettikuvaus tehtiin 3 Teslan Siemens Trio -laitteella. MK-sarja tehtiin seuraavia sekvenssejä käyttäen: (i) sagittaalinen T1 mpr, (ii) aksiaalinen T2, (iii) koronaalinen T2, (iv) aksiaalinen FLAIR (fluid attenuation inversion recovery), (v) sagittaalinen FLAIR, (vi) SWI (susceptibility weighted imaging), (vii) DWI (diffusion weighted imaging) sekä (iix) DTI (diffusion tensor imaging). MK-löydökset luokiteltiin akuuteiksi ja kroonisiksi samaan tapaan kuin TT-löydökset.

TT- ja MK-kuvat arvioitiin erikseen tutkimusryhmään kuuluvien neuroradiologien toimesta käyttäen strukturoituja tiedonkeräyslomakkeita.

### **2.2.3 Kontrollivastaanotto**

KD-testaus suoritettiin uudelleen aivovammapotilaille kuukauden kuluttua vammasta kontrollivastaanoton yhteydessä.

### **2.2.4 Tilastolliset analyysit**

Kaikkien tilastollisten analyysien suorittamiseen käytettiin SPSS 20.0 -ohjelmaa. Keskeisille muuttujille suoritettiin jakauma-analyysit. Muuttujien normaalijakautuneisuus testattiin Shapiro-Wilkin testillä. Korrelaation havaitsemiseksi käytettiin jakauma-analyysien mukaan normaalisti jakautuneille muuttujille Pearsonin korrelaatiotestiä ja vinosti jakautuneille muuttujille Spearmanin korrelaatiotestiä. Normaalisti jakautuneiden muuttujien riippuvuustestaukseen käytettiin T-testiä, ja vinosti jakautuneisiin Mann-Whitney U -testiä. KD -testin toistettavuutta mitattiin Cronbach's alfan avulla. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi valittiin  $p < 0.05$ .

### 3. Tulokset

#### 3.1 Aineiston kuvailu

Aivovammapotilaiden sekä verrokkien ominaisuuksien vertailu sekä KD- testien tulokset on esitetty Taulukossa 4. Aivovamma- ja verrokkiryhmä olivat samankaltaiset sukupuolijakauman sekä koulutusvuosien suhteen, mutta verrokkipotilaksi oli valikoitunut iältään vanhempia henkilöitä (ka 44.0 vs. 37.7 vuotta). Lisäksi lievää eroavaisuutta testiryhmien välillä löytyi alkoholinkulutuksen suhteen.

**Taulukko 4. Aivovammapotilaiden ja verrokkien ominaisuuksien vertailu**

Muuttujat	Lievät aivovammat	Verrokkit	P-arvo
<b>Sukupuoli</b>			0.549
miehet, n (%)	16 (59.3)	17 (51.5)	
naiset, n (%)	11 (40.7)	16 (48.5)	
<b>Ikä (ka ± SD)</b>	37.7 ± 11.0	44.0 ± 11.8	0.048
<b>Koulutusvuodet (ka ± SD)</b>	14.1 ± 3.0	14.2 ± 2.8	0.840
<b>AUDIT (ka ± SD)</b>	4.4 ± 2.4	5.0 ± 3.1	0.473
<b>ISS (md, min-max)</b>	2, 1-12	4, 1-4	0.077
<b>GOAT (md, min-max)</b>	99, 94-100	100, 100-100	0
<b>SCAT2</b>			
Oireiden pisteytys (ka ± SD)	14.9 ± 5.2	19.2 ± 3.8	0.003
Fyysisten oireiden pistemäärä (md, min-max)	1, 0-2	2, 1-2	0
BESS (ka ± SD)	20.8 ± 6.3	18.7 ± 6.7	0.335
Koordinaation pistemäärä (md, min-max)	1, 0-1	1, 0-1	0.185
Orientaation pistemäärä (md, min-max)	5, 3-5	5, 4-5	0.008
Lähimuistin pistemäärä (md, min-max)	15, 13-15	15, 14-15	0.363
Keskittymisen pistemäärä (md, min-max)	4, 1-5	4, 2-5	0.868
Viivästyneen muistin pistemäärä (ka ± SD)	2.5 ± 1.1	3.6 ± 1.3	0.011
SAC (ka ± SD)	25.7 ± 2.6	27.4 ± 1.6	0.010
Kokonaispisteet (ka ± SD)	78.6 ± 9.2	83.0 ± 8.4	0.130
<b>KD -testi</b>			
Akuutti aikapisteet (ka ± SD)	50.3 ± 11.9	47.1 ± 10.0	0.213
Akuutti virhepisteet (ka ± SD)	0 ± 0	0 ± 0	-
1kk kontrolli aikapisteet (ka ± SD)	43.3 ± 8.2	-	-
1kk kontrolli virhepisteet (ka ± SD)	0	-	-

### 3.2 KD -testi ja lievät aivovammat

Lievän aivovammapotilaiden akuuttien KD -testitulosten riippuvuutta kliinisiin muuttujiin testattiin korrelaatiotestien avulla ja nämä tulokset on koottu Taulukkoon 5. Merkittävä yhteys löytyi ainoastaan SCAT2-testin osatestien muuttujista, joista oireiden vakavuudella ( $p = 0.023$ ) sekä lähimuistilla ( $p = 0.007$ ) havaittiin merkitsevä korrelaatio KD-testin tulokseen. Lisäksi lievien aivovammapotilaiden KD-testitulosten riippuvuutta verrattiin tajunnanmenetykseen, post-traumaattiseen amnesiaan, retrogradiseen amnesiaan, sekä traumaattisiin magneettikuvauslöydöksiin. Vain yhdellä potilaalla GCS poikkesi 15 pisteestä. Tämän vuoksi GCS-muuttuja jätettiin pois riippuvuustestauksesta. Selkeää riippuvuutta testattujen muuttujien välillä ei löytynyt ( $p$ -arvojen vaihteluväli 0.862 – 0.148). Tarkoitus oli tarkastella myös TT-kuvausten löydösten suhdetta KD-testiaikoihin, mutta lievien aivovamman saaneilla potilailla ei todettu TT-kuvissa vammamuutoksia.

**Taulukko 5. King Devick -testin ja eri muuttujien väliset korrelaatiot**

Muuttujat	P-arvo	Korrelaatiokerroin
Post-traumaattinen amnesia (h)	0,656	0,092
Tajunnanmenetyks (min)	0,913	0,023
Retrogradinen amnesia (h)	0,222	-0,248
GOAT	0,50	0,139
AUDIT	0,528	0,129
Koulutusvuodet	0,176	-0,280
ISS	0,681	-0,085
GOS-E	0,624	-0,101
Aika vamman ja arvion välillä (h)	0,998	0,001
SCAT2		
Oireiden vakavuus	<b>0,023</b>	<b>0,443</b>
Oireet	0,084	-0,345
Fyysiset oireet	0,684	-0,084
BESS	0,898	-0,280
Keskittyminen	0,172	-0,276
Orientaatio	0,90	-0,026
Lähimuisti	<b>0,007</b>	<b>-0,512</b>
Keskittyminen	0,144	-0,300
Viivästynyt muisti	0,70	0,079
SAC	0,319	-0,200

GOAT = Galveston Orientation Amnesia Test

AUDIT = Alcohol Use Disorders Identification Test

ISS = Injury Severity Score

GOS-E = Glasgow Outcome Scale Extended

BESS = Balance Error Scoring System

SAC = Standardized Assessment of Concussion



### 3.3 KD -testin toistettavuus

KD -testi tehtiin normaalin suoritusprotokollan mukaisesti kahdesti peräkkäin (parempaa tulosta käytettiin edellä kuvatuissa analyyseissä). Näiden avulla saatiin mitattua KD -testin toistettavuus Crohnbachin alfan avulla. Toistettavuus oli korkea sekä lievän aivovamman saaneiden potilaiden ( $\alpha = 0.93$ ) että verrokkipotilaiden ( $\alpha = 0.94$ ) kohdalla.

## 4. Pohdinta

Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella KD -testin kyky erotella lievän aivovamman saaneet potilaat verrokeista. Tässä tutkimuksessa KD -testin tuloksissa ei kuitenkaan havaittu merkittävää eroa aivovamman saaneiden potilaiden ja verrokkien välillä. Sen sijaan heikentynyt KD-testisuoritus oli yhteydessä heikompaan lähimuistiin ja voimakkaampaan oireistoon SCAT2-työkalulla arvioituna.

KD -testisuoritus oli aivovammapotilailla (ka 50.3, SD 11.9) huonompi kuin nilkkavamma-verrokeilla (ka 47.1, SD 10.0), vaikka ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Ero voidaan ajatella selittyvän ainakin osittain aivovamman vaikutuksilla sekä vamman aiheuttamalla henkisellä stressillä. Otoksemme aivovammapotilaiden KD-suoritus oli selkeästi heikompi kuin aiempien tutkimusten urheilijoiden ns. lähtötasoarvot (ka 36.1 - 48.2) (Galletta ym 2011a, King ym. 2012, King ym. 2013, Galletta ym. 2013). Tosin näissä aiemmissä tutkimuksissa tutkittavien keskijakauma oli alhaisempi (16 - 24 vuotta).

Yhden kuukauden kontrollivastaanotolla tehdyssä KD -testissä aivovammapotilaiden tulokset olivat parantuneet huomattavasti (ka 43.3, SD 8.2) vamman jälkeiseen tasoon (ka 50.3, SD 11.9) sekä nilkkavammapotilaiden tulokseen (47.1, SD 10.0) nähden. Huomattavaa muutosta voi selittää lievän aivovamman akuutista tilanteesta toipuminen sekä oppimisvaikutus KD -testiä suoritettaessa. Aikaisemmissä tutkimuksissa KD -testitulosten on havaittu paranevan oppimisen myötä tutkimusjoukoista riippuen 1.9 - 4.8 sekuntia.

Aivovammapotilaiden kuukauden kontrollissa havaitun muutoksen taustalla voi olla myös nuoremman iän tuoma etu testistä selviytymiseen (aivovammapotilaat ka = 37.7 vs verrokkit ka =

44.0). Huonommasta KD -suorituksesta huolimatta nuoremmat aivovammapotilaat ovat mahdollisesti pystyneet kompensoimaan vamman aiheuttaman häiriön verrokkeja paremmin. Paremman kompensaation lisäksi tulosten ”korkeaa tasoa” voi selittää aivovammapotilaiden suurempi motivaatio testistä suoriutumiseen nilkkavammapotilaisiin verrattuna.

Aiempien tutkimusten perusteella KD -testin on lähes poikkeuksetta todettu olevan herkkä osoittamaan urheilutapahtumien yhteydessä aiheutuneet lievät aivovammat (Galletta ym. 2011a, Galletta ym. 2011b, King ym. 2012, King ym. 2013). Muutamit tutkimuksemme tekijät voivat mahdollisesti selittää tuloksemme eroavaisuuden aikaisempiin tutkimuksiin nähden. Merkitsevin ero on todennäköisesti poikkeama aikaviiveessä vamman tapahtuma-ajankohdasta KD -testin tekemiseen. Aikaisemmissa tutkimuksissa KD -testiä on käytetty ”kentänlaitatutkimuksena” jolloin viive vammasta testaukseen on ollut minuuteista tunteihin. Tutkimukssamme viive tapaturmasta KD -testin suorittamiseen oli keskimäärin 35 tuntia (vaihteluväli 2 – 95 tuntia). KD -testin tekeminen verrokkipotilaille vasta erillisellä käynnillä (ei ensiavussa) on mahdollisesti tuonut edun testistä suoriutumiseen, sillä akuuttitilanteeseen liittyviä stressitekijöitä (esim. kipu, psyykkinen stressi) ei ole ollut läsnä testiä suoritettaessa. Tästä huolimatta emme todenneet aivovammapotilaiden ja verrokkien välillä merkitsevää eroa KD -testisuorituksissa.

Toinen todennäköinen lopputulokseen vaikuttaja on ollut KD -testien vertailupohja. Urheiluun liittyviin vammoihin keskittyvissä tutkimuksissa KD -testin akuutteja arvoja on verrattu samojen koehenkilöiden aikaisempiin KD -tuloksiin (Galletta ym 2011a, King ym. 2012, King ym. 2013, Galletta ym. 2013). Tutkimukssamme KD -testien vertailupohjana oli verrokkiryhmänä toimineet nilkkavammapotilaat.

Pyrimme innovatiivisesti laajentamaan KD -testin käyttöaihetta urheilun yhteydessä ilmaantuvien aivovammojen diagnostiikasta ensiapuun hakeutuviin pään vamman saaneisiin potilaisiin. Lievien aivovammapotilaiden valintaan käytettiin tarkkoja sisäänotto- ja poissulkukriteerejä, minkä myötä sekoittavien tekijöiden määrää pystyttiin minimoimaan. Lisäksi verrokkipotilaat valittiin samoja kriteereitä käyttäen, jolloin ryhmistä pyrittiin saamaan mahdollisimman vertailukelpoiset. Näistä toimista huolimatta verrokkiryhmä oli merkitsevästi iäkkäämpi (37.7 versus 44.0 vuotta) aivovammapotilaisiin nähden. Tarkkojen valintakriteerien myötä otoskoko jäi pieneksi heikentäen tilastollisten analyysien voimaa. Lukuisten tutkimuskriteerien vuoksi tutkimusaineistomme oli hyvin valikoitunut ja tuloksemme heikosti yleistettäviä. KD -testin ensimmäisen ja toisen testauskerran välillä oli hyvä toistettavuus. KD -testauksen toteutti potilaiden ja verrokkien kohdalla

sama lääkäri. Täten tuloksiin ei kohdistunut testaaajien välisistä eroista johtuvaa vaihtelua. Testaajan tekemiä mahdollisia systemaattisia tai satunnaisvirheitä ei tarkasteltu.

Otoksessamme KD –testi ei pystynyt erottamaan aivovammapotilaita verrokkipotilaista. Tulostemme valossa KD –testi ei vaikuta olevan soveltuva ensiapu-olosuhteisiin. KD –testi ilmeisimmin menettää herkkyytensä tunnistaa aivovammaan liitettäviä silmäliikedefektejä tuntien sisään vammasta. KD –testi on mahdollisesti hyödyllinen tilanteisiin, joissa viive vammasta testaukseen on hyvin lyhyt (esim. urheilussa kentänlaitatestausta).

## 5. Lähteet

Alaranta H, Koskinen S, Turkka J. Tapaturmainen aivovaurio ei ole harvinainen. Suomen Lääkärilehti 2002;57:4801-4.

Alexander MP. Mild traumatic brain injury: pathophysiology, natural history, and clinical management. Neurology 1995;45:1254-55.

Bazarian JJ, McClung J, Shah MN, Cheng YT, Flesher W, Kraus J. Mild traumatic brain injury in the United States, 1998–2000. Brain Injury, February 2005; 19(2): 85–91.

Capó-Aponte JE, Urosevich TG, Temme LA, Tarbett AK, Sanghera NK. Visual Dysfunctions and Symptoms During the Subacute Stage of Blast-Induced Mild Traumatic Brain Injury. Military Medicine July 2012; 177:804-813.

Cathy J. Glasgow Come Scale. AJN, American Journal of Nursing. 1979 Sept; 79(9):1551-1557.

Centers for Disease Control and Prevention. National Center for Injury Prevention and Control. Report to Congress. Mild Traumatic Brain Injury in the United States: Steps to Prevent a Serious Public Health Problem. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention, 2003 Sept.

Galetta KM. Barrett J. Allen M. Madda F. Delicata D. Tennant AT. Branas CC. Maguire MG. Messner LV. Devick S. Galetta SL. Balcer LJ. The King-Devick test as a determinant of head trauma and concussion in boxers and MMA fighters. Neurology. 2011a Apr 26; 76(17):1456-62.

Galetta KM. Brandes LE. Maki K. Dziemianowicz MS. Laudano E. Allen M. Lawler K. Sennett B. Wiebe D. Devick S. Messner LV. Galetta SL. Balcer LJ. The King-Devick test and sports-related concussion: study of a rapid visual screening tool in a collegiate cohort. Journal of the Neurological Sciences. 2011b Oct 15; 309(1-2):34-9.

Galetta MS. Galetta KM. McCrossin J. Wilson JA. Moster S. Galetta SL. Balcer LJ. Dorshimer GW. Master CL. Saccades and memory: baseline associations of the King-Devick and SCAT2 SAC

tests in professional ice hockey players. *Journal of the Neurological Sciences*. 2013 May 15; 328(1-2):28-31.

Giza C, Hovda D. The neurometabolic cascade of concussion. *Journal of Athletic Training* 2001;36(3):228-235.

Haydel M, Bazarian JJ, Maynard JR, Papa L. Management Of Mild Traumatic Brain Injury In The Emergency Department. *Emerg Med Practice*. 2012 Sep;14(9):1-24.

Heitger MH, Jones RD, Macled AD, Snell DL, Frampton CM, Anderson TJ. Impaired eye movements in post-concussion syndrome indicate suboptimal brain function beyond the influence of depression, malingering or intellectual ability. *Brain* 2009; 132:2850-2870.

Holm L, Cassidy JD, Carroll LJ, Borg J, Neurotrauma Task Force on Mild Traumatic Brain Injury of the WHO Collaborating Centre. Summary of the WHO Collaborating Centre for Neurotrauma Task Force on Mild Traumatic Brain Injury. *J Rehabil Med* 2005 May;37(3):137-141.

Ingebrigtsen T, Romner B, Kock-Jensen C. Scandinavian guidelines for initial management of minimal, mild, and moderate head injuries. The Scandinavian Neurotrauma Committee. *J Trauma*. 2000 Apr;48(4):760-6.

King D, Clark T, Gissane C. Use of a rapid visual screening tool for the assessment of concussion in amateur rugby league: A pilot study. *Journal of the Neurological Sciences*. 2012 Sep 15;320(1-2):16-21.

King D, Brughelli M, Hume P, Gissane C. Concussions in amateur rugby union identified with the use of a rapid visual screening tool. *Journal of the Neurological Sciences*. 2013 Mar 15; 326(1-2):59-63.

Len TK, Neary JP. Cerebrovascular pathophysiology following mild traumatic brain injury. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2011 Mar;31(2):85-93

Levin HS, O'Donnell CM, Grossman RG. The Galveston Orientation and Amnesia Test: A Practical Scale to Assess Cognition after Head Injury. *Journal of Nervous & Mental Disease*. 1979 November, 167(11):651-720.

Lieberman S, Cohen AH, Rubin J. NYSOA KD-test. *J Am Optom Assoc*. 1983 Jul;54(7):631-7.

Luoto TM, Silverberg ND, Kataja A, Brander A, Tenovuo O, Ohman J, Iverson GL. Sport concussion assessment tool 2 in a civilian trauma sample with mild traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2014 Apr 15;31(8):728-38.

McCrea M, Kelly JP, Randolph C, Kluge J, Cartolic E, Finn G, Baxter B. Standardized Assessment of Concussion (SAC): On-Site Mental Status Evaluation of the Athlete. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 1998 Apr 13(2):1-98.

McCrory P, Meeuwisse W, Johnston K, Dvorak J, Aubry M, Molloy M, Cantu R. Consensus statement on concussion in sport—the 3rd international conference on concussion in sport held in Zurich, November 2008. *South African Journal of Sports Medicine* 2009;21(2).

Menon DK, Schwab K, Wright DW, Maas AI, Demographics and Clinical Assessment Working Group of the International and Interagency Initiative toward Common Data Elements for Research on Traumatic Brain Injury and Psychological Health. Position statement: definition of traumatic brain injury. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation 2010 Nov;91(11):1637-1640.

Oride MK, Marutani JK, Rouse MW. Reliability study of the Pierce and King-Devick saccade test. Am j Optom Physiol Optics 1986; 63:419-424.

Ponsford J, Willmott C, Rothwell A, Cameron P, Kelly AM, Nelms R, et al. Factors influencing outcome following mild traumatic brain injury in adults. Journal of the International Neuropsychological Society 2000 Jul;6(5):568-579.

Saatman KE, Duhaime AC, Bullock R, Maas AI, Valadka A, Manley GT, et al. Classification of traumatic brain injury for targeted therapies. J Neurotrauma 2008 Jul;25(7):719-738.

Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin et al. asettama työryhmä. Aikuisiän aivovammat (käypä hoito-suositus 16.12.2008). 2008 [Viitattu 20. toukokuuta 2014] ([http://www.terveysportti.fi/dtk/ltk/koti?p\\_haku=aivovamma](http://www.terveysportti.fi/dtk/ltk/koti?p_haku=aivovamma)).

Tjarks BJ, Dorman JC, Valentine VD, Munce TA, Thompson PA, Kindt SL, Bergeron MF. Comparison and utility of King-Devick and ImPACT composite scores in adolescent concussion patients. Journal of the Neurological Science. 2013 Nov 15;334(1-2):148-53.

Thiagarajan P, Ciuffreda KJ, Ludlam DP. Vergence dysfunction in mild traumatic brain injury (mTBI): a review. Ophthalmic & Physiological Optics 2011;456-468.

Tenovuo O. Tietoa aivovammoista. 2010 [Viitattu 20. Toukokuuta 2014] (<http://ollitenovuo.com/75>).