

HARRI ISOKUORTTI

LT, neurologiaan erikoistuva lääkäri
 HYKS ja Helsingin yliopisto, neurologia
 harri.isokuortti@gmail.com

TEEMU LUOTO

LT, dosentti, neurokirurgiaan erikoistuva lääkäri
 TAYS ja Tampereen yliopisto, neurokirurgian vastuuyksikkö
 teemu.luoto@pshp.fi

Miten tunnistan ja hoidan lievän aivovamman

- Tavallisin syy aivovammaan on kaatuminen ja suurin osa vammoista on lieviä. Alkuvaiheessa tärkeintä on sulkea pois vakavan vamman mahdollisuus.
- Tapahtumatiedot, löydökset ja oireet kirjataan huolellisesti. Olennaisia ovat tajunnan muutokset, muistiaukko ja kuvantamislöydökset.
- Akuuttivaiheessa ensisijainen kuvantamismuoto on pään tietokonetomografia. Sillä voidaan sulkea pois vakavat kallonsisäiset verenvuodot.
- Toipumista voidaan edistää oireenmukaisella hoidolla ja potilasohjauksella. Ennuste on hyvä, mutta toipumisen pitkeytyessä erikoissairaanhoidon arvio on usein tarpeen.

Aivovammat ovat yleisiä ja tavallisin syy on kaatuminen, erityisesti vanhuksilla (1,2). Huomattava osa aivovamman saaneista on humalassa (3,4).

Aivovammapotilaat kuormittavat runsaasti päivystyspisteitä. Suurin osa vammoista on kuitenkin lieviä (5). Tärkeintä alkuvaiheessa on aivovamman tunnistaminen, vakavien kallonsisäisten vammojen poissulkeminen ja riittävän jatkoseurannan järjestäminen.

kertomat tiedot eivät ole tarkkoja, koska esimerkiksi muistiaukko, tajuttomuus, päihtymys tai kipulääkkeet voivat häiritä tarkkojen tapahtumatietojen muistamista. Tajuttomuudesta ja sen kestosta saadaan luotettavia tietoja vain silminnäköiltä. Esitietoja kannattaa selvittää mm. ensihoidolta ja silminnäköiltä. Tärkeimmät selvitettävät asiat ovat vammamekanismi, oireet, päihtymys ja käytössä olevat lääkkeet, erityisesti veren hyytymiseen vaikuttava lääkeitys (taulukko 2).

Vammapotilas arvioidaan ABCDE-periaatteen mukaisesti. Vamman merkkejä etsitään kasvoista, pään ja suun alueelta. Likvorivuoto korvasta tai nenästä on merkki kallonpohjamurtumasta. Siihen liittyy usein vakavampi aivovamma ja se on aihe kuvantamiselle (7). Likvorin voi erottaa muusta nenä- tai korvaeritteestä virtsan liuskatestillä: likvorissa on glukosia, muissa nesteissä yleensä ei.

Päävammapotilaan kohdalla kiinnitetään erityistä huomiota tajuntaan, joka arvioidaan Glasgow'n kooma-asteikon (GCS) avulla (taulukko 3) (8). Neurologisessa tutkimuksessa keskitytään aivohermojen, motoriikan sekä tasapainon arviointiin. Tärkeää on arvioida myös potilaan puhetta, orientaatiota ja muistitoimintaa.

Suosituksen mukaan muistia arvioidaan systemaattisesti. Esimerkiksi Rivermead-protokollan mukaan potilasta pyydetään muistelemaan aikajärjestyksessä tapahtumat vammautumishetken jälkeen. Muistiaukkoa selvittäessä pitää erotella potilaan muistikuvat siitä, mitä hänelle on tapahtumista kerrottu.

Muistiaukon pituus on määriteltävä ensimmä-

Esitietoja kannattaa selvittää ensihoidolta ja silminnäköiltä.

Aivovamma on pään kohdistuvan ulkoisen voiman, hidastuvuus- tai kiihtyvyyden aiheuttama aivotoinnin häiriö (6). Käytännössä tätä arvioidaan tajunnan tason, tajuttomuuden keston, muistiaukon (posttraumaattinen amnesia, PTA) ja muiden neurologisten löydösten sekä kuvantamistutkimusten avulla. Käypä hoito -suosituksen mukaan aivovammat jaetaan vaikeusasteeltaan kolmeen luokkaan (taulukko 1) (7).

Tässä artikkelissa käsitellään aikuisten lievien aivovammojen tunnistamista ja hoitoa. Lasten ja urheilijoiden sekä toistuvien aivovammojen erityispiirteet ja vakavampien aivovammojen hoito jäävät tämän kirjoituksen ulkopuolelle.

Tunnistaminen ja diagnostiikka

Tapahtumatiedot ovat oleellinen osa aivovammapotilaan alkuvaiheen arviota. Usein potilaan

KIRJALLISUUSLUETTELO verkossa
laakarilehti.fi

Sisällysluettelot
 SLL 22/2019



TAULUKKO 1.

Aivovamman vaikeusasteet (7)

Kriteereitä sovellettaessa tulee huomioida kliinistä arviointia sekoittavat tekijät ja kuvantamismenetelmät ja kuvantamisiivie.

	Kriteerit
Lievä	GCS-pistemäärä 13–15 puolen tunnin kuluttua vammasta ja koko seurannan ajan JA jokin seuraavista: Enintään 30 minuutin tajuttomuus Enintään 24 tunnin muistiaukko Vähäinen ¹ vamma aiheuttama kallonsisäinen löydös aivojen TT- tai magneettikuvauksessa
Keskivaika	Vamma aiheuttama kallonsisäinen löydös aivojen TT- tai magneettikuvauksessa ja jokin seuraavista: GCS-pistemäärä 9–12 puolen tunnin kuluttua vammasta tai jossain vaiheessa sen jälkeen Yli 30 minuutin mutta enintään 24 tunnin tajuttomuus Yli 24 tunnin mutta enintään 7 vuorokauden muistiaukko
Vaikea	Vamma aiheuttama kallonsisäinen löydös aivojen TT- tai magneettikuvauksessa JA jokin seuraavista: GCS-pistemäärä enintään 8 puolen tunnin kuluttua vammasta tai jossain vaiheessa sen jälkeen Yli 24 tunnin tajuttomuus Yli 7 vuorokauden muistiaukko

¹ Esim. pieni subduraali- tai subaraknoidaalivuoto, yksittäiset mikrohemorragiat magneettikuvassa

mäisen hoitojakson aikana. Muistiaukon kesto määritellään hetkeen, josta lähtien potilaalla on yhtenäiset ja jatkuvat muistikuvat tapahtumista.

Potilaita tulee kannustaa palaamaan normaalielämään.

Yksittäiset muistisaarekkeet eivät vielä merkitse muistiaukon päättymistä, ja siksi muistia on syytä testata useampaan otteeseen. Päivystyksessä ei kuitenkaan aina voida luotettavasti arvioida muistiaukon kestoa, vaan testauksia on syytä toistaa myöhemmin seurannassa ja osastohoidossa, kunnes muistiaukko on loppunut. Yksinkertainen väline seurantaan on esimerkiksi Nijmegenin PTA-testi (12).

Akuuttivaiheessa pään tietokonetomografia (TT) on tärkein tutkimus, koska sillä voidaan varsin luotettavasti sulkea pois vakavat kallonsisäiset vammamuutokset (9,10). Kuvantamistar-



TAULUKKO 2.

Aivovammapotilaan esitiedot

	Erityisesti huomioitavaa
Tapahtumatiiedot	Vammamekanismin kuvaaminen Tapahtuma-ajankohta
Oireet	Tajunnan menetys ja sen kesto Potilaan muistikuvat ennen vammautumista ja sen jälkeen (muistiaukon kesto) Kouristelu Sekavuus, desorientaatio Pahoinvointi ja oksentelu Päänsärky
Muut tarpeelliset tiedot	Käytössä olevat lääkkeet, erityisesti veren hyytymiseen vaikuttavat Päihteen käyttö Aiemmat aivovammat ja -sairaudet Muut sairaudet, erityisesti veren hyytymiseen vaikuttavat



TAULUKKO 3.

Glasgow'n kooma-asteikko (GCS) (8)

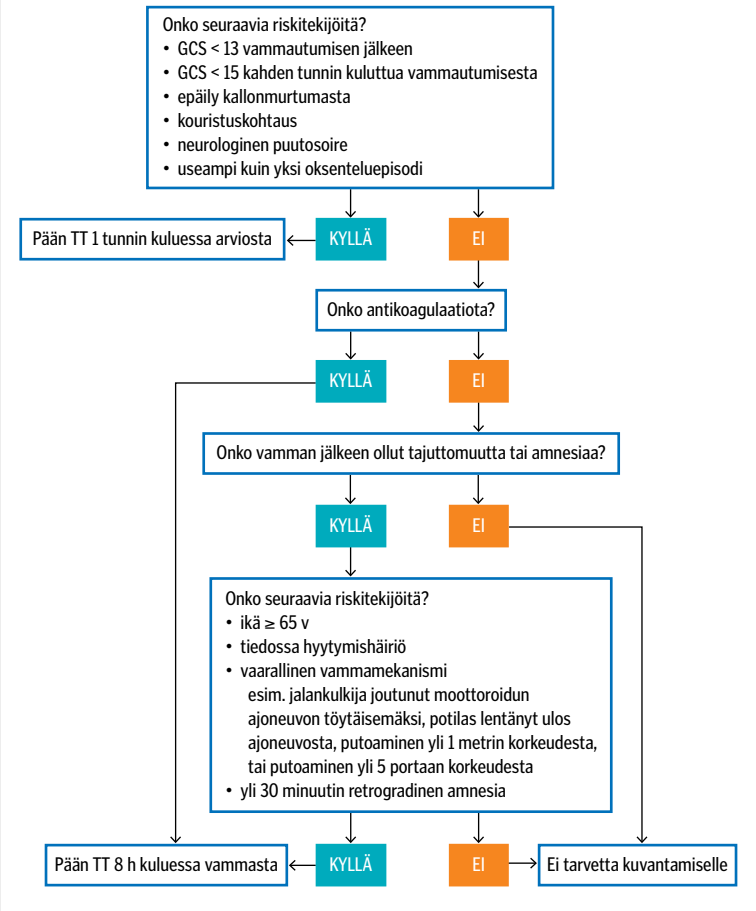
Toiminto	Reaktio	Pisteet
Silmien avaaminen	Spontaanisti	4
	Puheeseen	3
	Kipuun	2
	Ei vastetta	1
Puhevaste	Orientoitunut	5
	Sekava	4
	Irrallisia sanoja	3
	Ääntelyä	2
	Ei puhetta	1
Liikevaste	Noudattaa kehoituksia	6
	Paikallistaa kivun	5
	Väistää kipua	4
	Fleksio kivulle	3
	Ekstensio kivulle	2
	Ei vastetta	1
		Yhteensä 3–15 pistettä

peen arviointiin on kehitelty useita ohjeistuksia, joiden herkkyys vakavien vammojen tunnistamisessa on erittäin hyvä (11). Käypä hoito -suosituksessa on suositus kuvantamisesta (kuvio 1).

Normaali TT ei kuitenkaan sulje pois aivovammaa. Tämä korostaa muiden oireiden ja löydösten tutkimisen tärkeyttä. Aivojen mag-

KUVIO 1.

TT-kuvauksen aiheet pään vamman jälkeen (7)



neettikuvausta (2–3 viikon kuluessa vammasta) suositellaan, jos pään TT normaali ja jokin seuraavista kriteereistä täyttyy: 1) aivovammaan liittyy usean minuutin tajuttomuus tai usean tunnin muistiaukko, 2) kyseessä on suurienergiainen monivamma, 3) pään TT-löydös ei selitä kliinistä oirekuvaa (esim. voimakkaat vammajälkeiset oireet), ja 4) kyseessä on välittömästi muuta hoitoa tarvitseva päävammapotilas, jonka aivovamman diagnosointi on muuten epävarmaa (7).

On tärkeää kirjata aivovammadiagnosiin vaikuttavat tekijät tarkasti. Minimivaatimukset ovat tajuttomuuden ja muistiaukon, vammalöydösten (ml. radiologiset löydökset) ja GCS-pisteiden kirjaaminen. Näiden avulla vammän vai-

keusastetta voidaan arvioida myöhemminkin, vaikka tarkka määrittely olisi jäänyt alkuvaiheessa tekemättä. Vammojen akuuttivaiheen vaikeusasteluokittelu on lähtökohta myöhemmille jälkitilojen vaikeusasteen ja pysyvän haitan arvioille. Muistiaukon ja tajuttomuuden luotettava arviointi on käytännössä mahdotonta jälkikäteen, ellei niitä ole kirjattu alkuvaiheessa.

Hoito

Lievimmissä aivovammoissa ei välttämättä voida alkuselvittelyn jälkeen lisätutkimuksia tai seurantaa. Jos TT-kuvauksessa ei havaita vammamuutoksia, on kotiutus turvallista, kunhan oireet ovat lieviä, GCS-pisteet 15 ja posttraumaattinen amnesia on päättynyt. Rutiinomainen ”kommotioseuranta” ei siis ole tarpeen, kun nämä ehdot täyttyvät (9). On huomioitava, että muistiaukon aikana potilas ei pysty muodostamaan muistijälkeä ympäröivistä tapahtumista ja siksi sen aikaiset muistikuvat jäävät usein pysyvästi kadoksiin.

Jo akuuttivaiheessa on tärkeää antaa potilaalle riittävästi tietoa vammän oireista ja ennusteesta (13), mieluiten kirjallisesti. Mahdollisuus ottaa yhteyttä oireiden pitkittyessä on suositeltavaa. Tyypillisimpiä oireita lievän aivovamman jälkeen ovat päänsärky, pahoinvointi, huimaus, muistin epävarmuus, keskittymisvaikeus ja väsymys. Oireiden kesto on yleensä muutamasta viikosta muutamaan kuukauteen ja kokonaisuudessaan toipumisennuste on hyvä (14). Turhaa huolestumista voidaan ehkäistä siten, että potilaalle kerrotaan oireista ja niiden tavallisuudesta vammän jälkeen.

Pitkä sairausloma on harvoin tarpeen lievän vammän jälkeen. Mitään erityistä pitkää ”aivolepoa” ei tarvita (15–17). Potilaita tulee kannustaa palaamaan normaalielämään, vähitellen omien tunteiden mukaan rasitus- ja vaatimustasoa nostoen. Trafin ohjeissa lievän aivovamman jälkeen suositellaan kuukauden ajokieltoa. Lievimmissä, aivotärähdystasoisissa vammoissa ajokielto ei yleensä ole tarpeen.

Jälkioireiden, kuten päänsäryn ja unihäiriöiden, oireenmukainen hoito on tärkeää toipumisen tukemiseksi ja stressioireiden ehkäisemiseksi (18). Sedatiivisia lääkkeitä ei suositella, koska ne voivat huonontaa kognitiota ja vaikeuttaa voinnin seurantaa. Unihäiriöiden hoito noudattelee unettomuuden yleisiä hoitoperiaatteita, lääkkeettömät hoidot ovat ensisijaisia. Väsyvyys-

SIDONNAISUUDET

Harri Isokuortti: Apurahat (Maire Taposen säätiö).
Teemu Luoto: Konsultointipalkkio (SM-liiga), Käypä hoito -apuraha (Duodecim), luentopalkkiot (Orion), korvaus koulutusaineiston tuottamisesta (Duodecim).

destä huolimatta aivovammapotilaita tulisi kannustaa harrastamaan säännöllistä liikuntaa (19).

Aivovammapotilaan päänsärkyä voidaan hoitaa tavallisilla kipulääkkeillä, kuten parasetamolilla tai tulehduskipulääkkeillä, kuuriluonteisesti. Yleisimmät päänsärkytyypit aivovammopotilailla ovat migreeni sekä jännitys- ja kaularanka-peräinen päänsärky (20). Usein samanaikainen niskan venähdysvamma provosoi niska-hartiaseudun kipuja ja päänsärkyä sekä huimausta. Oireiden pitkittyessä on syytä pitää mielessä särkylääkepäänsärlyn mahdollisuus.

Runsas alkuvaiheen oireilu on yhteydessä hitaampaan toipumiseen.

Huimaus on yleinen oire, joka voi johtua suoraan aivovammastakin, mutta myös mm. samanaikainen niskan venähdysvamma tai sisäkorvaperäinen syy voi aiheuttaa sen (21). Usein huimausoireisto ja tasapainovaikeus lievitettiin, kun pystyasennossa oloa ja liikuntaa vähitellen lisätään. Asentohuimausta voidaan lievittää asentohoidoilla, hankalissa sisäkorvaperäisissä huimausoireissa korva-, nenä- ja kurkkutautien erikoislääkärin konsultaatio voi olla tarpeen. Usein fysioterapeuttinen ohjaus ja tasapainoharjoitteet vauhdittavat toipumista (22,23).

Ennuste

Joskus lievistäkin aivovammasta toipuminen pitkittyy. Monet oireista eivät ole aivovammalle spesifisiä, vaan vastaavia oireita on runsaasti väestötasolla muidenkin vammojen jälkeen. Jälkioireet voivat käsittää tavallisen reaktion



TAULUKKO 4.

Lievän aivovamman toipumisennustetta heikentäviä tekijöitä (25–31)

Ikä
Matala koulutustaso
Krooninenkipu
Traumaperäinen stressi
Vammaa edeltävät psyykkiset ja psykososiaaliset ongelmat
Masennusoireet
Heikko selviytymiskyky (resilienssi)
Akuuttivaiheen runsas oireilu

vammaan, fyysiseen tai psyykkiseen kuormittumiseen (24).

Toipumisennusteeseen vaikuttavat monet tekijät (taulukko 4), joista suurin osa liittyy vammaa edeltävään psyykkiseen ja sosiaaliseen tilaan (25–31). Kvanttamislöydöksillä, alkuvaiheen GCS-pisteillä, muistiaukon pituudella tai tajuttomuuden kestolla on toipumisennusteeseen vain vähäinen yhteys (24). Haasteena onkin löytää potilaat, joiden toipuminen pitkittyy ja jotka hyötyisivät nopeasti toteutetuista kuntoutustoimista (esim. neuropsykologinen kuntoutus).

Runsas alkuvaiheen oireilu on yhteydessä hitaampaan toipumiseen (27). Kotiutumisvaiheessa oireisille on hyvä tarjota mahdollisuus kliiniseen kontrolliin (esim. terveyskeskus tai työterveyshuolto) tai vähintäänkin mahdollisuus olla yhteydessä, jos oireet eivät lieydy odotetusti. Oireiden pitkittyessä potilas on syytä ohjata erikoissairaanhoidon jatkoarvioon paikallisen käytännön mukaan (neurokirurgian tai neurologian klinikka, tai aivovammapoliklinikka). Potilas on syytä ohjata erikoissairaanhoidon aiemminkin, jos jo alkuvaiheen tietojen perusteella magneettikuvaus olisi tarpeen. ●

ENGLISH SUMMARY | www.laakarilehti.fi | in english
How to recognize and treat mild brain injuries

HARRI ISOKUORTTI

TEEMU LUOTO

M.D., Ph.D., Docent, Specialising
in Neurosurgery
University of Tampere and
Department of Neurosurgery,
Tampere University Hospital

How to recognize and treat mild traumatic brain injuries

Traumatic brain injuries are common and most of them are mild in severity. In the emergency setting, the most important aims are to recognize intracranial trauma requiring immediate treatment, and to document the symptoms, signs, and injury-related information. Cranial computed tomography is the gold standard imaging modality in the acute phase as it can reliably detect intracranial bleeding. It is essential to assess and document alterations of consciousness, post-traumatic amnesia and imaging results, as well as focal neurological findings. The overall prognosis of mild traumatic brain injury is favourable. Symptom-relieving treatments and patient information can improve the recovery. A brain injury specialist consultation is often helpful if the recovery is prolonged.

KIRJALLISUUTTA

- 1 Majdan M, Plancikova D, Brazinova A ym. Epidemiology of traumatic brain injuries in Europe: a cross-sectional analysis. *Lancet Public Heal* 2016;1(2):e76–83.
- 2 Gardner RC, Dams-O'Connor K, Morrissey MR, Manley G. Geriatric traumatic brain injury: epidemiology, outcomes, knowledge gaps, and future directions. *J Neurotrauma*, verkossa ensin 15.2.2018. doi: 10.1089/neu.2017.5371
- 3 Parry-Jones DBL, Vaughan FL, Cox WM. Traumatic brain injury and substance misuse: A systematic review of prevalence and outcomes research (1994–2004). *Neuropsychol Rehabil* 2011;16:537–60.
- 4 Isokuortti H, Iverson GL, Kataja A, Brander A, Öhman J, Luoto TM. Who gets head trauma or recruited in mild traumatic brain injury research? *J Neurotrauma* 2016;33:232–41.
- 5 Feigin VL, Theadom A, Barker-Collo S ym. Incidence of traumatic brain injury in New Zealand: a population-based study. *Lancet Neurol* 2013;12:53–64.
- 6 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. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:1637–40.
- 7 Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecim, Suomen Neurologisen yhdistys ry:n, Societas Medicinae Physicalis et Rehabilitationis Fenniae ry:n, Suomen Neurokirurgisen yhdistyksen, Suomen Neuropsykologisen yhdistyksen ja Suomen Vakuutuslääkärien yhdistyksen asettama työryhmä. Aivovammat. Käypä hoito -suositus 29.12.2017. www.kaypahoito.fi
- 8 Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet* 1974;ii:81–4.
- 9 Isokuortti H, Luoto TM, Kataja A ym. Necessity of monitoring after negative head CT in acute head injury. *Injury* 2014;45:1340–4.
- 10 Livingston DH, Lavery RF, Passannante MR ym. Emergency department discharge of patients with a negative cranial computed tomography scan after minimal head injury. *Ann Surg* 2000;232:126–32.
- 11 Foks KA, Van Den Brand CL, Lingsma HF ym. External validation of computed tomography decision rules for minor head injury: prospective, multicentre cohort study in the Netherlands. *BMJ* 2018;362:k3527. doi: 10.1136/bmj.k3527.
- 12 Jacobs B, van Ekert J, Vernooy LP ym. Development and external validation of a new PTA assessment scale. *BMC Neurol* 2012;12:69. doi: 10.1186/1471-2377-12-69
- 13 Eliyahu L, Eliyahu L, Kirklind S ym. The effectiveness of early educational interventions in the Emergency Department to reduce incidence or severity of post-concussion syndrome following a concussion: A systematic review. *Acad Emerg Med* 2016;23:531–42.
- 14 Carroll LJ, Cassidy JD, Cancelliere C ym. Systematic review of the prognosis after mild traumatic brain injury in adults: cognitive, psychiatric, and mortality outcomes: results of the international collaboration on mild traumatic brain injury prognosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95(S):S152–73.
- 15 Varner CE, McLeod S, Nahiddi N, Loughheed RE, Dear TE, Borgundvaag B. Cognitive rest and graduated return to usual activities versus usual care for mild traumatic brain injury: a randomized controlled trial of emergency department discharge instructions. Olson JE, editor. *Acad Emerg Med* 2017;24:75–82.
- 16 Silverberg ND, Iverson GL. Is rest after concussion “the best medicine?”: recommendations for activity resumption following concussion in athletes, civilians, and military service members. *J Head Trauma Rehabil* 2013;28:250–9.
- 17 Schneider KJ, Leddy JJ, Guskiewicz KM ym. Rest and treatment/rehabilitation following sport-related concussion: A systematic review. *Br J Sports Med* 2017;51:930–4.
- 18 Gilbert KS, Kark SM, Gehrman P, Bogdanova Y. Sleep disturbances, TBI and PTSD: Implications for treatment and recovery. *Clin Psychol Rev* 2015;40:195–212.
- 19 Mollaveya T, Kendzerska T, Mollaveya S, Shapiro CM, Colantonio A, Cassidy JD. A systematic review of fatigue in patients with traumatic brain injury: The course, predictors and consequences. *Neurosci Biobehav Rev* 2014;47:684–716.
- 20 Lucas S, Hoffman JM, Bell KR, Walker W, Dikmen S. Characterization of headache after traumatic brain injury. *Cephalalgia* 2012;32:600–6.
- 21 Maskell F, Chiarelli P, Isles R. Dizziness after traumatic brain injury: Overview and measurement in the clinical setting. *Brain Inj* 2006;20:293–305.
- 22 Nagib S, Linens SW. Vestibular rehabilitation therapy improves perceived disability associated with dizziness post-concussion. *J Sport Rehabil*, verkossa ensin 14.2.2019. doi: 10.1123/jsr.2018-0021
- 23 Schneider KJ, Meeuwisse WH, Nettel-Aguirre A ym. Cervicovestibular rehabilitation in sport-related concussion: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2014;48:1294–8.
- 24 Cassidy JD, Cancelliere C, Carroll LJ ym. Systematic review of self-reported prognosis in adults after mild traumatic brain injury: Results of the International Collaboration on Mild Traumatic Brain Injury Prognosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95(S):S132–51.
- 25 Nossen MC, van der Naalt J, Spikman JM ym. Prediction of persistent post-concussion symptoms following mild traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 2018;35:2691–8.
- 26 Silverberg ND, Gardner AJ, Brubacher JR, Panenka WJ, Li JJ, Iverson GL. Systematic review of multivariable prognostic models for mild traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 2015;32:517–26.
- 27 van der Naalt J, Timmerman ME, de Koning ME ym. Early predictors of outcome after mild traumatic brain injury (UPFRONT): an observational cohort study. *Lancet Neurol* 2017;16:532–40.
- 28 Lingsma HF, Yue JK, Maas AIR ym. Outcome prediction after mild and complicated mild traumatic brain injury: external validation of existing models and identification of new predictors using the TRACK-TBI Pilot Study. *J Neurotrauma* 2015;32:83–94.
- 29 Losoi H, Silverberg ND, Wäljas M ym. Recovery from mild traumatic brain injury in previously healthy adults. *J Neurotrauma* 2016;33:766–76.
- 30 Losoi H, Wäljas M, Turunen S ym. Resilience is associated with fatigue after mild traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 2015;30(3):E24–32.
- 31 Jacobs B, Beems T, Stulemeijer M ym. Outcome prediction in mild traumatic brain injury: age and clinical variables are stronger predictors than CT abnormalities. *J Neurotrauma* 2010;27:655–68.