

LIKUNNAN VAIKUTUS MUISTIIN

Narratiivinen kirjallisuuskatsaus

Tapola Sara-Anna

Opinnäytetyö

Liikunta ja vapaa-aika
Liikunnanohjaaja (AMK)

2020

Liikunta ja vapaa-aika
Liikunnanohjaaja (AMK)

Tekijä	Sara-Anna Tapola	Vuosi	2020
Ohjaaja	Tommi Haapakangas		
Työn nimi	Liikunnan vaikutus muistiin		
Sivumäärä	32		

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda yleiskatsaus liikunnan vaikutuksesta muistiin. Opinnäytetyössä tulevat esille yleisellä tasolla liikunnan vaikutukset aivojen toimintaan muistin kannalta. Tarkoituksena on tuoda esille liikunnan ja muistin väliset yhteydet, jotta tietoa voisi hyödyntää jatkossa. Työn tavoitteena oli selvittää, miten liikuntaa kannattaa toteuttaa muistille edullisimpien tulosten kannalta. Tavoitteena oli koota yhteen suositukset liikunnalle ja tehdä tutkitun tiedon avulla päätelmiä muistin kannalta oleellisen liikunnan muodoista, intensiteetistä ja määrästä.

Opinnäytetyö on narratiivinen kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsaus pitää sisällään useista eri tutkimuksista ja kirjallisuudesta löytyvät tiedot. Katsauksen aihepiirit valikoituvat tehdyn viitekehäyksen ja tutkimuskysymysten perusteella. Tutkimusaineisto koostuu pääosin ajankohtaisista englanninkielisistä lähteistä, joita suomenkieliset lähteet tukevat. Työ rajattiin käsittelemään vain muistia ja sen eri osa-alueita.

Muistia tarvitaan joka päivä koko elämän ajan. Liikunnalla on tutkitusti positiivisia vaikutuksia muistin toimintaan. Positiiviset vaikutukset näkyvät aivojen rakenteen muutoksissa, muistin heikkenemisen hidastumisessa sekä tehokkaammassa muistin toiminnassa. Kaikenlaisesta liikunnasta on hyötyä, kuitenkin erityisesti säännöllisellä kestävyysharjoittelulla näyttäisi olevan positiivinen vaikutus muistin toimintaan.

Avainsanat

fyysinen aktiivisuus, liikunta, muisti, säilömuisti, työmuisti

Degree Programme in Sports and
Leisure Management
Bachelor of Sport Studies

Author	Sara Tapola	Year	2020
Supervisor	Tommi Haapakangas		
Subject of thesis	The effects of physical activity on memory: a narrative literature review		
Number of pages	32		

The purpose of this thesis was to review the existing material of the effects physical activity has on memory. The purpose was to explain the connection between physical activity and memory so that the information could be used in the future. Additionally, the effects of physical activity on brain function generally, are explained. The main goal for the review was to assemble physical activity guidelines to exercise training that is the most beneficial for memory. The goal was to draw relevant conclusions that allow evidence-based and practical recommendations.

This was done by conducting a narrative literature review of areas mentioned before. The subject matters were chosen by using a self-made framework for this study and research questions that followed the framework. The research material consisted of literature published in English and Finnish. This thesis focused solely on memory and different aspects of memory.

Memory is needed throughout your whole life. According to research, physical activity has positive effects on memory function. Physical activity changes the brain structure, slows down the age-related memory decline and enhances memory function. Any form of physical activity is beneficial for memory function, although, specifically long-term and regular aerobic training has shown to have a positive effect on memory function.

Key words memory, long-term memory, physical activity,
short-term memory

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Opinnäytetyön lähtökohdat	5
1.2	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	6
1.3	Tutkimus ja aiheen rajaus	6
1.4	Tiedonhaku suunnitelma	8
2	AIVOT JA MUISTI	10
2.1	Aivojen rakenne ja toiminta	10
2.2	Muistin toiminta	11
3	LIIKUNNAN JA MUISTIN VÄLINEN YHTEYS	14
3.1	Liikunta ja aivot	14
3.2	Liikunta ja muisti	15
3.2.1	Liikunnan vaikutukset työmuistiin	16
3.2.2	Liikunnan vaikutukset säilömuistiin	17
4	OPTIMAALISET TAVAT LIIKKUA	18
4.1	Liikuntamuotojen erot	18
4.1.1	Kestävyys harjoittelu	18
4.1.2	Voimaharjoittelu	18
4.1.3	Liikunnan intensiteetti	19
4.2	Liikunnan ajoitus ja määrä	19
5	JOHTOPÄÄTÖKSET TUTKIMUSKOHTEESTA	21
5.1	Liikunnan vaikutus muistiin	21
5.2	Liikuntasuositukset	22
5.3	Tutkimustuloksiin vaikuttavat tekijät	23
6	POHDINTA	24
6.1	Tulosten luotettavuus	24
6.2	Työn vahvuudet ja heikkoudet	25
6.3	Kehittämissuhteet ja jatkotutkimusaiheet	26
6.4	Opinnäytetyön prosessikuvaus	26
	LÄHTEET	28

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Ensimmäinen ajatus opinnäytetyön tekemiseen lähti luettuani Anders Hansenin kirjan Aivovoimaa (2017). Tämä kirja tiivistää liikunnan tutkitut vaikutukset aivojen toimintaan eri osa-alueilla, oli sitten kyse muistista, stressin sietokyvystä, luovuudesta tai mielenterveydestä. Aluksi ajatukseni oli yhdistää muisti sekä tarkkaavaisuus, mutta asian laajuuden vuoksi päätin rajata aiheeni muistiin.

Aiheekseni valikoitui muisti lähinnä oman mielenkiintoni kautta. Muisti on asia, josta usein ollaan riippuvaisia. Lapsuudesta vanhuuteen, koulumaailmasta työelämään, kaikkialla vaaditaan muistia. Usein ajatellaan, että kyky muistaa heikenee iän myötä eikä siihen pysty vaikuttamaan. Onko tämä totta? Pystyykö muistin heikentymiseen vaikuttamaan? Pystyykö muistamista tehostamaan? Mitä liikuminen näkyy kyvyssä muistaa?

Aivovoimaa-kirjan muistia käsittelevän luvun luettuani ymmärsin, että liikunnan vaikutukset muistamiseen ovat suuret. Halusin luvun luettuani ymmärtää paremmin, miksi näin on ja millaista on muistamisen kannalta optimaalisin tapa liikkua. Lisäksi halusin pohtia, mitä kaikkea tällä tiedolla voi tehdä. Koska muisti ei ole välttämättä yksittäinen asia, vaan sen voi liittää esimerkiksi oppimiseen, tekee se aiheesta vielä mielenkiintoisemman. Tämä avaa myös uusia näkökulmia aiheeseen.

Opinnäytetyötä suunniteltaessa aihe osui yhtäkkiä myös lähelle. Lähipiirissäni olevan henkilön muisti alkoi vakavan sairauden takia heikentyä. Kukaan meistä tuskin haluaa unohtaa rakkaimpia muistojaan tai joskus oppimaansa taitoa. Muistoja ei voi elää uudestaan, vaan niistä pitää huolehtia. Kun muisti vielä toimii, siihen voi vaikuttaa. Itse ainakin haluan muistaa ja oppia uutta, niin pitkään, kuin se on mahdollista.

Tärkeimpinä kysymyksinä opinnäytetyössäni ovatkin seuraavat kysymykset:

- Miten liikunta vaikuttaa muistiin?
- Mitä tällä tiedolla voi tehdä?

1.2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Työn tarkoituksena on luoda yleiskatsaus liikunnan vaikutuksista muistiin. Esitellen työssäni yleisellä tasolla liikunnan vaikutukset aivojen toimintaan muistin kannalta. Kokoan työssäni yhteen useista eri tutkimuksista sekä kirjallisuudesta löytyvät tiedot. Tarkoituksena on tuoda esille liikunnan ja muistin väliset yhteydet, jotta tietoa voisi hyödyntää jatkossa. Opinnäytetyön päätarkoituksena ei ole arvioida tutkimusten laatua, vaan löytämäni ja ymmärtämäni tiedon soveltaminen käytäntöön.

Työn tavoitteena on selvittää, miten liikuntaa kannattaa toteuttaa optimaalisten tulosten kannalta. Tavoitteena on koota yhteen suositukset liikunnalle. Pelkkä tieto vaikutuksista ei riitä, vaan konkreettiset keinot muistin vahvistamiselle on oleellinen asia. Tavoitteena on siis koota yhteen ja tehdä tutkitun tiedon avulla päätelmiä muistin kannalta oleellisen liikunnan muodoista, intensiteetistä ja määrästä.

1.3 Tutkimus ja aiheen rajaus

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valikoitui narratiivinen kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsaus oli paras vaihtoehto aiheen tutkimiseen, sillä tutkimuksen teko aiheesta olisi vaatinut pidemmän aikavälin tutkimuksen sekä määrällisesti ison joukon tutkittavia. Pienen joukon ja lyhyen aikavälin tutkimus ei olisi ollut luotettava tämän aiheen tutkimiseen.

Kirjallisuuskatsauksen avulla saadaan koottua yhteen jo tehdyt tutkimukset, jotta aihetta on kokonaisuutena helpompi ymmärtää. Kirjallisuuskatsauksen avulla ei siis saada uusia tutkimustuloksia. Katsauksen tehtävänä on arvioida ja analysoida jo tehtyjä tutkimuksia. (Salminen 2011, 3–5.) Aiheestani on tehty jo useita tutkimuksia, joten päätös kirjallisuuskatsauksesta oli helppo.

Narratiivinen kirjallisuuskatsaus valikoitui, koska sen toteuttamistapa on vapaampi verrattuna muihin kirjallisuuskatsauksen muotoihin. Narratiivinen kirjallisuuskatsaus on kuvaileva kirjallisuuskatsaus, jossa säännöt ovat väljempiä. Esimerkiksi tutkimuskysymykset eivät ole niin tarkkoja verrattuna systemaattiseen katsaukseen tai meta-analyysiin. Aineistojen valintaa ei ole myöskään rajattu tavoilla säännöillä. Narratiivisen katsauksen avulla voidaan ajantasaistaa tutkimustietoa ja päätyä useita tutkimuksia tiivistämällä ytimekkäisiin ja ymmärrettäviin johtopäätöksiin. (Salminen 2011, 6–7.)

Opinnäytetyön aiheen rajaaminen vain yhteen osa-alueeseen on tärkeää tiedonhauksen kannalta. Opinnäytetyö voi antaa uusia näkökulmia esimerkiksi oppimiseen. Oppimiseen vaikuttavat kuitenkin myös muut asiat kuin muisti, joten rajasin sen osittain pois helpottaakseni tiedonhakua. Vaikutuksia oppimiseen kuitenkin sivutaan työssäni. Lisäksi rajasin pois työstäni liikunnan vaikutukset muistisairauksiin, jotta aihe olisi helpommin käsiteltävissä. Opinnäytetyöni keskittyy siihen, mitä on muistiliikunta käytännössä sekä mihin ja miten liikunta aivoissa vaikuttaa, muistin ja muistamisen kannalta.

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksiksi muodostuivat seuraavat kysymykset:

- Miten liikunta vaikuttaa aivojen rakenteeseen ja toimintaan ja sitä kautta muistiin?
- Minkälainen liikunta edistää muistin kehittymistä/estää muistin heikentymistä?

Opinnäytetyön tutkimusosuudessa noudatin narratiivisen katsauksen rakennetta. Työn alussa avataan aivojen toimintaa muistin kannalta sekä itse muistin toimintaa ja muistin eri osa-alueita. Tästä siirrytään tutkimaan muistiin vaikuttavia tekijöitä, joista tarkemmin tarkastellaan liikuntaa. Kun tiedetään miten liikunta vaikuttaa muistiin, voidaan selvittää, minkälainen liikunta on optimaalisinta.

1.4 Tiedonhakusuunnitelma

Käytän tiedonhakuni pohjalla tekemääni viitekehystä, jonka voi nähdä kuviossa 1. Viitekehyksessä on mielestäni oleellimmat kysymykset, joihin lähdin etsimään vastausta. Hakusuunnitelma on siis tehty kysymysten pohjalta. Kysymykset jättävät paljon tilaa aineiston valintaan ja tiedon muodostamiseen. Samalla ne kuitenkin rajaavat tiedonhakua tarpeeksi.



Kuvio 1. Opinnäytetyön hakusuunnitelma

Hain tietoa pääosin sähköisesti. Yleisimmät käyttämäni hakukoneet olivat Google Scholar, SportDiscus, PubMed ja Finna. Tietoa hain sekä suomen- että englanninkielisistä lähteistä. Suomenkielisiä lähteitä ei löytynyt kovinkaan paljoa, joten suurin osa käyttämistäni lähteistä on englanninkielisiä. Tiedonhaussa käytetyt termit eivät olleet kivenhakattuja, vaan ne muokkautuivat työtä tehdessä. Mitä enemmän lähdeaineistoon perehtyi, sitä tarkemmiksi ja vakiintuneemmiksi hakutermit muuttuivat.

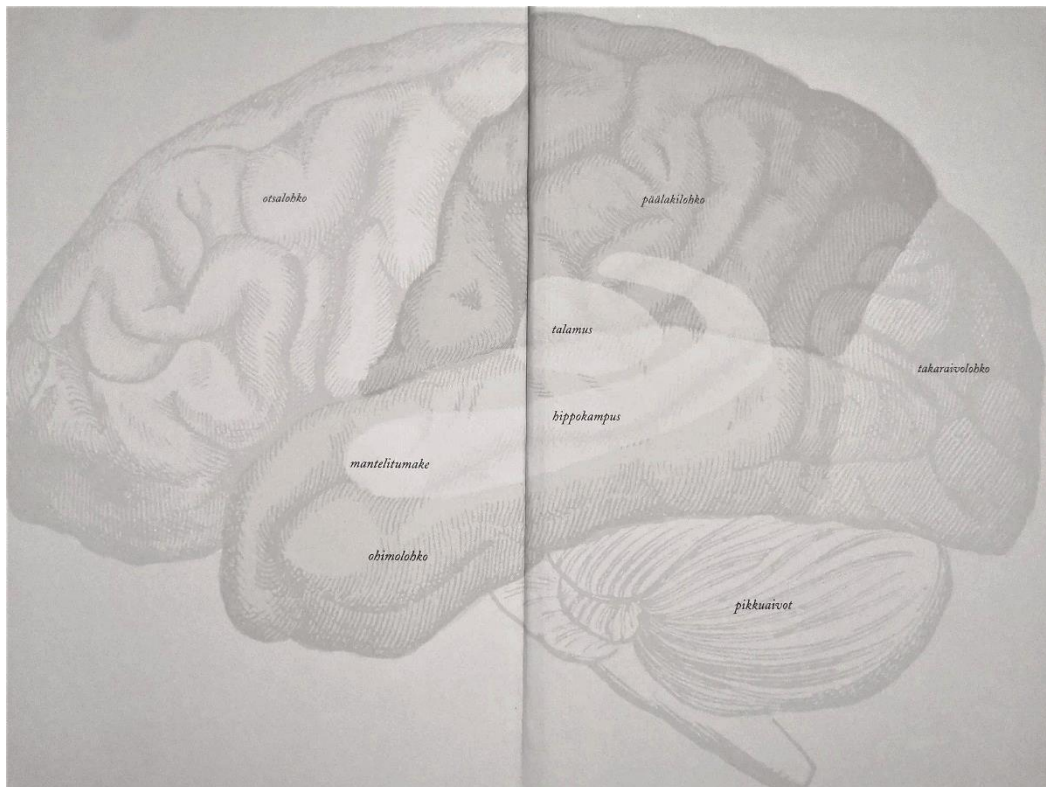
Käytetyimmät ja tärkeimmät suomenkieliset hakutermit olivat muisti, liikunta, säilömuisti, työmuisti, fyysinen aktiivisuus ja aivot. Englanninkielisistä hakutermeistä tärkeimmät olivat memory, physical activity, exercise training, short-term memory, long-term memory, brain-derived neurotrophic factor, brain, hippocampus ja aerobic training. Aiheen tarkka rajaus helpotti hakutermien määrittelyä.

Käytin työssäni laadullisia sekä määrällisiä tutkimuksia ja systemaattisia kirjallisuuskatsauksia. Tutkimusten suhteen halusin valita tutkimukset, jotka ovat tehty ihmisillä. Aivotutkimusta on tehty enemmän eläimillä verrattuna ihmisiin. Valitsin kuitenkin ihmisillä tehdyt tutkimukset käytännöllisyyden kautta. Ajatuksena, että ihmisillä tehtyjen tutkimusten tuloksia olisi helpompi sovittaa käytäntöön. Kirjalähteitä käytin, mikäli niistä löytyi selkeät lähdeviittaukset.

2 AIVOT JA MUISTI

2.1 Aivojen rakenne ja toiminta

Muistin toiminnan ymmärtämiseksi, täytyy tietää jonkin verran myös aivojen rakenteesta ja toiminnasta. Aivojen tehtävä on käsitellä, varastoida ja tuottaa tietoa. Aivoissa on noin 100 miljardia aivosolua, jotka hoitavat näitä tehtäviä. Aivot voidaan jakaa eri osiin ja eri lohkoihin. Aivojen pääosat ovat isot aivot, pikkuaivot, väliaivot, aivorunko ja selkäydin. Lohkot jaetaan otsalohkoon, päälakilohkoon, ohimolohkoon ja takaraivolohkoon. Aivojen osat on kuvattu kuviossa 2. (Hansen 2017, 1; Ilmoniemi 2020.)



Kuvio 2. Aivojen osat (Hansen 2017, 1–2)

Muistin kannalta tärkein aivojen osa on hippokampus. Hippokampusta voisikin sanoa aivojen muistikeskukseksi. Hippokampus on muodoltaan nimensä mukaisesti merihevosien muotoinen, kokoa voisi verrata peukaloon. Kummassakin aivopuoliskossa on yksi hippokampus ja ne sijaitsevat ohimolohkojen sisällä. Hippokampus ei kuitenkaan ole muistojen varastointipaikka, vaan sitä voisi kuvailla sanalla käsittely- ja välityskeskus. Muistot varastoidaan aivokuorelle, jossa ne sijaitsevat hajallaan. (Ylinen & Sirviö, 1997, 1729; Hansen 2017, 135.)

Varastoidut muistot ovat käytännössä verkostuneita aivosoluryhmiä. Uutta keessamme aivojen hermosolut muodostavat uuden yhtenäisen ryhmän aivosoluja ja uusi muisto syntyy. Kuten jo aikaisemmin mainitsin, aivosoluja on lukematon määrä. Tosiasia on kuitenkin se, että aivosoluja kuolee joka päivä enemmän kuin uusia syntyy. Samalla aivot kutistuvat ja sille emme voi mitään. Suurimmillaan aivot ovat 25-vuotiaana, jonka jälkeen aivojen tilavuus pienenee vuosittain puolesta prosentista reiluun prosenttiin. Kun aivot kutistuvat, kutistuu myös muistikeskus hippokampus. Hippokampuksen kutistuminen heikentää muistia. Muistin heikentymisen tai kehittymisen kannalta on myös tärkeää ymmärtää, miten muisti toimii. (Hansen 2017, 135, 142.)

2.2 Muistin toiminta

Muisti on sanana yksikössä, mutta muistin toiminta ei tarkoita yksittäistä isoa järjestelmää. Muistin toiminta koostuu sen sijaan erilaisista muistijärjestelmistä. Muistijärjestelmät eroavat toisistaan siinä, kuinka pitkään järjestelmä pystyy säilyttämään tietoa ja kuinka paljon tietoa järjestelmään mahtuu. Osa järjestelmistä pystyy säilyttämään tietoa vain sekunnin murto-osan, osaa taas koko ihmisen eliniän. Yhtä lailla yhteen muistijärjestelmään mahtuu tietoa tietokoneen muistin lailla, toinen järjestelmä toimii taas vain puskurimuistina. (Baddeley 1997, 3.)

Muistijärjestelmät voidaan jakaa karkeasti kolmeen erilliseen järjestelmään. Nämä ovat sensoriset varastot, lyhytkestoinen muisti ja pitkäkestoinen muisti. (Kalakoski 2013, 17.) Tämän tutkimuksen kannalta ei mielestäni tarvitse tehdä tarkempaa jakoa muistijärjestelmien välille.

Keräämme jatkuvasti aistien avulla tietoa ympäristöstämme. Aistien välittämä informaatio päätyy sensorisiin varastoihin. Sensorisia varastoja voidaan kutsua myös nimellä aistimuisti. Aistimuistin tehtävänä on erotella välitetystä informaatiosta olennainen tieto, joka päätyy tietoisuuteemme. Suurin osa aistihavainnoista ei koskaan päädy syvempään tietoisuuteen. Voidaan ajatella, että jokaisella aistilla on oma sensorinen varasto. Nämä voidaan jakaa aistimuksen aivoalueella olevan tallennuspaikan mukaan. Näistä voidaan tunnistaa kaiku-, ikoni- ja kosketusmuisti sekä auditiivinen ja visuaalinen muisti. (Baddeley 1997, 9; Muistiliitto 2017.)

Sensorisista varastoista oleellinen informaatio päätyy lyhytkestoiseen muistiin. Lyhytkestoisesta muistista käytetään myös nimitystä työmuisti. Työmuistin kapasiteetti on hyvin rajallinen, joten se ei pysty säilyttämään tietoa pitkäkestoisesti. Työmuisti toimii silloin kun aktiivisesti suoritamme jotakin tehtävää, esimerkiksi pönttämämme tärkeää numerosarjaa, joka pitäisi hetken päästä muistaa. Työmuistilla ajatellaan olevan kaikki ne keinot, joiden avulla pystytään käsittelemään informaatiota ja toimintoja, jotka ovat välttämättömiä aktiivisesta suoritettavan tehtävän tai tehtävien suorittamisessa. (Kalakoski 2013, 17; Tanila 2014; Muistiliitto 2017.)

Osa työmuistin käsittelemästä informaatiosta päätyy pitkäkestoiseen muistiin. Pitkäkestoista muistia kuvataan myös sanalla säilömuisti. Säilömuistia voisi kuvata aivojen kovalevynä. Kuten kovalevyllä tiedostot on jaettu yleensä ryhmittäin, myös säilömuisti voidaan jakaa osiin. Se jaetaan sisällön perusteella usein deklaratiiviseen muistiin ja proseduraaliseen muistiin. Deklaratiivinen muisti on tosiasioita koskeva muisti, johon kuuluvat semanttinen eli asiamuisti sekä episodinen eli tapahtumamuisti. Asiamuisti on tarkoitettu yksittäisten asioiden, kuten sanojen ja kuvien muistamista varten. Tapahtumamuisti säilyttää nimensä mukaisesti tapahtuneet tapahtumat, ikään kuin videotiedostoina. (Kalakoski 2013, 18; Tanila 2014.)

Proseduraalisella muistilla tarkoitetaan taitoja ja toimintoja koskevaa muistia. Proseduraalisessa muistissa muistot eivät ole niinkään sanallisessa muodossa, vaan toimintaohjeina ja taitoina. Proseduraalisesta muistista voidaan erottaa esimerkiksi implisiittinen muisti. Implisiittisellä muistilla tarkoitetaan muistia, joka ilmenee toiminnassa. Tällaista toimintaa voisi olla esimerkiksi pyörälläajo. Pyörälläajo on vaikeasti sanoilla kuvailtava taito, joten se on osa implisiittistä muistia. (Kalakoski 2013, 18; Muistiliitto 2017.)

Pitkäkestoinen muisti on rajaton varasto, jonka toimenkuvaan kuuluvat muistojen mieleen painaminen, mielessä säilyttäminen ja mieleen palauttaminen. Muistaminen on ylipäätään tapahtumasarja, jossa tieto siirtyy työmuistista säilömuistiin, josta se aina tarvittaessa palautetaan takaisin työmuistin käsiteltäväksi. Muistamisella ei kuitenkaan aina tarkoiteta asian palauttamista mieleen, vaan se voi myös tarkoittaa asioiden tunnistamista tai jonkin asian tutulta tuntumista. Koska

muistiin ja muistamiseen liittyy useita eri osa-alueita, voidaan muistia kuvata moninaisena ilmiönä. Tämän vuoksi muistin tutkiminen yhtenä kokonaisuutena on haastavaa ja vanhat oletukset osoittautuvat usein vääriksi tai puutteellisiksi. Varmaa on kuitenkin se, että muistin eri osa-alueet kytkeytyvät vahvasti toisiinsa ja että muistin toiminnassa on tiettyjä rajoituksia. (Kalakoski 2013, 18: Muistiliitto 2017.)

Työmuistissa tieto säilyy noin 30 sekuntia, mikäli tietoa ei kerrata. Yhtä aikaa työmuistissa voidaan käsitellä 3 – 4 tietoyksikköä kerrallaan. Kuten jo aikaisemmin on mainittu, säilömuisti on kapasiteetiltaan rajaton. Se ei kuitenkaan tarkoita, että eikö säilömuistiinkin liittyisi rajoituksia. Tiedon siirtäminen työmuistista säilömuistiin eli toisin sanoen oppiminen, vaatii aikaa, toistoja ja tiedon työstämistä. Tämä taas tapahtuu verrattain hitaasti ja säilömuistin rajallisuudesta puhuttaessa puhutaankin usein juuri ihmisen hitaasta oppimisesta. Oppimisen hitauden lisäksi myös asioiden mieleen palauttaminen saattaa tilapäisesti tai pysyvästi vaikeutua. Tähän on useita eri tekijöitä, jotka rajoittavat säilömuistin toimintaa. (Kalakoski 2013, 18–19.)

Yksi muistia rajoittavista sekä edistävästä tekijöistä on uni. Unesta on paljon hyötyä, mutta muistin kannalta hyöty on merkittävää. Unesta on osoitettu olevan hyötyä niin muistijälkien tallentamisessa kuin muistijälkien vahvistamisessa. Hyödyn määrä on riippuvainen unen määrästä ja laadusta. Uni vaikuttaa kognitiivisiin toimintoihin, kuten muisti ja oppiminen, niin paljon, että sitä ei voi olla huomioimatta muistitutkimuksessa. (Gerstner, Aton & Heller 2016, 4–5; Walker 2019, 507–509.)

Oma kysymykseni kuuluukin, voiko näihin muistiin liittyviin rajoituksiin vaikuttaa liikunnalla. Liikunnalla on paljon todettuja positiivisia vaikutuksia, mutta voiko liikumalla myös kehittää kykyä muistaa, käsitellä uutta informaatiota sekä palauttaa helpommin mieleen jo opittua tietoa. Entä siirtyykö informaatio tehokkaammin työmuistista säilömuistiin, mikäli liikumme aktiivisesti.

3 LIIKUNNAN JA MUISTIN VÄLINEN YHTEYS

3.1 Liikunta ja aivot

Liikunnan vaikutuksia aivoihin alettiin tutkia 1990-luvun puolivälissä. Eritoten sitä, mihin osaan aivoja liikunta vaikuttaa eniten. Tutkijoilla oli ajatus siitä, mihin liikunnan pitäisi aivoissa vaikuttaa. Pikkuaiivot ja motorinen aivokuori hallitsevat kehon liikkeitä, joten liikunnan vaikutuksen oletettiin näkyvän näillä alueilla. Oletus ei kuitenkaan pitänyt paikkaansa. Sen sijaan, että liikunta olisi vaikuttanut kehon liikkeitä koordinoivien aivojen osiin, suurin vaikutus näkyikin hippokampuksessa. Kuten aikaisemmin onkin jo mainittu, hippokampus on aivojen muistikeskus. (Hansen 2017, 134.)

Edellä mainitussa tutkimuksessa liikunnan vaikutuksia selvitettiin BDNF:n avulla. BDNF tulee sanoista Brain-Derived Neurotrophic Factor ja tarkoittaa siis aivope-
räistä neurotrofista tekijää. Neurotrofisella tekijällä tarkoitetaan hermosolujen toimintaa tukevaa kemikaalia. BDNF-tasoa elimistössä tutkitaan, koska sen ajatellaan olevan yksi tärkeimmistä tekijöistä aivojen joustavuuden säilyttämisessä, aivosolujen syntyemisessä sekä solujen vanhenemisen hidastamisessa. BDNF on aine, jota aivot pystyvät itse valmistamaan muun muassa hippokampuksessa. Koska BDNF tukee hermosolujen toimintaa, vahvistaa se samalla aivosoluryhmien sisällä olevia kytköksiä. Täten se on myös muistin kannalta tärkeä aine. (Van Praag 2009, 284–287; Syväoja ym. 2012, 20; Hansen 2017, 116–117.)

Tutkimuksissa on todettu, että liikunnalla BDNF-taso elimistössä nousee. Kuten 1990-luvun puolivälin tutkimuksissa huomattiin, BDNF-tason nousu, näkyy etenkin hippokampuksessa. Yhden liikuntakerran vaikutus näkyy nopeasti ja se kestää jopa viikkoja. Liikunta on kaikista tehokkain tapa saada aivot tuottamaan BDNF:ää. BDNF:n positiiviset vaikutukset ulottuvat monelle eri osa-alueelle, joista muisti on yksi. Lukuisten positiivisten vaikutusten takia BDNF:ää onkin kuvailtu aivojen ihmeaineeksi, joka on yhtä tärkeää riippumatta elämän vaiheesta. (Van Praag 2009, 283–286; Hansen 2017, 117.)

BDNF:n tärkeys johtuu muun muassa sen vaikutuksesta neurogeneesiin. Neurogeneesillä tarkoitetaan uusien hermosolujen muodostumista hippokampuksessa. Pitkään oli vallalla käsitys siitä, että neurogeneesiä ei enää tapahtuisi aikuisiässä.

Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa. Neurogeneesi väistämättä hidastuu vanhe-
tessa, mutta ei lopu kokonaan. BDNF on tutkituin kasvutekijä, joka vaikuttaa
neurogeneesin tehokkuuteen. BDNF on tutkitusti tehostanut varsinkin eläin-
keissa neurogeneesin toimintaa. Täten voidaan tehdä myös vahva oletus siitä,
että vaikutus on samankaltainen myös ihmisten aivojen toiminnassa. (Rossi ym.
2006, 1854–1855; Radak, Kumagai, Taylor, Naito & Goto 2007, 994; Kantola,
Pirttimäki & Nokia 2017, 436–442.)

BDNF ei kuitenkaan ole ainoa asia, johon liikunta vaikuttaa aivoissa. Liikunnan
on todettu lisäävän aivojen verenkiertoa ja välittäjäaineiden tasoa sekä paranta-
van aivojen hapensaantia. Säännöllisellä liikunnalla myös aivojen hiussuonten
määrä kasvaa sekä syntyy uusia hermosoluja. Kestävyysliikunnalla hippokam-
puksen tilavuus kasvaa ja samalla sen pieneneminen hidastuu. Myös aivokuoren
sähköinen aktiivisuus lisääntyy, mikä vaikuttaa tiedollisten taitojen hermoverkko-
jen tiheyteen positiivisesti. (Van Praag 2009, 283–286; Erickson ym. 2010, 3019;
Hillman, Kamijo & Scudder 2011, 21–26.)

3.2 Liikunta ja muisti

Puhuttaessa liikunnan vaikutuksista muistiin, hippokampuksen toiminnan merki-
tys on yksi oleellisimmista asioista. Tämän vuoksi osa tutkimuksista, jotka tutkivat
muistin ja liikunnan välisiä yhteyksiä, keskittyvät hippokampuksen toimintaan.
Hippokampuksen toimintaa ja tehtäviä on kuvailtu tässä työssä aikaisemmin, jo-
ten tässä luvussa keskityn liikunnan aiheuttamiin muutoksiin hippokampuksessa.

Hippokampuksen koko pienenee lähes koko aikuisiän, joka johtaa muistin heik-
kenemiseen ikääntyessä. Erickson ym. (2010) tutkivat hippokampuksen tilavuus-
muutoksia kestävyysliikuntaa harrastavilla sekä venyttelevilla ihmisillä. Tut-
kimus kesti vuoden, jonka jälkeen osallistujien aivot tutkittiin magneettikuvauk-
sella. Magneettikuvista selvisi, että kestävyysliikuntaa harrastavien hippokam-
pukset olivat vuoden kuluttua tilavuudeltaan 2 prosenttia suuremmat lähtötasoon
verrattuna. Vain venyttelevien ihmisten hippokampusten koko oli taas pienenty-
nyt vuoden aikana noin 1,4 prosenttia. Kahden prosentin muutos hippokampuk-
sen koossa tarkoittaa hippokampuksen koon pienenemisen pysäyttämistä 1 – 2
vuodella. (Erickson ym. 2010, 3017.)

Syitä hippokampuksen kasvulle tutkijat löysivät aivojen ihmeaineen BDNF:n lisääntymisestä hippokampuksessa liikunnan seurauksena. BDNF:n positiiviset vaikutukset aivoille on kuvattu aiemmin. Lisäksi he ajattelivat, että verenkierron lisääntyminen aivoissa saattaisi vaikuttaa hippokampuksen kokoon. Ericksonin ym. (2010) tutkimus oli tehty vain 120 henkilön otannalla, heidän tutkimustuloksiin kuitenkin tukee muun muassa myös Etnierin ym. (2016) tekemä tutkimus, jossa tutkittiin fyysisen aktiivisuuden merkitystä BDNF-tasoihin sekä muistiin. Heidän tutkimuksensa osoitti liikunnan nostavan BDNF-tasoja. He eivät kuitenkaan löytäneet suoraa yhteyttä BDNF-tasojen nousun ja muistin kehittymisen välillä. (Erickson ym. 2010, 3017–3021; Etnier ym. 2016, 331–335.)

BDNF:n ja muistin välillä olevia yhteyksiä on tutkittu paljon eläimillä ja näiden perusteella on oletettu, että korkeampi BDNF-taso vaikuttaisi myös toimivampaan muistiin (Hansen 2017, 134–136). Etnierin ym. (2016, 336–338) tutkimuksessa yhteyttä ei kuitenkaan havaittu. Heidän tutkimustaan tukee Wilkoscin ym. (2016, 3–5) tekemä tutkimus terveillä aikuisilla. Heidän tutkimuksessaan ei myöskään havaittu suoraa yhteyttä muistin ja BDNF-tasojen välillä.

3.2.1 Liikunnan vaikutukset työmuistiin

Liikunnan on sanottu parantavan sekä työ-, että säilömuistia. Zach & Shalom (2016, 365–374) tutkivat artikkelissaan pallopelien pelaamisen vaikutusta työmuistiin. Tutkittavat suorittivat sarjan työmuistiin liittyviä tehtäviä heti fyysisten tehtävien jälkeen. Fyysiset tehtävät oli jaettu aerobisiin harjoitteisiin, voimaharjoitteisiin sekä pelillisiin harjoitteisiin. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että fyysiset harjoitteet vaikuttivat positiivisesti työmuistiin kaikkien harjoitteiden jälkeen. Parhaan tuloksen työmuistitehtävissä tutkittavat saivat kuitenkin pelillisten harjoitteiden jälkeen.

Vuonna 2013 tehdyn tutkimuksen (Chang, Huang, Chen & Hun, 1179) mukaan liikunta vaikuttaa positiivisesti työmuistiin. Tutkimus toteutettiin 65 – 72-vuotiailla henkilöillä. Tutkimuksen perusteella fyysisesti aktiivisten tutkittavien ryhmä reagoi nopeammin heille annettuihin tehtäviin, mikä viittaa työmuistin tehokkaampaan toimintaan.

Peruskouluikäisillä lapsilla tehdyissä tutkimuksissa tuli selville, että yksinkertaisilla harjoitteilla kuten juoksemisella tai pyöräilemisellä oli suurempi vaikutus työmuistin toimintaan verrattuna haastavimpiin harjoitteisiin, kuten pallopeleihin. Mikäli yksinkertaiset ja haastavat harjoitteet yhdistettiin, ei sillä näyttänyt olevan vaikutusta työmuistin toimintaan. (Paschen, Lehmann, Kehne & Baumeister 2019, 269–280.)

3.2.2 Liikunnan vaikutukset säilömuistiin

Etnier ym. (2016, 331) sekä Wilkosc ym. (2016, 3–5) eivät löytäneet yhteyttä BDNF-tasojen nousun ja muistin välillä. Canivet ym. (2015, 4–9) löysivät kuitenkin iäkkäillä tehdyssä tutkimuksessaan yhteyden BDNF-tasojen nousun ja säilömuistin välillä. Yhteys löytyi erityisesti episodisen eli tapahtumamuistin kohdalla. Canivet ym. (2015) tutkivat vain BDNF-kemikaalin tiettyä muotoa, kun taas Etnierin ym. (2016) tutkimuksessa mitattiin yleisesti BDNF-tasoa elimistössä. Wilkosc ym. (2016) tutkivat aikuisia, joten sekä tutkittavien ikä että kemikaalin muoto voivat selittää tätä eroa.

Labban & Etnier (2018, 336) tutkivat liikunnan vaikutusta säilömuistiin. He tutkivat mihin osaan säilömuistia liikunta vaikuttaa. Vaikuttaako liikunta muistojen syntyyn vai muistojen vahvistamiseen. Heidän tutkimuksensa perusteella liikunnalla on suurempi vaikutus muistojen syntymiseen kuin muistojen vahvistamiseen. Positiivinen vaikutus näkyy etenkin silloin, kun fyysinen harjoite suoritetaan, ennen kuin pitää opetella jotakin uutta.

Labbanin & Etnierin (2018, 336–342) tutkimusta vahvistaa Tomporowskin & Pendletonin (2018, 240–248) tekemä tutkimus liikunnan vaikutuksesta säilömuistiin. Erona Labbanin & Etnierin (2018) tutkimukseen Tomporowski & Pendleton (2018) löysivät myös yhteyksiä muistojen vahvistamiseen. Muistojen vahvistamisen kohdalla ei ollut eroa liikunnan suoritus ajankohdalla. Tämä ero voisi selittyä sillä, että Labbanin & Etnierin (2018, 340) tutkimuksessa ensimmäinen muistitesti tehtiin 60 min jälkeen, kun taas Tomporowskin & Pendletonin (2018, 242–243) tutkimuksessa ensimmäinen testi tehtiin seitsemän tunnin jälkeen.

4 OPTIMAALISET TAVAT LIIKKUA

4.1 Liikuntamuotojen erot

Eri liikuntamuodoilla tarkoitan tässä luvussa kestävyysharjoittelua sekä voimaharjoittelua. Lisäksi jaan fyysisen aktiivisuuden intensiteetin kovatehoiseen ja matalatehoiseen harjoitteluun. Liikuntamuotojen erottelulla yritän selkeyttää liikunnan vaikutusta muistiin.

4.1.1 Kestävyysharjoittelu

Kestävyysharjoittelulla näyttäisi olevan selkeä positiivinen vaikutus muistin toimintaan. Lapsuudessa suoritettulla aerobisella harjoittelulla on tutkimusten mukaan edullinen vaikutus kognitiivisiin toimintoihin ja aivojen rakenteeseen. Fyysisesti aktiiviset lapset suoriutuvat paremmin muistitehtävistä. Yhtenä syynä tähän esitetään, että tutkimusten mukaan hyväkuntoisilla lapsilla hippokampuksen koko on suurempi ja toiminta tehokkaampaa verrattuna vähemmän liikkuviin lapsiin. (Khan & Hillman 2014, 140–143.)

Kestävyysharjoittelu vaikuttaa myös positiivisesti nuorten aikuisten muistiin. Ludygan ym. (2018, 164) tutkimuksen mukaan aerobinen harjoittelu edesauttaa sekä työ- että säilömuistin toimintaa. Coles & Tomporowski (2007, 341) päätyivät tutkimuksessaan siihen tulokseen, että aerobinen harjoittelu vaikuttaa positiivisesti säilömuistiin. Heidän tutkimuksessaan ei löytynyt yhteyttä aerobisen harjoittelun ja työmuistin välillä.

4.1.2 Voimaharjoittelu

Herold, Törpel, Schega & Müller (2019, 18–20) tekivät systemaattisen kirjallisuuskatsauksen voimaharjoittelun vaikutuksista kognitiivisiin toimintoihin. Katsauksen perusteella voimaharjoittelu näkyy etenkin työmuistin toiminnassa. Voimaharjoittelu lisää myös BDFN:n määrää aivoissa, mikä tukee voimaharjoittelun positiivista vaikutusta työmuistiin. Myös muiden tutkimusten mukaan voimaharjoittelu näkyy etenkin työmuistin toiminnassa sekä aikuisilla että iäkkäillä henkilöillä. (Brush, Olson, Ehmann, Osovsky & Alderman 2016, 396; Lachman, Newport, Bertrand & Jette 2006, 68).

4.1.3 Liikunnan intensiteetti

Winter ym. (2007, 597–602) suorittivat tutkimuksen, jossa tutkittiin kovatehoisen liikunnan vaikutusta muistiin. Heidän johtopäätöksensä mukaan kovatehoinen liikunta ennen suoritusta lisäsi tutkittavien kykyä muistaa opittu asia 20 prosentilla verrattuna matalilla tehoilla harjoittelevien tuloksiin. Liikunnan intensiteetin vaikutuksista on ristiriitaisia tuloksia. Haapalan (2012, 55–59) tekemän kirjallisuuskatsauksen mukaan kovatehoisella harjoittelulla ennen suoritettavaa muistitehtävää, ei ollut vaikutusta työmuistin toimintaan. Matalatehoisella harjoittelulla todettiin olevan edullisempi vaikutus työmuistin toimintaan verrattuna kovatehoiseen harjoitteluun. Myös matalatehoisella voimaharjoittelulla on työmuistin toimintaa kehittävä vaikutus (Brush ym. 2016, 396).

4.2 Liikunnan ajoitus ja määrä

Pontifex, Gwizdala, Parks, Pfeiffer & Fenn (2016) tutkivat vuorokauden aikaisen liikunnan ajoitusta ja määrää suhteessa säilömuistin toimintaan. Heidän tutkimuksensa perusteella fyysisen aktiivisuuden määrällä ei niinkään ollut vaikutusta säilömuistin toimintaan. Suurempi vaikutus oli fyysisen aktiivisuuden ajoituksella. Mikäli tutkittavat liikkuvat 1 – 2 tunnin aikaikkunan sisällä opiskeltavan asian jälkeen, liikunnalla oli muistia heikentävät vaikutukset. Kun liikunta suoritettiin tuntia ennen opiskeltavaa asiaa, opiskeltu tieto oli säilynyt paremmin tutkittavien muistissa.

Stroth, Hille, Spitzer & Reinhardt (2009, 235) tutkivat säännöllisen aerobisen liikunnan vaikutusta muistiin. Säännöllisellä liikunnalla tarkoitettiin 30 minuutin juoksulenkkiä kolme kertaa viikossa. Tulosten perusteella säännöllisesti liikkuvien visuaalinen muisti kehittyi verrokki ryhmään verrattuna. Juoksemisella ei ollut vaikutusta sanojen muistamiseen.

Strothin ym. (2009) tutkimus kesti vain kuusi viikkoa. Sneider ym. (2017, 23) tutkivat säännöllisen aerobisen liikunnan vaikutusta iäkkäillä henkilöillä. Henkilöt, jotka suoriutuivat työmuistiin liittyvissä tehtävissä paremmin verrattuna passiivisiin henkilöihin tai hetki sitten liikunnan aloittaneisiin, olivat harrastaneet säännöl-

lisesti liikuntaa pitkällä aikavälillä. Sneideren ym. (2017) tutkimus mielestäni vahvistaa Strothin ym. (2009) tutkimusta säännöllisen liikunnan positiivisesta vaikutuksesta muistiin.

Liikunnan määrän vaikutuksesta muistiin ei ole tehty ihmisillä vielä luotettavaa tutkimusta. Hiirillä tehtyjen tutkimusten mukaan todella suuri määrä liikuntaa heikentää muistia. Tämä luultavasti pätee myös ihmisiin. Sitä missä yläraja menee, on vaikea sanoa. Liikunnan yläraja varmasti vaihtelee yksilöittäin. Raja luultavasti kulkee siinä, missä liikunta ei enää poista stressiä, vaan stressi nousee liiallisen liikkumisen takia. (Hansen 2017, 146.)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET TUTKIMUSKOHTEESTA

5.1 Liikunnan vaikutus muistiin

Liikunta vaikuttaa aivojen rakenteeseen ja eritoten hippokampukseen. Hippokampus toimii aivojen muistikeskuksena, joten liikunnan vaikutus hippokampukseen on oleellista. Vaikutus näkyy hippokampuksen koon suurenemisena liikunnan seurauksena. Hippokampuksen tilavuuden suureneminen tehostaa muistin toimintaa. Hippokampuksen tilavuuden suureneminen johtuu joidenkin tutkimusten mukaan aivoperäisen neurotrofisen tekijän (BDNF) määrän suurenemisesta hippokampuksessa. Lisäksi aivojen verenkierron lisääntyminen liikunnan seurauksena saattaa vaikuttaa hippokampuksen kokoon. (Van Praag 2009, 283–290; Erickson ym. 2010, 3019–3020; Hansen 2017, 134.)

Liikunta lisää tutkitusti BDNF:n määrää aivoissa. BDNF-tasojen nousun ja muistin välillä ei kuitenkaan kaikissa tutkimuksissa nähty yhteyttä. Toisaalta toiset tutkimustulokset tukevat BDNF:n ja muistin välistä yhteyttä. (Etnier ym. 2016, 331–338; Wilkosc ym. 2016, 3–9; Canivet ym. 2015, 1–9.) Ristiriitaiset tulokset saattavat johtua tutkittavien muistin osa-alueiden eroista sekä tutkittavien iästä. Lisäksi BDNF on monimutkainen kemikaali, jonka eri muotojen vaikutusta muistiin ei ollut kaikissa tutkimuksissa huomioitu. Tutkimustulos riippuu BDNF:n tutkittavasta muodosta.

Liikunnan vaikutus näkyy sekä työ- että säilömuistissa. Lapsilla, aikuisilla ja iäkkäillä henkilöillä tehtyjen tutkimusten mukaan liikunta näytti tehostavan työmuistin toimintaa. Säilömuistin kohdalla liikunnan positiiviset vaikutukset näkyvät uusien muistojen syntymisessä. Liikunnalla ei ole niin suurta vaikutusta muistojen vahvistumiseen. (Chang ym. 2013, 1177–1179; Zach & Shalom 2016, 365–374; Labban & Etnier 2018, 336–342; Paschen ym. 2019.)

5.2 Liikuntasuositukset

Lukemieni tutkimusten perusteella kaikenlainen liikunta vaikuttaa muistiin. Tutkimusta on kuitenkin tehty enemmän kestävyysharjoittelun ja yleisen fyysisen aktiivisuuden kautta. Voimaharjoittelun vaikutuksia on tutkittu vähemmän. Kummalakin harjoittelumuodolla on positiivisia vaikutuksia muistiin. (Lachman ym. 2006, 38; Coles & Tomporowski 2007, 341; Khan & Hillman 2014, 140–143, Brush ym. 2016, 396 Ludygan ym. 2018, 164; Herold ym. 2019, 18–20.)

Liikunnan intensiteetin vaikutuksista löytyi ristiriitaista tietoa. Matalatehoisella harjoittelulla näyttäisi kuitenkin olevan kovatehoista harjoittelua hyödyllisempi vaikutus muistin toimintaan. (Haapala 2012, 55–59; Winter ym. 2007, 597 – 602.) Liikunnan määrästä ei ole vielä luotettavaa tutkimustietoa ihmisillä, joten tärkeintä on se, että liikkuu säännöllisesti. Säännöllisellä liikunnan vaikutukset näkyvät muistin toiminnassa pitkään. (Strothin ym. 2009, 235; Sneider ym. 2017, 23.)

Suurimmassa osassa lukemistani tutkimuksista, hyödyllisin vaikutus liikunnasta oli, mikäli se suoritettiin ennen uuden asian opiskelua. Selkeä esimerkki tästä oli Pontifexin ym. 2016 tekemä tutkimus. Tutkimusasetelmana oli myös useissa lukemisissani tutkimuksissa se, että liikunta suoritettiin ennen muistitehtäviä. Tämän takia on vaikea sanoa luotettavasti millainen vaikutus muistitehtävän jälkeisellä liikunnalla olisi esimerkiksi säilömuistin toimintaan.

Yhteenvetona voisin sanoa, että oppiakseen uutta kannattaa liikkua ennen tulevaa oppimistapahtumaa, jotta tieto siirtyisi tehokkaammin työmuistista säilömuistiin. Liikunnan ei kannata olla liian kovatehoista eikä liian kognitiivisesti haastavaa. Parempi vaihtoehto on esimerkiksi yksinkertainen ja matalatehoinen juoksu tai kävelylenkki. Pitkällä aikavälillä, on tärkeää ylläpitää säännöllistä liikkumista, jotta voitaisiin hidastaa muistin heikkenemistä. Liikunnan pitäisi pitää sisällään sekä kestävyys- että voimaharjoittelua, jotta työ- sekä säilömuistin toiminta pysyisi mahdollisimman hyvänä.

5.3 Tutkimustuloksiin vaikuttavat tekijät

Muistin toimintaan vaikuttavat myös muutkin tekijät kuin liikunta. Kuten jo aikaisemmin mainittu esimerkiksi unen määrä ja laatu sekä elimistön stressitasot vaikuttavat muistin toimintaan. (Hansen 2017, 146; Walker 2019, 507–509.) Yhdesäkään lukemassani tutkimuksessa näitä asioita ei ollut huomioitu. Nämä ovat mielestäni selkeästi tutkimuksia rajoittavia tekijöitä. Tutkimusasetelmien takia kaikkia tekijöitä ei voida rajoittaa, mutta rajoittavat tekijät on hyvä pitää mielessä tutkimustuloksia tulkittaessa.

Liikunta vaikuttaa yleisesti kognitiivisiin toimintoihin. Onkin hyvä pohtia sitä, että vaikuttaako liikunta suoraan muistin toimintaan vai välillisesti, esimerkiksi keskittymiskyvyn paranemisen kautta. Lisäksi liikunnan vaikutuksen tehokkuus saattaa vaihdella ihmisen mukaan. Ihmiset ovat kuitenkin yksilöitä, eivätkä vaikutukset ole kaikilla samanlaisia. Ikä saattaa olla myös merkittävä tekijä fyysisen aktiivisuuden ja kognitiivisten toimintojen välillä. Esimerkiksi joidenkin tutkimusten mukaan erityisesti lapsilla fyysisen aktiivisuuden ja kognitiivisten toimintakyvyn välillä olisi vahva yhteys. Muistiin ja muihin kognitiivisiin toimintoihin liittyvissä tutkimuksissa on paljon muuttujia, joten on vaikeaa saada täysin varmaa ja luotettavaa tutkimustulosta. (Sibley & Etnier 2003, 251; Hillman, Erickson & Kramer 2008, 63; Verburgh, Königs, Scherder & Oosterlaan 2014, 973; Rathore & Lom 2017, 2–3.)

6 POHDINTA

6.1 Tulosten luotettavuus

Narratiivinen kirjallisuuskatsaus on tutkimuksen luotettavuuden kannalta haasteellinen. Tutkimuksen luotettavuutta pohditaan usein validiteetin ja reliabiliteetin kautta. Validiteetilla tarkoitetaan tutkimuskysymysten ja tutkittavan ilmiön välistä suhdetta eli mittaako tutkimus sitä, mitä on tarkoitus mitata. Validiteetti voidaan jakaa vielä sisäiseen ja ulkoiseen puoleen. Sisäinen validiteetti liittyy tutkimuksen teon johdonmukaisuuteen ja ulkoinen tehtyjen tulkintojen pätevyyteen eli vastaavatko tulkinnot aineistoa. Reliabiliteetilla tarkoitetaan tutkimuksen toistettavuutta ja tutkimusmenetelmien toimivuutta. (Toikko & Rantanen 2009, 122.)

Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen validiteettia ja reliabiliteettia arvioidessa haasteeksi tulee se, että tulosten tulkinnassa saattaa näkyä kirjoittajan oma ääni. Tutkimusaineisto ei ole myöskään käynyt läpi systemaattista seulaa. Tämän vuoksi narratiivinen kirjallisuuskatsaus ei tarjoa analyttisintä tulosta, vaan enemmän ajankohtaistaa olemassa olevaa tutkimustietoa. (Salminen 2011, 7.) Koska tutkimusaineiston valinta on vapaampaa, pakottaa se mielestäni eri tavalla lukijaa luottamaan kirjoittajan valintoihin, käsitykseen aiheesta sekä tehtyihin johtopäätöksiin.

Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen vapauden takia tutkimustulokset samasta aiheesta voivat olla erilaisia riippuen kirjoittajasta. Mikäli olisin tehnyt aiheesta systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tai meta-analyysin olisi tekemäni tiedonhaku tutkimuksellisesti luotettavampaa sekä sitä kautta myös tutkimuksen tulokset pätevimpiä. Lisäksi myös tutkimuksen reliabiliteetti olisi vahvempi.

Olen noudattanut lähteiden käytössä narratiivisin kirjallisuuskatsauksen tyyliä. Vaikka olin tehnyt hakusuunnitelman ja miettinyt hakusanat etukäteen aluksi oli vaikeaa arvioida, mitkä lähteet olisivat oleellisia työni kannalta. Lähteiden luotettavuutta oli vaikea arvioida, koska aivotutkimusta on tehty ihmisillä vielä verrattain vähän. Tämän takia selkeästi luotettavia tutkimuksia oli vaikea löytää. Hakusuunnitelmani auttoi lähteiden etsimisessä, mutta se olisi voinut olla selkeämpi jo heti alussa. Hakusuunnitelma muokkautui vielä opinnäytetyötä tehdessä, joka turhaan hidasti kirjoittamista.

Työtä tehdessä löysin kuitenkin mielestäni hyviä ja luotettavia lähteitä. Suurin osa käyttämistäni lähteistä on tutkimuksia. Katsaukseen valitut tutkimukset ovat suurilta osin vertaisarvioituja vain muutama ei-vertaisarvioitu tutkimus on mukana. Lisäksi käytin systemaattisia kirjallisuuskatsauksia tukemassa löytämieni tutkimusten tuloksia. Meta-analyysejä käyttämälläni hakutermeillä oli haastavaa löytää eikä niitä juurikaan ole. Sekundäärisiä lähteitä pyrin välttämään. Muutamia sekundäärisiä lähteitä on kuitenkin käytetty, koska tarvittavaa tietoa ei löytynyt muualta.

Koska aihetta on tutkittu ihmisillä vielä vähän, iso osa käyttämistäni tutkimuksista oli tehty lyhyellä aikavälillä ja pienellä otannalla. Tämä vaikuttaa työn luotettavuuteen heikentävästi. Käyttämieni lähteiden perusteella saa kuitenkin hyvän yleisen käsityksen aiheesta. Olisin kuitenkin toivonut löytäväni vielä enemmän lähteitä, se olisi tuonut lisää luotettavuutta työlleni. Tehdyt päätelmät ovat kuitenkin johdettu tarkkojen hakutermien kautta sekä luotettavasta materiaalista. Tämä lisää mielestäni katsauksen validiteettia ja yleistettävyyttä.

6.2 Työn vahvuudet ja heikkoudet

Hankaluuksia kirjoittaessa tuotti aivotutkimuksen vaikea kieli. Välillä oli haastavaa löytää englanninkielisistä lähteistä tutkimuksen tärkein johtopäätös. Tuntui siltä, että nyt en ymmärrä lukemaani ollenkaan. Toisaalta uskon, että ymmärtämättömyys aivojen tarkemmasta toiminnasta saattoi auttaa löytämään helpommin oleelliset asiat. Tällöin en takertunut liian yksityiskohtaisiin tietoihin. Tämä kääntyi työn vahvuudeksi.

Opinnäytetyö luo ymmärrettävän käsityksen aiheesta. Työn avulla lukija ymmärtää liikunnan merkityksen aivoille ja millaista on käytännön muistiliikunta. Opinnäytetyöstä olisi tullut parempi, mikäli työhön olisi saanut liitettyä esimerkiksi muistin ja oppimisen välistä yhteyttä enemmän. Tämä olisi tuonut toisenlaista näkökulmaa aiheeseen ja sitä kautta lisännyt työn luotettavuutta.

Opinnäytetyöstä on hyötyä kaikille, joita kiinnostaa liikunnan vaikutus aivojen toimintaan. Eniten työstäni ajattelen olevan hyötyä niille, jotka toimivat oppimisen parissa. Työssä on selitetty ymmärrettävällä kielellä liikunnan vaikutus muistiin.

Tämä voi tuoda näkökulmia omaan työhön oli sitten kysy opettajan, kouluttajan tai valmentajan työstä.

6.3 Kehittämisehdotukset ja jatkotutkimusaiheet

Opinnäytetyöstä löytyy useita kehityskohteita. Hakusuunnitelma olisi voinut olla tarkempi jo ennen kirjoittamista. Lisäksi työ voisi olla rakenteeltaan selkeämpi, jotta aihetta olisi helpompi ymmärtää. Lukujen välillä on ristiriitaista tietoa ja osittaista toistoa ja päällekkäisyyttä, koska muistin osa-alueet ovat vahvasti yhteyksissä toisiinsa. Työtä olisi voinut rajata myös koskemaan vain tiettyä ikäryhmää. Tämä olisi pitänyt työn selkeämmässä raameissa. Muut kehittämisehdotukset löytyvät lähteiden määrästä. Koen, että suuremmalla määrällä ensisijaisia lähteitä työstä olisi saanut luotettavamman. Tämä olisi vaatinut hakutermien lisäämistä.

Tämän työn pohjalta jatkotutkimusaiheet liittyvät pitkällä aikavälillä ja suuremmalla otannalla tehtyihin tutkimuksiin ihmisillä. Aivotutkimuksen tekeminen ihmisillä on haastavaa ja muuttujia tässäkin aiheessa on paljon. Suurin osa tutkimuksista viittaavat eläimillä tehtyjen tutkimusten tuloksiin. Eläinkokeiden tulokset eivät ole täysin linjassa ihmisillä tehtyjen tutkimusten kanssa, joten lisätutkimusta tarvitaan kaikilla muistin osa-alueilla.

Tulevissa tutkimuksissa voisi käyttää haastavampia muistitehtäviä, jotka liittyvät jokapäiväisen elämän tilanteisiin. Lukemissani tutkimuksissa oli pitkälti käytetty muistitehtävinä sanalistoja, numerosarjoja tai kuvien muistamista. Nämä eivät mielestäni vielä kuvaa tarpeeksi tarkasti muistin moninaisuutta. Muistin, oppimisen ja liikunnan välinen yhteys on myös yksi selkeä jatkotutkimuskohde.

6.4 Opinnäytetyön prosessikuvaus

Opinnäytetyö prosessini alkoi jo keväällä 2018. Tällöin päätin aiheeni, joka poikesi vielä lopullisesta aiheesta. Alkuperäisen aiheeni oli tarkoitus yhdistää opinnäytetyöhön muistin lisäksi tarkkaavaisuus ja tarkastella niiden vaikutusta oppimiseen. Ajatuksena oli liittää opinnäytetyö koulumaailmaan ja minulla oli myös toimeksiantaja työlle. Aloitin tuolloin keväällä ja seuraavana syksynä tekemään

hakusuunnitelmaa työlleni. Tavoitteena oli alun perinkin tehdä narratiivinen kirjallisuuskatsaus.

Keväällä 2019 toimeksiantajasta ei enää kuulunut ja viesteihin ei vastattu. Toimeksiantajan tippuminen pois lannisti tekemistäni. Minulla oli ollut kova tavoite saada työ purkkiin jo keväällä 2019. Tämä ei kuitenkaan tästä syystä toteutunut. Tässä vaiheessa olisi ollut hyvä ottaa yhteyttä opinnäytetyöohjaajan, jotta työ olisi edennyt. Kesällä 2019 päätin rajata työni koskemaan vain muistia helpottaakseni omaa työtäni ja jotta olisin valmis esittämään työn syksyllä 2019.

Elämään kuitenkin tuli yllättäviä ulkopuolisia rasitteita, jotka pysäyttivät työn tekemisen lähes täysin. Päätin, että on tärkeämpi keskittyä omaan hyvinvointiin. Näin jälkikäteen ajateltuna olisi ollut hyvä ilmoittaa ohjaajalle, missä mennään ja olisin saanut tarvittavaa tukea tekemiselleni.

Keväällä 2020 työ alkoi valmistua vauhdilla. Välillä oli hetkiä, jolloin ajattelin, että ei tämä työ valmistu ikinä ja jäin jumiin. Näiden hetkien vastapainona oli kuitenkin hetket, jolloin löysin hyviä lähteitä ja työ eteni. Ajattelen, että narratiivinen kirjallisuuskatsaus sopi itselleni opinnäytetyön toteuttamistapana hyvin. Minulle on sanottu usein, että olen hyvä tiivistämään tietoa sekä hahmottamaan aiheen kokonaiskuvaa. Kokonaiskuvan hahmottaminen auttoi työtä kirjoittaessa paljon. Tärkeää työn kirjoittamisen aikana oli myös asettaa tavoitteet realistiselle tasolle, jotta työn tekeminen ei tuntunut ylitsepääsemättömältä.

Koko opinnäytetyöprosessin aikana olen toiminut itselleni tyypillisesti eli hyvin itsenäisesti. Jälkikäteen ajateltuna olisin voinut kysyä paljon enemmän apua ja ohjeistusta. Pitämällä ohjaajan tiiviimmin mukana opinnäytetyön tekemisessä, työstä olisi varmasti tullut laadukkaampi. Tämä oli jälleen hyvää oppia itselle siitä, että aina ei tarvitse pärjätä yksin.

LÄHTEET

Baddeley, A. 1997. Human memory: theory and practice. Hove: Psychology Press.

Brush, C., Olson, R., Ehmann, P., Osovsky, S. & Alderman, B. 2016. Dose–response and time course effects of acute resistance exercise on executive Function. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 38/2016, 396–408. Viitattu 20.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=aae46e30-540f-495e-ab7b-25129605f5b3%40sdc-v-sessmgr03>.

Canivet, A., Albinet, C., André, N., Pylouster, J., Rodríguez-Ballesteros, M., Kitzis, A. & Audiffren, M. 2015. Effects of BDNF polymorphism and physical activity on episodic memory in the elderly: a cross sectional study. *European Review of Aging and Physical Activity* 12/2015, 1–9 . Viitattu 15.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=aae46e30-540f-495e-ab7b-25129605f5b3%40sdc-v-sessmgr03>.

Chang, Y., Huang, C., Chen, K. & Hung, T. 2013. Physical activity and working memory in healthy older adults: An ERP study. *Psychophysiology* 50, 1174–1182. Viitattu 14.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=053f6d1a-e858-4ce3-a148-f535eb67aea4%40sdc-v-sessmgr01>.

Coles, K. & Tomporowski, P. 2008. Effects of acute exercise on executive processing, short-term and long-term memory. *Journal of Sports Sciences* 3/2008, 333 – 344. Viitattu 12.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=d8918fb9-a6ec-4300-9c3b-953444f6c0a6%40sdc-v-sessmgr03>.

Erickson, K., Voss, M., Prakash, R., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J., Heo, S., Alves, H., White, S., Wojcicki, T., Mailey, E., Vieira, V., Martin, S., Pence, B., Woods, J., MacAuley, E. & Kreamer, A. 2010. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 7/2010, 3017–3022. Viitattu 14.4.2020 <https://www.pnas.org/content/pnas/108/7/3017.full.pdf>.

Etnier, J., Wideman, L., Labban, J., Piepmeier, A., Pendleton, D., Dvorak, K. & Becofsky, K. 2016. The effects of acute exercise on Memory and Brain-derived Neurotrophic Factor (BDNF). *Journal of Sport & Exercise Psychology* 38/2016, 331 -340. Viitattu 2.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=21ca0a5f-ce4e-4391-97e6-91e621b0ae5f%40sessionmgr4006>.

Gerstner, J., Aton, S. & Heller, C. 2016. Waking up to the alarm: sleep, clocks and making memory (s)tick. Teoksessa J. Gerstner., S. Aton., & C. Heller. (toim.) Sleep and Chronobiology in Plasticity and Memory. Frontiers in System Neuroscience. Frontiers Media SA. E-kirja. Viitattu 3.5.2020 <https://luc.finna.fi/lapinamk/>.

Haapala, E. 2014. Physical activity, academic performance and cognition in children and adolescents: a systematic review. *Baltic Journal of Health and Physical Activity* 4/2012, 53–61. Viitattu 14.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=2298a099-fb47-44f7-94a7-4dcebe802c40%40sessionmgr4007>.

Hansen, A. 2017. Aivovoimaa: Näin vahvistat aivojasi liikunnalla. 1.painos. Jyväskylä: Atena.

Herold, F., Törpel, A., Schega, N. & Müller, L. 2019. Functional and/or structural brain changes in response to resistance exercises and resistance training lead to cognitive improvements – a systematic review. *European Review of Aging and Physical Activity* 16/2019. Viitattu 1.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=b9cea8d2-8633-4488-9745-3902614cee58%40sdc-v-sessmgr03>.

Hillman, C., Erickson, K. & Kramer, A. 2008. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Perspectives: Nature Reviews*. Nature Publishing Group 9/2008, 58–65. Viitattu 4.5.2020 <http://drlardon.com/wp-content/uploads/2014/06/Perspectives.pdf>.

Hillman, C., Kamijo, K. & Scudder, M. 2011. A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Preventive Medicine* 52, 21–28. Viitattu 14.4.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3094734/>.

Ilmoniemi, R. 2020. Aivojen rakenne ja toiminta. Viitattu 7.4.2020 <https://www.biomag.hus.fi/braincourse/L1.html>.

Kalakoski, V. 2013. Miksi muisti pettää? Muistin rajoitukset kognitiivisen psykologian näkökulmasta. Teoksessa J. Hakkarainen., M. Hartimo & J. Virta (toim.) *Muisti*. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy. 15–30.

Kantola, L., Pirttimäki, T. & Nokia, M. 2017. Aikuisiän neurogeneesi hippokampusessa mahdollistaa joustavan toiminnan. *Psykologia: Tieteelliset artikkelit* 52, 436–456. Viitattu 25.4.2020 <https://www.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/kantolaym2017.pdf>.

Khan, A. & Hilman, C. 2014. The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: A review. *Pediatric Exercise Science* 26/2014, 138-146. Viitattu 10.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=45b822d0-6436-4533-b3b7-4bf4b211c486%40sdc-v-sessmgr02>.

Labban, J. & Etnier, J. 2018. The effect of acute exercise on encoding and consolidation of long-term memory. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 40, 336–342. Viitattu 14.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=ce7b4ff1-0410-4da2-8511-4f5fc76b64be%40sessionmgr4007>.

Lachman, M., Neupert, S., Bertrand, R. & Jette, A. 2006. The effects of strength training on memory in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity* 14/2006, 59-73. Viitattu 17.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=13b0ec44-ae6-41c2-83e2-43a4debe9fff%40sessionmgr4007>.

Ludyga, S., Gerber, M., Brand, S., Pühse, U. & Colledge, F. 2018. Effects of aerobic exercise on cognitive performance among young adults in a higher education setting. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2/2018, 164–172. Viitattu 18.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=eb52a934-ce13-425f-8c11-e4576407a5be%40sdc-v-sessmgr02>.

Muistiliitto. 2017. Muistitoiminta. Viitattu 10.4.2020 <https://www.muistiliitto.fi/fi/aivot-ja-muisti/muistin-toiminta>.

Paschen, L., Lehmann, T., Kehne, M. & Baumeister, J. 2019. Effects of acute physical exercise with low and high cognitive demands on executive functions in children: A systematic review. *Pediatric Exercise Science* 31/2019, 267-281. Viitattu 18.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=2183523b-9130-4189-96f2-ba6522e7f657%40sessionmgr4007>.

Pontifex, M., Gwizdala, K., Parks, A., Pfeiffer, K. & Fenn, K. 2016. The Association between physical Activity during the day and long-term memory stability. *Scientific Reports* 6/2016. Viitattu 20.4.2020 <https://www.nature.com/articles/srep38148>.

Radak, Z., Kumagai, S., Taylor, A., Naito, H. & Goto, S. 2007. Effects of exercise on brain function: role of free radicals. *Applied Physiology: Nutrition & Metabolism* 32, 942–946. Viitattu 25.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=4fa995b7-4aa9-4ec0-abd2-215976448b12%40sdc-v-sessmgr03>.

Rathore, A. & Lom, B. 2017. The effects of chronic and acute physical activity on working memory performance in healthy participants: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *BioMed Central. Systematic reviews* 6/2017. Viitattu 3.5.2020 <https://link.springer.com/article/10.1186/s13643-017-0514-7>.

Rossi, C., Angelucci, A., Costantin, L., Braschi, C., Mazzantini, M., Babbini, F., Fabbri, M., Tessarollo, L., Maffei, L., Berardi, N. & Caleo, M. 2006. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) is required for the enhancement of hippocampal neurogenesis following environmental enrichment. *European Journal of Neuroscience* 24, 1850–1856. Viitattu 25.4.2020 https://www.researchgate.net/profile/Matteo_Caleo/publication/6756020_Brain-derived_neurotrophic_factor_BDNF_is_required_for_the_enhancement_of_hippocampal_neurogenesis_following_environmental_enrichment/links/5b5b4a3daca272a2d66e46cc/Brain-derived-neurotrophic-factor-BDNF-is-required-for-the-enhancement-of-hippocampal-neurogenesis-following-environmental-enrichment.pdf.

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? *Vaasan yliopiston julkaisuja* 62. Viitattu 13.1.2020 https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/7961/isbn_978-952-476-349-3.pdf?sequence=1.

Sibley, B. & Etnier, J. 2003. The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science* 3/2003, 243–256. Viitattu 8.5.2020 <https://pdfs.semanticscholar.org/2c7d/463dbf6b35a870e81eaf1754cc780f169eb3.pdf>.

Sneidere, K., Harlamova, J., Ulmane, Z., Arnis, V., Vanaga, A. & Stepens, A. 2017. Relationship between involvement in long-term regular physical activity and memory: preliminary results. *Baltic Journal of Sport & Health Sciences* 4/2017, 23–27. Viitattu 20.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=968e0408-b94b-4a42-b175-89b4405c30a6%40sdc-v-sessmgr02>.

Stroth, S., Hille, K., Spitzer, M. & Reinhardt, R. 2009. Aerobic endurance exercise benefits memory and affect in young adults. *Neuropsychological Rehabilitation* 19/2009, 223–243. <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=8f99886a-e4f3-4e17-8482-c7c382d02523%40sdc-v-sessmgr03>.

Syvöja H., Kantomaa M., Laine K., Jaakkola T., Pyhältö K. & Tammelin T. 2012. Liikunta ja oppiminen. *Tilannekatsaus – Lokakuu 2012. Muistiot 2012:5*. Helsinki: Opetushallitus. Viitattu 14.4.2020 http://www.oph.fi/download/144729_Liikunta_ja_oppiminen_2.pdf.

Tanila, H. 2014. Miten muisti toimii? *Potilaan lääkärilehti*. Viitattu 10.4.2020 <https://www.potilaanlaakarilehti.fi/artikkelit/miten-muisti-toimii/>.

Toikko, T. & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta: näkökulmia kehittämisprosessiin, osallistamiseen ja tiedontuotantoon. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy. Viitattu 3.5.2020 https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/100802/Toikko_Rantanen_Tutkimuksellinen_kehittamistoiminta.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Tomporowski, P. & Pendleton, D. 2018. Effects of the timing of acute exercise and movement complexity on young adults' psychomotor learning. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 40/2018, 240-248. Viitattu 16.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=c824589d-9f35-4fc2-bb30-c17474e2fb30%40sessionmgr4006>.
- Van Praag, H. 2009. Exercise and the brain: something to chew on. *Trends in Neurosciences* 5/2009, 283–290. Viitattu 14.4.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2680508/>.
- Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E. & Oosterlaan, J. 2014. Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis. *Br J Sports Med* 48, 973–979. Viitattu 3.5.2020 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1015.2101&rep=rep1&type=pdf>.
- Walker, M. 2019. Miksi nukumme: Unen voima. Helsinki: Tammi Oy. E-kirja. Viitattu 2.5.2020 <https://www.storytel.com/fi/fi/>.
- Wilkosc, M., Markowska, A., Zajac-Lamparska, L., Skibinska, M., Szalkowska, A. & Araszkievicz, A. 2016. A lack of correlation between brain-derived neurotrophic factor serum level and verbal memory performance in healthy polish population. Kazimierz Wielki University. Institute of psychology. Viitattu 21.4.2020 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncir.2016.00039/full>.
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F., Voelker, K., Fobker, M., Lechterman, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., Floel, A. & Knecht, S. 2007. High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory* 87/2007, 597–609. Viitattu 18.4.2020 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1074742706001596>.
- Ylinen, A. & Sirviö, J. 1997. Muistin biologinen perusta. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 18/1997, 1729. Viitattu 7.4.2020 <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/1997/18/duo70407>.
- Zach, S. & Shalom, E. 2016. The influence of acute physical activity on working memory. *Perceptual and Motor Skills* 2/2016, 365–374. Viitattu 24.4.2020 <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=ea7e6314-e2ef-4db7-9293-25d586f6658a%40sdc-v-sessionmgr03>.