

Matematiikka-ahdistuksen lieventäminen rentoutus- ja kertolaskuharjoittelulla: Pilotti-interventiotutkimus

Pinja Tähti¹, Katja Sutela², Johan Korhonen³ ja Riikka Mononen¹

¹ Erityispedagogiikka ja inklusiivinen kasvatus, Oulun yliopisto

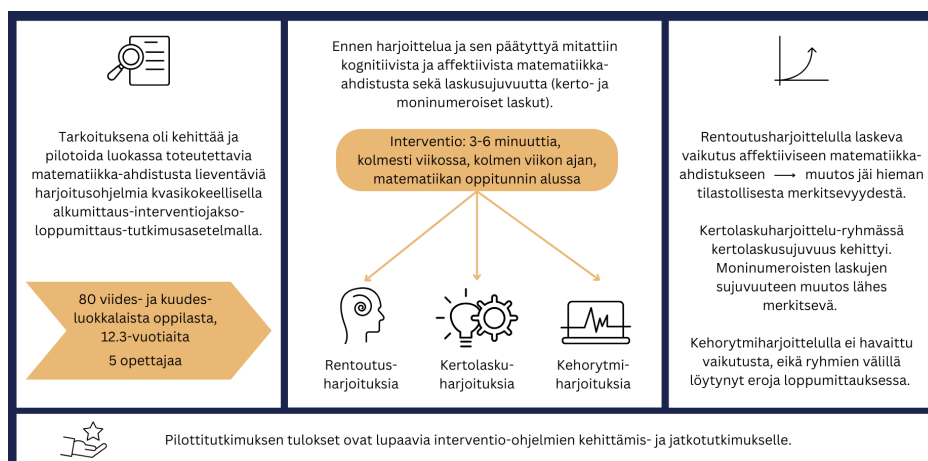
² Varhais- ja musiikkikasvatus, Oulun yliopisto

³ Kasvatustieteiden ja hyvinvointialojen tiedekunta, Åbo Akademi

Tiivistelmä: Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää ja pilotoida luokassa toteutettavia matematiikka-ahdistusta lieventäviä harjoitusohjelmia. Tutkimukseen osallistui 80 viides- ja kuudesluokkalaista ($KA = 12.3$ v.). Jokaiselle luokalle arvottiin yksi kolmesta harjoitusohjelmasta, jota tehtiin matematiikan tuntien alussa, noin 3–6 minuuttia, kolme kertaa viikossa kolmen viikon ajan. Interventoryhmissä tehtiin rentoutus- tai kertolaskuharjoituksia ja aktiivisessa kontrolliryhmässä kehorytmiharjoituksia. Oppilaat vastasivat matematiikka-ahdistusta koskevaan kyselyyn ja tekivät laskusujuvuuden testin (kertolaskut ja moninumeroiset laskut) ennen ja jälkeen harjoittelujakson. Ryhmien sisäiset tarkastelut t-testeillä osoittivat, että rentoutusharjoittelulla oli keskisuuri laskeva vaikutus ($g = -0.33$) affektiiviseen matematiikka-ahdistukseen, mutta muutos jäi hieman tilastollisesta merkitsevyydestä ($p = .082$). Kertolaskuharjoittelu-ryhmässä kertolaskusujuvuus kehittyi tilastollisesti merkitsevästi ($g = 0.47$, $p = .015$) ja moninumeroisten laskujen sujuvuuteen muutos oli lähes merkitsevä ($g = 0.36$, $p = .059$). Kehorytmiharjoittelulla ei havaittu vaikutusta matematiikka-ahdistukseen eikä laskusujuvuuteen. Kovarianssianalyysillä tarkasteltuna ryhmien välillä ei löytynyt eroja loppumittauksessa. Pilottitutkimuksen tulokset ovat lupaavia interventio-ohjelmien kehittämisen ja jatkotutkimukselle.

Avainsanat: interventio, kehorytmiharjoitus, kertolaskuharjoitus, matemaattiset taidot, matematiikka-ahdistus, rentoutusharjoitus

Yhteystiedot: pinja.tahti@oulu.fi



1 Johdanto

Matematiikka-ahdistus määritellään jännityksen ja ahdistuksen tunteiksi, joita henkilö kokee käsitellessään numeerista tietoa, esimerkiksi matematiikan tehtävissä tai arkipäivän toiminnoissa (Richardson & Suinn, 1972). Matematiikka-ahdistuksen kokeminen on meta-analyyseissä ja lukuisissa tutkimuksissa yhdistetty heikompaan matematiikan osaamiseen (Barroso ym., 2021; Namkung ym., 2019), mutta yhteyden suunnasta – kumpi on seurausta kummasta, vai onko yhteys vastavuoroinen – on edelleen ristiriitaisia tuloksia (Carey ym., 2016). Matematiikka-ahdistusta kokee noin 11–17 prosenttia oppilaista, mutta opettajilla on sen tunnistamiseen ja lieventämiseen saatavilla vielä varsin vähän tutkimusperustaisia menetelmiä. Matematiikka-ahdistusta koskevia interventiotutkimuksia on tehty verrattain vähän alakouluikäisillä oppilailla (Sammallahti ym., 2023). Tässä artikkelissa raportoidaan pilotti-interventiotutkimus, jota varten kehitettiin kaksi luokissa toteutettavaa harjoitusohjelmaa lieventämään matematiikka-ahdistusta. Opettajat toteuttivat harjoitusohjelmat luokissaan viides- ja kuudesluokkalaisten kanssa kolmen viikon ajan. Ensimmäinen harjoitusohjelma sisälsi rentoutus- ja toinen kertolaskuharjoituksia. Lisäksi tutkimuksessa oli aktiivinen kontrolliryhmä, jonka harjoitusohjelma sisälsi kehorytmiharjoituksia. Tarkastelemme tässä kvasikokeellisessa tutkimuksessamme harjoitusohjelmien vaikuttavuutta koetun matematiikka-ahdistuksen (affektiivinen ja kognitiivinen ulottuvuus) tasoon ja matematiikan osaamiseen, erityisesti laskusujuvuuden osalta (kertolaskut ja moninumeroiset yhteen- ja vähennyslaskut).

1.1 Matematiikka-ahdistus ja sen yhteys matematiikan osaamiseen

Matematiikka-ahdistusta käsitteenä on määritelty eri tavoin eri tutkimuksissa. Harva tutkijoista pitää matematiikka-ahdistusta enää yksiulotteisena ilmiönä, vaan ilmiötä tarkastellaan useamman ulottuvuuden kautta (ks. Cipora ym., 2019). Nykyään yksi yleisimmin käytetyistä jaotteluista on kaksiulotteinen. Siinä matematiikka-ahdistuksessa erotetaan ensinnäkin kognitiivinen ulottuvuus, jolla tarkoitetaan kielteisiä odotuksia ja huolen kokemusta omasta matematiikan osaamisesta ja sen seurauksista, ja toiseksi, affektiivinen ulottuvuus, jolla tarkoitetaan yleisesti hermostuneisuuden ja pelon tunteita sekä epämiellyttäviä fysiologisia tuntemuksia tilanteissa, joissa tarvitaan matematiikkaa (Barroso ym., 2021; Ho ym., 2000; Namkung ym., 2019). Tarkasteltaessa näiden kahden ulottuvuuden yhteyksiä matematiikan osaamiseen, Barroson ym. meta-analyysissä (2021) kognitiivisella ulottuvuudella oli hieman voimakkaampi yhteys matematiikan osaamiseen ($r = -.37$) kuin affektiivisellä ($r = -.35$), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Namkungin ym. (2019) meta-analyysissä vastaavat yhteydet olivat hieman heikommat (kognitiivinen: $r = -.32$ ja affektiivinen: $r = -.31$). Tutkimuksissa, joissa matematiikka-ahdistusta arvioitiin mittarilla, joka sisälsi molemmat ulottuvuudet, oli Namkung ym. (2019) tutkimuksessa voimakkain yhteys matematiikan osaamiseen ($r = -.39$, $p < .05$), kun taas Barroso ym. (2021) meta-analyysissä heikoin ($r = -.24$), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Näitä eroja voi osin selittää meta-analyyseihiin valitut kouluasteet. Barroso ym. (2021) meta-analyysissä mukana olivat kouluasteet ensimmäisestä luokasta korkeakouluasteelle sekä aikuisia, jotka eivät opiskele. Namkung ym. (2019) meta-analyysiin oli otettu mukaan vain peruskouluikäisillä oppilailla tehtyjä tutkimuksia.

Matematiikka-ahdistuksen ja osaamisen yhteyttä on selitetty kolmen eri teoreettisen mallin avulla, joita on pyritty todentamaan empiirisiin tutkimuksiin (Carey ym., 2016). Heikon osaamisen mallissa (*deficit model*; Ma & Xu, 2004; Tobias, 1984) oppilaan matemaattisen osaamisen ajatellaan olevan lähtökohtaisesti ikätovereitaan heikompaa. Kun oppilaan tulee tehdä matematiikkaa vaativia tehtäviä, hän saattaa alkaa tuntea kielteisiä tuntemuksia, jotka juontavat aiemmista osaamattomuuden kokemuksista ja kielteisistä muistoista, ja aiheuttavat ahdistuksen kokemuksen. Tätä mallia tukevat myös tutkimukset, jotka ovat tehty oppilailla, joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia. Esimerkiksi Kucian ym. (2018) tutkimuksessa nämä oppilaat kokivat enemmän matematiikka-ahdistusta kuin oppilaat, joiden matemaattiset taidot olivat tavanomaisia. Kognitiivisten toimintojen häirinnän mallin (*cognitive interference model*; Cargnelutti ym., 2017; Wine, 1971) mukaan matematiikka-ahdistus heikentää matemaattista osaamista, vaikuttamalla haitallisesti matemaattisten tehtävien tekemisessä tarvittaviin kognitiivisiin resursseihin ja prosesseihin, kuten työmuistiin. Kun mieli täyttyy ahdistavista ajatuksista, työmuistin kapasiteetti kuormittuu tämän seurauksena niin, että oppilas ei kykene käyttämään työmuistiaan optimaalisesti tehtävän ratkaisemisessa, ja seurauksena on heikompi suoriutuminen matemaattisessa tehtävässä. Kolmannen mallin mukaan matematiikka-ahdistuksen ja osaamisen suhde on vastavuoroinen (*reciprocal model*), tarkoittaen sitä, että ahdistuksen kokemukset ja heikko osaaminen ruokkivat toinen toistaan negatiivisesti (Ashcraft ym., 2007; Gunderson ym., 2018). Ilmiöiden välisen yhteyden suunnan määrittämiseksi ja mallien vahvistamiseksi tarvitaan kuitenkin vielä lisää erityisesti pitkittäis- ja interventiotutkimusta, sillä tulokset ovat osin ristiriitaisia. Tulosten ristiriitaisuuteen vaikuttanee osin, missä ikäryhmässä tutkimukset on tehty ja mitä mittareita on käytetty matematiikka-ahdistuksen ja matemaattisen osaamisen operationalisointiin.

Matematiikka-ahdistuksen yhteyden voimakkuus matematiikan osaamiseen vaihtelee myös matemaattisesta osataidosta riippuen. Barroso ym. (2021) meta-analyysissä vahvimmat yhteydet havaittiin murto-, desimaali- ja prosenttilaskuihin liittyen ($r = -.37$) ja heikoin yhteys lukumääräisyyden tajuun (esim. lukumäärien vertailutehtävät; $r = -.09$). Matematiikka-ahdistuksen yhteys kokonaisluvuilla tehtäviin laskutoimituksiin, joihin lukeutuu myös tämän tutkimuksen laskusujuvuus (kertolaskut ja moninumeroiset yhteen- ja vähennyslaskut), oli voimakkuudeltaan kohtalaista ($r = -.23$). Kun tarkastellaan alakouluikäisillä tehtyjä tutkimuksia matematiikka-ahdistuksen ja laskusujuvuuden osalta, useat tutkimukset ovat vahvistaneet näiden olevan negatiivisesti yhteydessä toisiinsa (esim. Kaskens ym., 2020; Käsäkoski & Mononen, 2024; Rawlings ym., 2023; Song ym., 2021; Sorvo ym., 2017, 2019), mutta pitkittäistutkimuksissa havaitut yhteydet ja niiden suunnat ovat olleet ristiriitaisia. Song ym. (2021) tutkimus osoitti, että heikko laskusujuvuus toisella luokalla ennusti korkeampaa matematiikka-ahdistusta

kolmannella luokalla. Rawlingsin ym. (2023) tutkimuksessa matematiikka-ahdistuksen kokeminen oli vähäistä kolmen ensimmäisen kouluvuoden aikana. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että ensimmäisellä luokalla koettu matematiikka-ahdistus oli negatiivisesti yhteydessä laskusujuvuuden muutokseen ensimmäiseltä kolmannelle luokalle. Toisin sanoen, mitä enemmän oppilaat kokivat alussa matematiikka-ahdistusta, sitä vähemmän heidän laskusujuvuutensa parani kolmen ensimmäisen kouluvuoden aikana. Kaskens ym. (2020) puolestaan seurasi neljäsluokkalaisten kouluvuoden ajan ja he havaitsivat, että oppilaiden kokema matematiikka-ahdistus ei ennustanut heidän laskusujuvuutensa kehitystä. Sorvo ym. (2017, 2019) tarkastelivat matematiikka-ahdistuksen eri ulottuvuuksien yhteyttä 2.–5.-luokkalaisten laskusujuvuuteen. Heidän tutkimuksensa osoittivat ensinnäkin sen, että affektiivinen ulottuvuus oli voimakkaammin yhteydessä ($r = -.29$) laskusujuvuuteen kuin kognitiivinen ulottuvuus ($r = -.18$; Sorvo ym., 2017) ja toiseksi, että laskusujuvuus ennusti matematiikka-ahdistuksen kognitiivista ulottuvuutta, mutta kumpikaan matematiikka-ahdistuksen ulottuvuuksista ei ennustanut laskusujuvuutta (Sorvo ym., 2019). Toisin sanoen, mitä parempi laskusujuvuus oppilaalla oli lukuvuoden alussa, sitä vähemmän hän koki matematiikka-ahdistusta, erityisesti huolta omaan osaamiseensa liittyen, vielä seuraavan lukuvuoden alussa.

1.2 Matematiikka-ahdistukseen vaikuttaminen interventiolla

Matematiikka-ahdistuksen ja matemaattisten taitojen välistä yhteyttä on selitetty useilla eri teorioilla, mikä on mahdollistanut interventiotutkimukselle erilaisia lähestymistapoja matematiikka-ahdistuksen lieventämiseen (Balt ym., 2022). Aiempien interventiotutkimusten perusteella on tunnistettu kaksi tehokasta tapaa lieventää matematiikka-ahdistusta sekä kehittää matemaattisia taitoja: kognitiivinen ja emotionaalinen tuki (Sammallahti ym., 2023). Molemmat näistä tukimuodoista pohjautuvat eri matematiikka-ahdistuksen teorioihin. Heikon osaamisen mallin mukaisesti kognitiivisella tuella pyritään tukemaan heikkoa matemaattista osaamista, jonka ajatellaan aiheuttavan matematiikka-ahdistusta (Carey ym., 2016). Kognitiivista tukea voivat olla esimerkiksi oppimisstrategioiden harjoittelu tai erityyppiset matemaattisten taitojen harjoitukset (Sammallahti ym., 2023). Kognitiivisten toimintojen häirinnän mallin mukaisesti emotionaalisella tuella pyritään vähentämään matematiikka-ahdistusta ja sitä kautta myös tuetaan matematiikan oppimista (Carey ym., 2016). Tällaisia tukimuotoja ovat muun muassa erilaiset terapiat ja rentoutusharjoitukset (Sammallahti ym., 2023).

Vaikka matematiikka-ahdistusta on havaittu jo alakouluikäisillä lapsilla ja varhaisessa vaiheessa koetun matematiikka-ahdistuksen on osoitettu vaikuttavan negatiivisesti matemaattisten taitojen kehittymiseen (esim. Cargnelutti ym., 2017), interventiotutkimusta tässä ikäryhmässä on tehty verrattain vähän (Balt ym., 2022) ja Suomessa ei juuri lainkaan. Passolunghi ym. (2020) havaitsivat matemaattisten taitojen (laskustrategiat) harjoittelulla olevan myönteinen vaikutus neljäsluokkalaisten matemaattisiin taitoihin ja tämän myötä myös oppilaiden kokemassa matematiikka-

ahdistuksessa havaittiin laskua. Vastaavia tuloksia on löydetty myös toisesta matemaattisten taitojen interventioista kuudesluokkalaisilla oppilailla (matemaattisten taitojen opettaminen luovasti; Tok, 2015). Matemaattisten taitojen harjoittelun vaikutukset matematiikka-ahdistukseen voivat osittain selittyä minäpystyvyyden kasvun kautta, jonka on myös havaittu olevan yhteydessä matematiikka-ahdistukseen (esim. Živković ym., 2023). Linjassa tämän havainnon kanssa Jansen ym. (2013) löysivät matemaattisten taitojen harjoittelun vaikuttavan lieventävästi matematiikka-ahdistukseen 3.–6.-luokkalaisilla oppilailla. Harjoittelun vaikutukset näkyivät myös matemaattisissa taidoissa ja vaikutukset olivat suurimpia silloin, kun harjoittelu oli mukautettu oppilaan osaamistasoon, viitaten siihen, että juuri onnistumisen kokemukset kannustavat matemaattisten taitojen harjoitteluun ja sitä kautta myös taidot kehittyvät (Jansen ym., 2013).

Passolunghi ym. (2020) tarkastelivat myös emotionaalisen tuen (tunteiden tunnistaminen) vaikutusta matematiikka-ahdistukseen ja matemaattisiin taitoihin. Emotionaalisella tuella havaittiin olevan lieventävä vaikutus matematiikka-ahdistukseen, mutta vaikutusta ei havaittu matemaattisissa taidoissa (Passolunghi ym., 2020). Kuitenkin Khng (2017) havaitsi tutkimuksessaan syvähengitysharjoituksen vaikuttavan välittömästi myönteisesti viidesluokkalaisten matematiikan kokeessa suoriutumiseen, osoittaen että emotionaalisen tuen interventioilla voi olla vaikutusta myös matemaattisiin taitoihin tässä ikäryhmässä. Tämä havainto on yhtenevä Sammallahti ym. (2023) meta-analyysin kanssa, jossa emotionaalisen tuen interventioilla havaittiin yleisesti positiivisia vaikutuksia myös matemaattisiin taitoihin.

Myös päinvastaisia tuloksia on löydetty interventiotutkimuksista. Esimerkiksi Bhatia ym. (2023) eivät löytäneet matemaattisten taitojen harjoittelun (pelillinen murtolukuharjoittelu) vaikuttavan viidesluokkalaisten oppilaiden kokemaan matematiikka-ahdistukseen. Tok (2013) puolestaan löysi tutkimuksessaan matemaattisten taitojen harjoittelun (tiedä-halua-opi-laskustrategia) kehittävän matemaattisia taitoja kuudesluokkalaisilla, mutta vaikutuksia matematiikka-ahdistukseen ei havaittu. Meta-analyyseissä on tunnistettu erilaisia intervention asetelmaan (esim. intervention pituus tai toteutustapa) ja sisältöön (esim. kognitiivinen, emotionaalinen tai motivationaalinen tuki) liittyviä tekijöitä, jotka vaikuttavat interventioiden tehokkuuteen (Sammallahti ym., 2023). Myös intervention kohderyhmällä voi olla vaikutusta tähän. Kun tarkastelussa ovat olleet pelkästään oppilaat, jotka kokevat keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta, ovat interventioiden vaikutukset olleet efektikooltaan suuria (esim. Asanjarani & Zarebahramabadi, 2021). Bhatia ym. (2023) koko luokkatasolla toteutetussa tutkimuksessa oppilaat raportoivat melko alhaista matematiikka-ahdistusta intervention alussa, eikä matemaattisten taitojen harjoittelun havaittu vaikuttavan matematiikka-ahdistukseen. Kuitenkin koko luokalle suunnatuilla interventioilla on myös löydetty myönteisiä vaikutuksia matematiikka-ahdistuksen lievittämiseen (esim. Passolunghi ym., 2020), mikä viittaa siihen, että interventioita voidaan toteuttaa onnistuneesti myös hyvinkin heterogeenisen ryhmän kanssa.

Tietojemme mukaan Suomessa erilaisten interventioiden vaikutuksia matematiikka-ahdistukseen on tarkasteltu ainoastaan yhdessä aiemmassa interventiotutkimuksessa kolmasluokkalaisilla oppilailla, jossa tutkittiin fyysisesti aktiivisten matematiikan oppituntien sekä taukojen vaikutusta matematiikka-ahdistukseen ja matematiikan osaamiseen (Syväoja ym., 2024). Syväoja ym. (2024) eivät havainneet harjoittelun lieventävän matematiikka-ahdistusta muilla kuin motorisesti taitavilla oppilailla ja keskimäärin matematiikka-ahdistuksen havaittiin jopa nousseen.

1.3 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tämä interventiotutkimus on osa laajempaa iFeelMath-tutkimushanketta, jossa tutkitaan alakouluikäisten oppilaiden matematiikka-ahdistuksen ja matematiikan osaamisen yhteyttä sekä pyritään kehittämään tutkimusperustaisia menetelmiä matematiikka-ahdistuksen lieventämiseen. Koska Suomessa ei ole saatavilla matematiikka-ahdistuksen lieventämiseen tarkoitettuja tutkimusperustaisia harjoitusohjelmia, kehitimme Sammallahten ym. (2023) tulosten viitoittamana kaksi interventio-ohjelmaa, joista toinen keskittyy emotionaaliseen tukeen rentoutusharjoitusten avulla ja toinen kognitiiviseen tukeen kertolaskuharjoittelulla. Tämä mahdollisti tuen, joko emotionaalisen tai kognitiivisen, vaikuttavuuden arvioinnin sekä matematiikka-ahdistukseen että matemaattiseen osaamiseen, sillä aiempien tutkimusten tulokset ovat olleet hieman ristiriitaisia. Halusimme myös kehittää harjoitusohjelmia, jotka olisivat helposti opettajien toteutettavissa koko luokan kanssa (Passolunghi ym., 2020). Interventio-ohjelmien vaikutuksia verrattiin aktiiviseen kontrolliryhmään, joka osallistui interventio-ohjelmien kaltaiseen, mutta sisällöltään erilaiseen harjoitteluun. Tällä tavoin pyrittiin kontrolloimaan interventio-ohjelmien mahdollinen muu kuin harjoittelun sisällöllinen vaikutus matematiikka-ahdistuksen lieventämiseen (Au ym., 2020; Jordan ym., 2012). Aktiivisen kontrolliryhmän harjoittelun sisällöksi valikoitui tutkimusyhteistyön mahdollistamana kehorytmiharjoituksia, jotka pystyttiin toteuttamaan rentoutusharjoitusten tavoin lyhyinä videoina. Kaikkien kolmen harjoitusohjelman teoreettiset lähtökohdat ja sisällöt kuvataan yksityiskohtaisesti Menetelmät-osassa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, voidaanko viides- ja kuudesluokkalaisten matematiikka-ahdistusta lieventää matematiikan oppituntien alussa luokassa pidettävällä rentoutus- tai kertolaskuharjoittelulla. Lisäksi tarkastellaan harjoittelun vaikutuksia laskusujuvuuteen (kertolaskut ja moninumeroiset yhteen- ja vähennyslaskut). Interventioyhmien tuloksia verrataan aktiiviseen kontrolliryhmään, jossa harjoitellaan kehorytmejä. Ryhmätason tarkastelun (ryhmien sisäinen ja välinen) lisäksi tutkimme harjoitusohjelmien vaikutusta yksilöllisesti niiden oppilaiden kohdalla, jotka raportoivat tutkimuksen alussa kokevansa keskimääräistä enemmän (1 keskihajonta tai enemmän keskiarvosta) matematiikka-ahdistusta. Tutkimuskysymyksemme ovat seuraavat:

1. Millainen vaikutus rentoutus-, kertolasku- ja kehorytmiharjoittelulla on viides- ja kuudesluokkalaisten kokemaan matematiikka-ahdistukseen ja laskusujuvuuteen
 - (a) ryhmätasolla tarkasteltuna?
 - (b) yksittäisten oppilaiden kohdalla, jotka kokevat keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta?

Aiempaan tutkimukseen ja matematiikka-ahdistuksen teoreettisiin malleihin pohjautuen oletamme, että rentoutus- ja kertolaskuharjoittelulla on sekä matematiikka-ahdistusta lieventävä että laskusujuvuutta parantava vaikutus (Sammallahti ym., 2023). Oletamme, että rentoutusharjoittelulla voidaan tehokkaimmin lieventää suoraan matematiikka-ahdistusta, ja että tällä voi olla vaikutusta myös matematiikan osaamisen paranemiseen. Tällainen tulos tukisi kognitiivisten toimintojen häirinnän mallia (Cargnelutti ym., 2017; Wine, 1971). Kertolaskuharjoittelun oletamme vaikuttavan laskusujuvuuteen, erityisesti kertolaskusujuvuuteen, ja tällä voi olla myös matematiikka-ahdistusta lieventävä vaikutus, jolloin tulokset tukisivat heikon osaamisen mallia (Ma & Xu, 2004; Tobias, 1984). Jos molemmilla harjoitusohjelmilla pystytään lieventämään matematiikka-ahdistusta ja parantamaan matematiikan osaamista, tulos tukisi vastavuoroista mallia (Ashcraft ym., 2007; Gunderson ym., 2018). Oletamme lisäksi, että niiden yksittäisten oppilaiden kohdalla, jotka kokevat keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta, harjoitusohjelmien vaikutukset ovat vahvempia, kuten on osoitettu aiemmissa interventiotutkimuksissa (Asanjarani & Zarebahramabadi, 2021). Emme oleta kehorytmiharjoittelulla olevan yhtä vahvaa vaikutusta matematiikka-ahdistuksen lieventämiseen tai laskusujuvuuden paranemiseen kuin kahdella muulla harjoitusohjelmalla, vaikka tämän tyyppisen harjoittelun on joissakin interventiotutkimuksissa todettu myös lieventävän matematiikka-ahdistusta (Rodriguez ym., 2019).

2 Menetelmät

2.1 Osallistujat ja tutkimuksen toteutus

Tutkimukseen rekrytoitiin mukaan opettajia oppilaineen sosiaalisen median sekä koulujen rehtoreille lähetetyn sähköpostin välityksellä. Tutkimukseen ilmoittautui vapaaehtoisesti mukaan viisi opettajaa kolmesta kunnasta ympäri Suomea, ja heidän luokistaan yhteensä 80 viides- ($n = 31$) ja kuudesluokkalaista ($n = 49$) oppilasta (KA = 12.25 v., KH = 0.60 v.; tyttöjä 53.8 %). Huoltajille suunnatun kyselyn perusteella oppilaista 93.5 prosenttia ($n = 77$) käytti suomea kotikielenään. Kyselyssä pyydettiin myös tietoa huoltajien (huoltaja 1 ja huoltaja 2) korkeimmasta koulutustasosta (1 = peruskoulu, 2 = toinen aste, 3 = alempi korkeakoulututkinto, 4 = ylempi korkeakoulututkinto, 5 = tohtorintutkinto), josta muodostettiin yksi huoltajien koulutustasoa kuvaava keskiarvomuuttuja. Keskimäärin oppilaiden huoltajista useammalla oli alemman (41.8 %) tai ylemmän (26.6 %)

korkeakouluasteen koulutus verrattuna koko Suomen 30–49-vuotiaiden tilastoon (alempi 23.0 % ja ylempi 18.5 % korkeakouluaste) (Tilastokeskus, 2021). Huoltajat, joilla ei ollut peruskoulun (2.5 %) tai toisen asteen koulutuksen (26.6 %) jälkeistä tutkintoa olivat ali-edustettuina verrattuna koko Suomen tilastoihin (peruskoulu 15.0 % ja toinen aste 42.0 %). Tohtoritutkintojen määrä (2.5 %) oli linjassa koko Suomea kuvaavan tilaston (1.5 %) kanssa (Tilastokeskus, 2021). Tutkimushankkeelle myönnettiin eettinen lupa (Åbo Akademin eettinen lautakunta) tutkimuseettiseltä lautakunnalta ennen aineiston keruuta. Jokaiselta tutkimukseen osallistuvalla kunnalta saatiin myönteinen tutkimuslupa ja oppilaiden huoltajat antoivat suostumuksen tutkimukseen osallistumiseen.

Interventiotutkimus toteutettiin tammi-toukokuun 2024 aikana kvasikokeellisella alkumittaus-interventiojakso-loppumittaus-tutkimusasetelmalla, jossa oli kaksi interventioryhmää ja yksi aktiivinen kontrolliryhmä. Osallistuvien opettajien luokat arvottiin kolmeen ryhmään: rentoutusharjoitukset (yksi 5. lk ja yksi 6. lk, $n = 29$ oppilasta), kertolaskuharjoitukset (yksi 5. lk ja yksi 5.-6. lk, $n = 29$ oppilasta) ja kehorytmiharjoitukset (yksi 6. lk, $n = 22$ oppilasta). Opettajille pidettiin noin tunnin etätapaaminen tutkimuksen toteutuksesta hankkeen tutkijoiden toimesta juuri ennen alkumittauksen aloittamista. Oppilaiden matematiikka-ahdistusta ja matemaattista osaamista arvioitiin samoilla tehtävillä ennen ja välittömästi harjoittelujakson jälkeen. Opettaja valitsi kaksi oppituntia, joista ensimmäisellä hän teetti oppilailla kyselyn matematiikka-ahdistuksesta ja toisella laskusujuvuuden testin ViLLE-oppimisympäristössä. Oppilaat tekivät kyselyn ja matemaattiset tehtävät tableteilla tai kannettavilla tietokoneilla.

Harjoitusohjelmien kehittämisessä hyödynnettiin aiempaa tutkimuskirjallisuutta sekä otettiin huomioon se, miten harjoitusohjelmat voitaisiin toteuttaa kouluissa luokahuoneissa mahdollisimman samankaltaisesti ja opettajan työtä mahdollisimman vähän kuormittaen. Näin päädyttiin tarjoamaan materiaalit sähköisessä muodossa, joko videoina (rentoutus- ja kehorytmiharjoitukset) tai sähköisinä oppimistehtävinä (kertolaskuharjoitukset). Jokaisessa harjoitusohjelmassa oli yhdeksän opetustuokiota ja yhden tuokion sisältö oli pituudeltaan noin 3–6 minuuttia. Opettajia ohjeistettiin pitämään kolme tuokiota viikossa kolmen viikon ajan matematiikan tuntien alussa. Tuokioiden jälkeen matematiikan tuntia jatkettiin tavalliseen tapaan. Opettaja ohjeistettiin vain sen harjoitusohjelman materiaaleihin ja toteuttamiseen, joka hänelle oli arvottu. Opettajien tuli pitää harjoitustuokioista lokikirjaa, johon he merkitsivät pitämänsä tuokiot, poissaolleet oppilaat ja mahdollisia muita huomioita. Interventiotutkimuksen päätyttyä opettajat saivat käyttöönsä kaikki harjoitusmateriaalit ohjeineen.

2.2 Mittarit

2.2.1 Matematiikka-ahdistus

Oppilaiden matematiikka-ahdistusta mitattiin muokatulla Mathematics Anxiety Rating

Scale – Elementary (MARS-E) -kyselyllä (Henschel & Roick, 2017; Richardson & Suinn, 1972; Suinn ym., 1988). Kysely sisältää yhteensä 16 osiota, jotka mittaavat kognitiivista (8 osiota) ja affektiivista (8 osiota) matematiikka-ahdistusta (Tähti ym., 2025). Kyselyssä oppilaiden tulee arvioida tunteitaan liittyen matematiikan oppitunteihin, tehtäviin tai kokeisiin (esim. Olen huolissani, että en selviydy matematiikan läksyistäni; Kuinka hermostuneeksi tunnet itsesi, kun olet menossa matematiikan tunnille?). Arviointi toteutettiin Likert-asteikolla: 1 = en ole ollenkaan huolissani/hermostunut – 4 = olen erittäin huolissani/hermostunut. Kummallekin ulottuvuudelle laskettiin keskiarvosummamuuttuja. Alhaisempi keskiarvo osoitti lievempää matematiikka-ahdistusta.

2.2.2 Matemaattiset taidot

Oppilaiden matemaattisia taitoja arvioitiin kahdella tehtävällä Toiminnallisten laskutaitojen arviointi -testistä (*Functional numeracy assessment*; Räsänen ym., 2021; Turun Yliopisto, Oppimisanalytiikan tutkimusinstituutti, ei pvm.). Kertolaskusujuvuutta mittaavassa tehtävässä lasketaan kertolaskuja 1–10 kertotauluilla ja suoritusaikaa on kaksi minuuttia. Laskusujuvuutta moninumeroisilla luvuilla mittaavassa tehtävässä lasketaan yhteen- ja vähennyslaskuja (esim. $20+50 = ___$, $320-80 = ___$) ja suoritusaikaa on kolme minuuttia. Molemmissa tehtävissä oppilaat laskivat niin monta tehtävää, kuin ehtivät annetussa suoritusajassa. Oikein lasketuista tehtävistä muodostettiin summamuuttujat.

2.3 Harjoitusohjelmat

2.3.1 Rentoutusharjoitukset

Rentoutusharjoitusohjelma (Jylänki & Mononen, 2023) pohjautuu mindfulness -tyyppiin harjoitteluun, jossa keskitytään tietoiseen hengittämiseen, mielikuvaharjoitteluun, tarkkaavaisuuteen ja kehollisuuteen (mm. Arch & Craske, 2006; Bishop ym., 2004; Schonert-Reichl & Lawlor, 2010). Vastaavien harjoitusten vaikutuksia matematiikka-ahdistukseen ei ole juurikaan tarkasteltu alakouluikäisillä oppilailla, mutta lyhytkestoisten tietoiseen hengittämiseen keskittyvien harjoitusten on havaittu lieventävän välittömästi harjoittelun jälkeen ahdistuksen kokemusta matematiikan testitilanteessa ja parantavan laskusujuvuutta viidesluokkalaisilla (Khng, 2017) sekä lieventävän opiskelijoiden matematiikka-ahdistusta (Brunyé ym., 2013). Lisäksi mindfulness-tyyppisillä lyhyillä, koulu- luokassa toteutettavilla harjoituksilla, on havaittu olevan myönteinen vaikutus myös muihin akateemisiin taitoihin, kuten oppilaiden luetun ymmärtämiseen ($d = 0.58$; Müller ym., 2021).

Jokaiseen yhdeksään rentoutustuokioon suunniteltiin luontoteema (esim. metsä, meri), siihen sopiva videokuvitus ja rauhallinen taustamusiikki. Harjoitustehtävien ohjeet annetaan videolla suullisesti. Harjoitustehtävien ideoinnissa ja sisällöissä hyödynnettiin osin jo olemassa olevia vastaavia harjoituksia, joita muokattiin tähän harjoitusohjelmaan sopiviksi (ks. Liite 1, Taulukko 1). Tuokion alussa oppilaita ohjattiin ottamaan hyvä asento

paikallaan ja seuraamaan videon välityksellä toteutettavaa harjoitusta. Yhden videon kesto oli noin neljä minuuttia.

2.3.2 Kertolaskuharjoitukset

Tämän tutkimuksen kertolaskuharjoittelussa keskityttiin kertolaskusujuvuuden parantamiseen erityisesti laskujen muistista palauttamisen toistoharjoittelulla (*retrieval practice*; katso esim. Ophuis-Cox ym., 2023). Kertolaskuihin tutustutaan opetussuunnitelman mukaisesti Suomessa ensimmäisellä ja toisella vuosiluokalla aloittaen kertotauluista 1–5 ja 10, ja myöhemmin kolmannelta vuosiluokalta lähtien siirrytään kertotauluihin 6–9 (Opetushallitus, 2014). Oppilailla voi kuitenkin olla haasteita kertolaskujen oppimisen, erityisesti kertotaulujen muistamisen ja siten laskusujuvuuden kanssa vielä ylemmilläkin luokilla (Dotan & Zviran-Ginat, 2022; Noël & De Visscher, 2018), mikä puolestaan voi johtaa ahdistuksen kokemukseen kertolaskuja laskiessa. Kertolaskuharjoittelun vaikutuksia matematiikka-ahdistukseen on tietojemme mukaan tarkasteltu vain yhdessä aiemmassa tutkimuksessa, jossa Wittman ym. (1998) osoittivat harjoittelun vaikuttavan myönteisesti neljäsluokkalaisten oppilaiden kertolaskutaitoon. Vaikutukset olivat suurimpia oppilailla, joilla oli keskivertoa enemmän matematiikka-ahdistusta. Myös matematiikka-ahdistuksen havaittiin lieventyneen harjoittelun myötä, mutta vaikutukset näkyivät ainoastaan tytöillä, jotka kokivat keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta (Wittman ym., 1998).

Kertolaskutuokioihin valittiin tehtäviä ViLLE-oppimisympäristöstä (Turun yliopisto, Oppimisanalytiikan tutkimusinstituutti) ja niitä muokattiin tähän tutkimukseen sopiviksi muun muassa harjoiteltavien kertotaulujen osalta (Liite 1, Taulukko 2). Jokainen kertolaskutuokio sisälsi kaksi pelillistä kertolaskutehtävää, jotka kestivät yhteensä kuusi minuuttia. Tehtävien vaikeustaso lisääntyi tuokioiden myötä ja viimeisissä tuokioissa kertolaskujen osana oppilaiden tuli laskea myös yksinkertaisia yhteen- ja vähennyslaskuja (esim. $3 \cdot 7 + 4$). Osassa tehtävistä laskun vastaus valittiin vaihtoehdoista ja osassa oppilaat syöttivät itse laskun vastauksen lukuina. Oikeasta vastauksesta peli eteni suoraan seuraavaan kertolaskutehtävään, kun taas väärästä vastauksesta oppilas menetti yhden elämän.

2.3.3 Kehorytmiharjoitukset

Aktiivisessa kontrolliryhmässä käytetty kehorytmiharjoitusohjelma (Sutela & Jaako, 2023) perustuu kehon liikkeiden ja musiikin yhdistämiseen, joiden yhteyttä ajatteluun on tutkittu useilla tieteenaloilla, kuten etnomusikologiassa (Blacking, 1997), neuropsykologiassa (esim. Seitz, 2005), neurotieteissä (Hodges & Gruhn, 2012) ja musiikkitieteessä (esim. Godøy, 2018; Lidov, 2005). Monet musiikkikasvatuksen filosofiset lähestymistavat, kuten fenomenologinen lähestymistapa (Juntunen, 2004) ja praxialismi (esim. Elliott, 2005), käsittelevät kehon ja liikkeen roolia musiikillisessa kokemuksessa ja tietämisessä, mutta yhteyttä matematiikka-ahdistukseen on tutkittu vielä vähän.

Kehorytmiharjoitustehtävät koostuivat musiikin pulssia, tahtilajeja ja nuottiarvoja sisältävistä tehtävistä, jotka tehtiin joko yksin, parin kanssa tai ryhmässä (Liite 1, Taulukko 3). Harjoitusten tavoitteena oli tukea oppilaan ajattelun kiinnittymistä rytmiin, aktivoita kehoa ja ajattelua, sekä luoda oppimiselle turvallinen ilmapiiri. Noin 3–4 minuutin tuokiot rakentuivat osittain edellisissä tuokioissa tehtyjen harjoitusten päälle. Tuokiot esitettiin oppilaille videoina, joissa kuului tehtävään valittu musiikki ja tehtävien ohjeet annettiin näyttämällä.

2.4 Toteutuneet harjoitustuokiot

Opettajat kirjasivat lokikirjaan jokaisen harjoitustuokion päivämäärän, poissaolleet oppilaat sekä mahdollisia omia huomioitaan. Jokainen opettaja piti kaikki yhdeksän tuokiota. Lokikirjojen tietojen vahvistuksena voitiin hyödyntää ViLLE-oppimisympäristön ja videoiden käyttäjäanalytiikkaa (esim. video on katsottu päivänä, jolloin se on kirjattu lokikirjaan). Koulujen talviloma aiheutti sen, että kolmessa opetusryhmässä (rentoutusharjoitusryhmät ja yksi kertolaskuharjoitteluryhmä) harjoittelujakson pituus oli neljä viikkoa sisältäen yhden viikon tauon loman takia. Kehorytmiharjoittelua pitänyt opettaja raportoi, että kolme tuokiota oli tehty jakotunneilla (puolikas ryhmä kerrallaan). Poissaolleet oppilaat olivat yksittäisiä oppilaita satunnaisina päivinä, joten kaikki oppilaat voitiin pitää mukana analyyseissä.

2.5 Tilastolliset menetelmät

Aineiston analyysit suoritettiin SPSS 29 -ohjelmistolla. Aineistossa havaittiin puuttuvia tietoja, joiden satunnaisuutta tarkasteltiin Little's Missing Completely at Random (MCAR) testillä. Analyysi osoitti, että aineistossa oli täysin satunnainen puuttuvuus ($p = .922$), joten puuttuvat arvot imputoitiin käyttäen Expectation-Maximization (EM) eli odotusarvon maksimoinnin estimointia (Abd Elmegaly, 2022; Dong & Peng, 2013). Tulosten luotettavuuden varmistamiseksi analyysit toistettiin myös alkuperäisellä aineistolla, jonka tulokset olivat vastaavan suuntaisia kuin imputoidulla aineistolla. Ryhmien välisiä eroja ennen harjoittelun alkua matematiikka-ahdistuksessa ja laskusujuvuudessa tarkasteltiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA). Ryhmien sisäisiä muutoksia harjoittelun alku- ja loppumittauksen välillä tarkasteltiin parillisten otosten t-testillä. Ryhmien välisiä eroja loppumittauksessa tarkasteltiin kovarianssianalyysillä (ANCOVA), jossa alkumittauksen matematiikka-ahdistusta tai laskusujuvuutta käytettiin kovariaattina. Harjoittelun vaikuttavuutta tarkasteltiin laskemalla Hedgesin g efektikoko kahden eri ryhmän välille (pieni, $g = .20$; keskikokoinen, $g = .50$; suuri, $g = .80$; Cohen, 1988). Kun vaikuttavuutta tarkasteltiin kaikkien kolmen harjoitusohjelman välillä, ANOVA:n ja ANCOVA:n päävaikutusten efektikoko laskettiin η^2 -estimaatilla (pieni, $\eta^2 = .01$; keskikokoinen, $\eta^2 = .06$; suuri, $\eta^2 = .14$; Cohen & Cohen, 1983). Mittareiden reliabiliteettia eli luotettavuutta arvioitiin laskemalla McDonaldsin omega (ω).

3 Tulokset

Muuttujien kuvailevat tiedot ja niiden väliset korrelaatiot alku- (T1) ja loppumittausajankohtina (T2) on kuvattu Taulukossa 1. Odotetusti matematiikka-ahdistus, sekä affektiivinen että kognitiivinen ulottuvuus, oli negatiivisesti yhteydessä kertolaskusujuvuuteen ja laskusujuvuuteen moninumeroisilla luvuilla. Yhteyden vahvuudet ($r_{T1} = -.25 - -.38$; $r_{T2} = -.24 - -.26$) mukailivat aiempia tutkimustuloksia. Oppilaat kokivat keskimäärin melko vähän affektiivista ja kognitiivista matematiikka-ahdistusta ennen harjoittelun alkamista (ks. Taulukko 1). Interventoryhmien ja aktiivisen kontrolliryhmän välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ennen harjoittelun alkua kognitiivisessa matematiikka-ahdistuksessa ($F(2,77) = [0.868]$, $p = .424$, $\eta^2 = .022$). Affektiivisessa matematiikka-ahdistuksessa ryhmien väliset erot olivat kognitiiviseen matematiikka-ahdistukseen nähden suurempia, mutta erot eivät kuitenkaan saavuttaneet tilastollisesti merkitsevän rajaa ($F(2,77) = [2.941]$, $p = .059$, $\eta^2 = .071$). Myöskään kertolaskusujuvuudessa ($F(2,77) = [1.935]$, $p = .151$, $\eta^2 = .048$) tai laskusujuvuudessa moninumeroisilla luvuilla ($F(2,77) = [0.368]$, $p = .693$, $\eta^2 = .009$) ei havaittu ryhmien välisiä eroja ennen harjoittelun alkua.

Taulukko 1. Muuttujien kuvailevat tiedot ja korrelaatiot

Muuttuja	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Affektiivinen MA T1	–							
2. Affektiivinen MA T2	.76***	–						
3. Kognitiivinen MA T1	.65***	.58***	–					
4. Kognitiivinen MA T2	.60***	.70***	.74***	–				
5. Kertolaskut T1	-.28*	-.30**	-.38***	-.31**	–			
6. Kertolaskut T2	-.34**	-.24*	-.38***	-.26*	.80***	–		
7. Moninumeroiset laskut T1	-.25*	-.20	-.30**	-.20	.74***	.70***	–	
8. Moninumeroiset laskut T2	-.39***	-.24*	-.40***	-.26*	.70***	.85***	.83***	–
KA	1.83	1.84	1.70	1.77	31.90	33.63	23.62	24.57
KH	0.63	0.67	0.51	0.56	12.68	11.81	8.85	8.29
Vinous	0.85	0.71	0.33	0.42	0.35	0.07	-0.13	-0.04
Huipukkuus	0.25	-0.18	-0.90	-0.88	0.09	0.88	0.39	0.67
McDonaldsin ω	.859	.890	.771	.842	-	-	.942	.949

Huom. T1 = Alkumittaus, T2 = Loppumittaus, MA = matematiikka-ahdistus, KA = keskiarvo, KH = keskihajonta

*** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$

3.1 Harjoitusryhmien sisäiset muutokset

Ryhmien sisäisiä muutoksia tarkasteltiin parittaisten otosten t-testillä (ks. Taulukko 2). Tulokset osoittivat, että kertolaskuharjoittelu-ryhmässä kertolaskusujuvuus kehittyi tilastollisesti merkitsevästi ($p < .015$) ja vaikutukset olivat efektikooltaan lähes keskisuuria ($g = 0.47$). Harjoittelun vaikutukset moninumeroisten lukujen laskusujuvuuteen ei aivan saavuttanut tilastollista merkitsevyyttä ($g = 0.36$, $p = .059$). Laskusujuvuuden parantumisesta huolimatta kertolaskuharjoittelulla ei havaittu vaikutusta matematiikka-ahdistukseen kummankaan ulottuvuuden osalta. Rentoutusharjoittelulla havaittiin efektikooltaan pieni ($g = -0.33$) lieventävä vaikutus oppilaiden affektiiviseen matematiikka-ahdistukseen, mutta p -arvo jäi hieman tilastollisesta merkitsevyydestä ($p = .082$). Rentoutusharjoittelulla ei havaittu vaikutusta kognitiiviseen matematiikka-ahdistukseen tai laskusujuvuuteen. Kehorytmiharjoittelulla ei havaittu vaikutusta matematiikka-ahdistukseen eikä laskusujuvuuteen.

Taulukko 2. Ryhmien sisäiset muutokset alku- ja loppumittauksen välillä

	Alkumittaus		Loppu-mittaus		Alku-loppu		
	KA (KH)	MIN / MAX	KA (KH)	MIN / MAX	t(28)	p	Hedges' g
Affektiivinen MA							
Rentoutusharjoittelu	2.02 (0.70)	1.00 / 3.50	1.90 (0.65)	1.00 / 3.25	-1.803	0.082	-0.326
Kertolaskuharjoittelu	1.83 (0.59)	1.00 / 3.63	1.92 (0.73)	1.00 / 3.63	1.043	0.306	0.189
Kehorytmiharjoittelu	1.59 (0.53)	1.00 / 2.88	1.64 (0.62)	1.00 / 3.25	0.402 ^a	0.692	0.083
Kognitiivinen MA							
Rentoutusharjoittelu	1.79 (0.49)	1.00 / 2.75	1.84 (0.50)	1.00 / 2.75	0.855	0.400	0.155
Kertolaskuharjoittelu	1.68 (0.50)	1.00 / 2.63	1.80 (0.60)	1.00 / 3.00	1.692	0.102	0.306
Kehorytmiharjoittelu	1.60 (0.56)	1.00 / 2.75	1.65 (0.59)	1.00 / 2.75	0.552 ^a	0.587	0.113
Kertolaskut							
Rentoutusharjoittelu	31.12 (11.82)	15 / 69	32.68 (12.33)	3 / 61	0.879	0.387	0.159
Kertolaskuharjoittelu	29.40 (14.29)	6 / 64	32.7 (13.37)	4 / 71	2.581	0.015	0.466
Kehorytmiharjoittelu	36.21 (10.81)	17 / 56	36.12 (8.65)	14 / 48	-0.072 ^a	0.943	-0.015
Moninumeroiset laskut							
Rentoutusharjoittelu	24.12 (7.59)	8 / 39	24.28 (8.30)	2 / 42	0.151	0.881	0.027
Kertolaskuharjoittelu	22.50 (10.80)	2 / 50	24.37 (8.81)	7 / 50	1.966	0.059	0.355
Kehorytmiharjoittelu	24.45 (7.73)	9 / 41	25.22 (7.92)	10 / 38	0.966 ^a	0.345	0.198

Huom. MA = Matematiikka-ahdistus, KA = keskiarvo, KH = keskihajonta, MIN = minimiarvo, MAX = maksimiarvo

^a t(21)

3.2 Ryhmien väliset erot

Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin kovarianssianalyysillä (ANCOVA). Vaikka ryhmien sisäisessä tarkastelussa havaittiin joitakin muutoksia alku- ja loppumittausten välillä, ei ryhmien välillä havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja harjoittelun päätyttyä, kun alkumittauksen matematiikka-ahdistus tai laskusujuvuus otettiin analyyseissä huomioon. Ryhmien välisiä eroja tarkastelevan ANCOVAN tulokset on esitetty Taulukossa 3.

Taulukko 3. Ryhmien väliset erot matematiikka-ahdistuksessa ja laskusujuvuudessa (kertolaskut ja moninumeroiset laskut), kun alkumittauksen matematiikka-ahdistus ja laskusujuvuus on kontrolloitu

	Rentoutus-harjoittelu		Kertolasku-harjoittelu		Kehorytmi-harjoittelu		<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
	Korjattu <i>KA</i>	<i>KV</i>	Korjattu <i>KA</i>	<i>KV</i>	Korjattu <i>KA</i>	<i>KV</i>			
Affektiivinen MA	1.75	0.08	1.93	0.08	1.84	0.10	1.08	.345	.028
Kognitiivinen MA	1.77	0.07	1.82	0.07	1.73	0.08	0.30	.744	.008
Kertolaskut	33.27	1.33	34.59	1.33	32.85	1.55	0.42	.657	.011
Moninumeroiset laskut	23.90	0.87	25.25	0.87	24.57	1.00	0.60	.551	.016

Huom. MA = Matematiikka-ahdistus, KA = keskiarvo, KV = keskivirhe

3.3 Harjoittelun vaikutukset keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta kokevilla oppilailla

Tutkimukseen osallistuneet oppilaat kokivat keskimäärin melko vähäistä matematiikka-ahdistusta ($KA = 1.77$, $KH = 0.52$). Tämän takia tuloksia haluttiin tarkastella tarkemmin niiden oppilaiden osalta, jotka kokivat keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta ennen harjoittelun alkua. Näiden oppilaiden alkumittauksen matematiikka-ahdistuksen (molemmat ulottuvuudet) arvon tuli olla vähintään yhden keskihajonnan verran yli koko aineiston keskiarvon, eli ≥ 2.29 .

Taulukkoon 4 on koottu yksittäisten oppilaiden matematiikka-ahdistuksen ja laskusujuvuuden pistemäärät ennen harjoittelua (T1) ja sen jälkeen (T2). Tarkasteltaessa yksittäisiä tapauksia huomattiin, että 15 oppilaasta seitsemällä oppilaalla affektiivinen matematiikka-ahdistus laski harjoittelun vaikutuksesta. Näistä viisi oppilasta osallistui rentoutus- ja kaksi kehorytmiharjoitteluun. Kognitiivisessa matematiikka-ahdistuksessa vastaavaa matematiikka-ahdistuksen lieventymistä havaittiin viidellä oppilaalla. Näistä kaksi oppilasta osallistui rentoutus-, yksi kertolasku- ja kaksi kehorytmiharjoitteluun. Kertolaskusujuvuus kehittyi seitsemällä oppilaalla, joista neljä osallistui kertolaskuharjoitteluun. Laskusujuvuudessa moninumeroisilla luvuilla ei havaittu suuria

muutoksia, vaikkakin se parani kuudella oppilaalla, joista neljä osallistui rentoutus-, yksi kertolasku- ja yksi kehorytmiharjoitteluun.

Taulukko 4. Alku- ja loppumittausten tulokset oppilailla, jotka kokivat keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta ennen harjoittelua

Tapaus	Affektiivinen MA		Kognitiivinen MA		Kertolaskut		Moninumeroiset laskut	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Rentoutusharjoittelu								
1	3.50	2.63	2.25	2.25	25	3	24	2
2	3.38	2.38	2.13	2.13	46	46	30	26
3	2.38	2.50	2.25	2.38	19	19	19	14
4	2.50	2.75	2.25	2.14	15	26	9	9
5	2.50	2.75	2.13	2.75	25	53	33	35
6	2.38	2.13	2.25	2.50	27	26	25	27
7	3.25	2.88	2.13	2.38	27	33	8	23
8	2.75	3.25	2.14	2.25	21	21	20	20
9	2.38	1.88	2.75	2.38	26	23	11	14
Kertolaskuharjoittelu								
10	3.63	3.63	2.63	2.75	12	16	11	13
11	2.13	2.38	2.50	2.86	37	44	29	28
12	2.75	3.00	1.88	1.63	38	44	27	25
13	3.00	3.00	2.38	3.00	24	27	20	19
Kehorytmiharjoittelu								
14	2.25	2.23	2.75	2.47	17	14	10	10
15	2.75	2.50	2.75	1.88	40	36	17	25

Huom. MA= matematiikka-ahdistus. Lihavoidut arvot (T2) osoittavat alhaisempaa raportoitua matematiikka-ahdistusta tai parantunutta laskusujuvuutta (kertolaskut ja moninumeroiset laskut) verrattuna alkumittaukseen (T1).

4 Pohdinta

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin, voidaanko viides- ja kuudesluokkalaisten oppilaiden matematiikka-ahdistusta lieventää ja laskusujuvuutta parantaa lyhyellä interventiolla, joka toteutettiin kolmen viikon aikana matematiikan tuntien alussa. Interventioryhmissä tehtiin joko rentoutus- tai kertolaskuharjoituksia ja intervention vaikutuksia verrattiin aktiiviseen kontrolliryhmään, jossa tehtiin kehorytmiharjoituksia. Muutoksia matematiikka-ahdistuksessa ja laskusujuvuudessa tarkasteltiin ensin ryhmien sisäisesti ja sen jälkeen ryhmien välillä niin, että alkumittauksen tulokset kontrolloitiin. Lopuksi harjoittelun vaikutuksia tarkasteltiin niiden oppilaiden osalta yksilöllisesti, jotka kokivat ennen

harjoittelua keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta.

Kun tarkasteltiin ryhmien sisäistä muutosta alku- ja loppumittauksen välillä, rentoutusharjoittelu, joka keskittyi tietoiseen hengittämiseen, mielikuvaharjoitteluun, tarkkaavaisuuteen ja kehollisuuteen, näytti lieventävän oppilaiden kokemaa affektiivista matematiikka-ahdistusta, vaikka tulos ei aivan saavuttanut tilastollista merkitsevyyttä ($p = .082$). Verrattuna samanikäisillä oppilailla toteutettuihin harjoitusohjelmiin, tulokset rentoutusharjoittelusta ovat linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa. Myös Passolunghi ym. (2020) tutkimuksessa emotionaalisen tuen havaittiin laskevan matematiikka-ahdistusta, mutta vaikutuksia ei kuitenkaan näkynyt oppilaiden matemaattisissa taidoissa (Passolunghi ym., 2020). Koska rentoutusharjoittelun vaikutukset eivät näkyneet matematiikka-ahdistuksen vähenemisen kautta myös matemaattisissa taidoissa, eivät tämän tutkimuksen tulokset tukeneet kognitiivisten toimintojen häirinnän mallia (Cargnelutti ym., 2017; Wine, 1971). Vaikka laajemmin tarkasteltuna emotionaalisella tuella on havaittu myönteisiä vaikutuksia myös matemaattisiin taitoihin, vaikutukset ovat olleet efektikooltaan melko pieniä (Balt ym., 2022; Sammallahti ym., 2023). Vaikutukset affektiiviseen matematiikka-ahdistukseen olivat myös tässä tutkimuksessa efektikooltaan pieniä ja mahdollisesti tästä syystä vaikutuksia ei myöskään havaittu laskusujuvuudessa. Yksi aikaisempi tutkimus tässä ikäryhmässä on havainnut emotionaalisen tuen, tarkemmin hengitysharjoitusten, vaikuttavan myönteisesti laskusujuvuuteen, kun sitä arvioitiin välittömästi harjoittelukerran jälkeen (Khng, 2017). On mahdollista, että hengitysharjoitukset voivat lieventää hetkellisesti matematiikka-ahdistusta, ja kognitiivisten toimintojen häirinnän mallin mukaisesti vapauttaa työmuistin kapasiteettia laskutoimitusten prosessointiin, joka näkyy välittömänä suoriutumisen paranemisena (Cargnelutti ym., 2017; Wine, 1971). Verrattuna Khngin (2017) yhden harjoittelukerran tutkimukseen, tuloksemme antavat viitteitä, että toistuvalla rentoutusharjoittelulla, joka sisältää hengitysharjoituksia, voidaan myös pidemmällä aikavälillä lieventää matematiikka-ahdistuksen kokemista, ei vain välittömästi yksittäisen harjoittelukerran jälkeen testitilanteessa. Tulostemme perusteella näyttää kuitenkin siltä, että kolmen viikon lyhytkestoisella harjoittelulla ei saavuteta riittävän suurta vaikutusta matematiikka-ahdistuksen lieventymiseen niin, että vaikutus näkyisi myös matemaattisissa taidoissa. Tätä puoltaa myös meta-analyysin tulokset, jossa pidempikestoisella harjoittelulla on havaittu voimakkaampia vaikutuksia (Sammallahti ym., 2023). Tässä tutkimuksessa rentoutusharjoittelulla ei myöskään havaittu olevan vaikutusta kognitiiviseen matematiikka-ahdistukseen. Aiempien meta-analyysien mukaisesti kognitiivisen matematiikka-ahdistuksen on havaittu olevan hieman voimakkaammin yhteydessä matemaattiseen osaamiseen (Barroso ym., 2021). Voi siis olla, että matemaattisten taitojen kehittymisen tukeminen edellyttää sitä, että harjoitusohjelmilla pystyttäisiin vaikuttamaan myös kognitiiviseen matematiikka-ahdistukseen.

Kertolaskujen muistista palauttamisen toistoharjoittelulla pelinomaisin tehtävin pystyttiin parantamaan oppilaiden kertolaskusujuvuutta. Harjoittelulla näytti olevan myönteistä vaikutusta myös oppilaiden laskusujuvuuteen moninumeroisilla luvuilla,

mutta tämä ei aivan saavuttanut tilastollista merkitsevyyttä ($p = .059$). Tulokset kertolaskuharjoittelusta ovat linjassa Tokin (2013) tulosten kanssa, joissa ei myöskään havaittu matematiikka-ahdistuksen lieventymistä, vaikka matemaattiset taidot kehittyivät harjoittelun myötä. Vastaavia tuloksia on löydetty myös muista matemaattisten taitojen interventiosta, joiden avulla on pyritty lieventämään matematiikka-ahdistusta (esim. Bhatia ym., 2023). Koska taitoja tukemalla ei pystytty lieventämään matematiikka-ahdistusta, tutkimuksen tulokset eivät tukeneet myöskään heikon osaamisen mallia (Ma & Xu, 2004; Tobias, 1984). Bhatia ym. (2023) tutkimuksessa oppilaiden matematiikka-ahdistus oli jo harjoittelun alussa melko alhaisella tasolla (MARS-E, $KA = 1.76$), joka vastaa tässä tutkimuksessa oppilaiden raportoimaa matematiikka-ahdistusta ($KA = 1.77$). Ryhmätasolla tarkasteltuna lähtökohtaisesti melko alhaisella tasolla olevaan matematiikka-ahdistukseen voi olla haastavaa vaikuttaa, mikä voi osaltaan selittää sitä, että kertolaskuharjoittelulla ei havaittu vaikutusta matematiikka-ahdistukseen. Vaikka matematiikka-ahdistus on alakouluikäisillä oppilailla keskimäärin melko alhaisella tasolla, suuria yksilöllisiä eroja on havaittavissa jo varhaisessa vaiheessa ja alhaisesta tasosta huolimatta matematiikka-ahdistuksen on havaittu olevan negatiivisesti yhteydessä matemaattisiin taitoihin (mm. Cargnelutti ym., 2017). Lisäksi matematiikka-ahdistuksen on havaittu lähtevän kasvuun kouluvuosien myötä, etenkin neljännen luokan jälkeen, kun matematiikan oppiaineen vaatimukset kasvavat ja toisaalta negatiiviset kokemukset alkavat kumuloitumaan (Pellizzoni et al., 2022). Tästä syystä on tärkeää pyrkiä löytämään keinoja, joiden avulla jo alhaista matematiikka-ahdistusta voitaisiin lieventää ja ennaltaehkäistä sen myöhempää kasvua ja mahdollisia vaikutuksia taitoihin.

Siitä huolimatta, että rentoutus- ja kertolaskuharjoittelulla saavutettiin efektikooltaan pieniä vaikutuksia matematiikka-ahdistuksen lieventämiseen tai laskusujuvuuden paranemiseen, tarkastellessa ryhmien välisiä eroja rentoutus-, kertolasku- ja kehorytmiharjoittelun päätyttyä, ryhmien välillä ei havaittu merkitseviä eroja, kun alkumittauksen tulokset oli kontrolloitu. Tuloksia tarkastellessa on hyvä ottaa huomioon, että pienten aineistojen kohdalla aineiston voima voi jäädä liian pieneksi, jolloin tutkimuksen tulokset eivät saavuta tilastollisesti merkitsevää rajaa ($p < .05$) ja siksi harjoittelun vaikutuksia tulisi tarkastella myös efektikokojen osalta (Sullivan & Feinn, 2012). Effektikokojen osalta rentoutusharjoittelulla havaittiin pieniä vaikutuksia ($g = -0.33$) affektiiviseen matematiikka-ahdistukseen, mikä on samansuuntainen, joskin hieman pienempi aiempien tutkimusten löydösten kanssa ($g = -0.52$) (Sammallahti ym., 2023). Kertolaskuharjoittelulla saavutettiin lähes keskisuuri efekti ($g = 0.47$) matemaattisiin taitoihin. Sammallahti ym. (2023) meta-analyysissä kognitiivisen tuen vaikutukset matemaattisiin taitoihin ovat olleet tätä löydöstä suurempia ($g = 0.82$). Tarkasteltaessa tämän pilotti-interventiotutkimuksen tuloksia, on otettava huomioon myös oppilaiden ikä sekä harjoittelun kesto, sillä pidempikestoisten ja vanhemmilla oppilailla ja opiskelijoilla toteutetut interventiot ovat tuottaneet suurempia efektejä (Sammallahti ym., 2023).

Tässä tutkimuksessa harjoitusohjelmat oli suunnattu tehtäväksi koko luokan kanssa, jotta opettajan oli helppo toteuttaa ne matematiikan tuntien alussa. Näin ollen mukana olleiden oppilaiden matematiikka-ahdistuksen kokemisessa oli yksilöllisiä eroja, joten interventioiden vaikuttavuutta oli ryhmätason lisäksi tarpeen tarkastella myös muutoin. Aineistomme koko ei riittänyt sellaisen ryhmän muodostamiseen jokaisesta harjoitteluryhmästä, joilla oli keskimääräistä enemmän matematiikka-ahdistusta. Tästä syystä tarkastelimme tuloksia näiden oppilaiden kohdalla yksilöllisesti. Tulokset olivat saman suuntaisia, mitä havaittiin ryhmien sisäisessä tarkastelussa: rentoutusharjoitteluun osallistuneiden oppilaiden matematiikka-ahdistus ja etenkin affektiivisen ulottuvuuden havaittiin lieventyvän. Osalla rentoutusharjoitteluun osallistuneista oppilaista myös laskusujuvuus kehittyi, mutta matematiikka-ahdistuksen väheneminen ja laskusujuvuuden parantuminen eivät näyttäneet olevan yhteydessä toisiinsa. Toisin sanoen, joillakin oppilailla matematiikka-ahdistus väheni, kun taas toisilla laskusujuvuus parani. Oppilaat, jotka osallistuivat kertolaskuharjoitteluun, kehittyivät kertolaskusujuvuudessa, mutta harjoittelun vaikutukset eivät näkyneet juurikaan muilla osa-alueilla. Tämä löydös on päinvastainen aiemman tutkimuksen kanssa, joka havaitsi kertolaskuharjoittelun laskevan matematiikka-ahdistusta etenkin niillä oppilailla, jotka kokivat enemmän matematiikka-ahdistusta (Wittman ym., 1998). Tosin Wittman ym. (1998) tutkimuksessa tarkasteltiin välittömiä vaikutuksia ja siten tulokset eivät ole täysin vertailukelpoiset. Myös kehorytmiharjoitteluun osallistuneilla oppilailla nähtiin pieniä muutoksia matematiikka-ahdistuksessa ja laskusujuvuudessa, mutta nämä olivat pääosin pienempiä verrattuna muihin ryhmiin.

4.1 Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimus

Tällä pilotti-interventiotutkimuksella on rajoituksia, jotka tulee ottaa huomioon tuloksia tulkitessa ja jatkotutkimusta ajatellen. Ensinnäkin tutkimuksen otos oli varsin pieni ja tulevassa vastaavassa interventiotutkimuksessa osallistuvien luokkien määrää on tarkoitus kasvattaa niin, että myös analyysimenetelmien osalta voidaan käyttää esimerkiksi rakenneyhtälömallinnusta. Pienestä otoksesta huolimatta tutkimukseen osallistuvat oppilaat vastasivat sosioekonomiselta taustaltaan melko hyvin koko Suomen väestöä, vaikka huoltajien koulutustasoissa korkeakoulutetut olivat yliedustettuina. Sähköiset arviointi- ja harjoitusmateriaalit mahdollistivat luotettavan aineiston keruun ja interventioiden toteutuksen, mikä on jatkossa myös kustannustehokasta suuremmalla osallistujamäärällä. Toisaalta jatkossa olisi myös kiinnostavaa vertailla, onko sillä eroa ohjelmien vaikuttavuuteen, toteutetaanko harjoitukset videoiden ja sähköisten harjoitustehtävien vai fyysisesti opettajan ohjaamina tuokioina. Oppilaiden ohjaaminen fyysisesti samassa tilassa rentoutus- ja kehorytmiharjoittelussa saattaisi lisätä tunnetta yhdessä tekemisestä tai yhteenkuuluvuudesta, mikä osaltaan voisi helpottaa ahdistuksen kokemista. Myös Dondio ym. (2023) meta-analyysi osoitti, että interaktiiviset ryhmässä toteutettavat ei-digitaaliset matemaattiset pelit olivat tehokkaampia matematiikka-ahdistuksen lieventämisessä verrattuna digitaalisiin ja yksilöllisesti toteutettuihin interventioihin.

Jatkossa olisi hyvä ottaa huomioon myös yleisen ahdistuksen tai motivaatiotekijöiden, kuten minäpystyvyyden, vaikutukset. Näin voitaisiin huomioida vielä tarkemmin ahdistuksen matematiikkasidonaisuus tai minäpystyvyyden rooli mahdollisena myönteisenä puskurina matematiikka-ahdistuksen ja matemaattisen osaamisen välillä. Pilottitutkimuksemme ei sisältänyt viivästettyä loppumittausta. Jatkotutkimuksissa interventioasetelmaan tulisi myös lisätä viivästetty loppumittaus, joka mahdollistaisi harjoittelun pidempiaikaisten vaikutusten tarkastelun. Koska tämän pilotti-interventiotutkimuksen tulokset eivät tukeneet kognitiivisten toimintojen häirinnän mallia (Cargnelutti ym., 2017; Wine, 1971), eivätkä heikon osaamisen mallia (Ma & Xu, 2004; Tobias, 1984), jatkotutkimuksessa olisi myös mielekästä yhdistää rentoutus- ja kertolaskuharjoittelu ja tarkastella pystytäänkö yhdistetyllä tuella samanaikaisesti lieventämään matematiikka-ahdistusta ja parantamaan laskusujuvuutta vastavuoroisen mallin mukaisesti (Ashcraft ym., 2007; Gunderson ym., 2018). Tämä vaatisi kuitenkin joko pidemmän harjoitteluajan matematiikan tunnin alussa tai eri harjoitusohjelmia voisi tehdä vuorotellen. Tutkimuksen toteuttaminen suuremmalla otoksella toisi myös vahvistusta siihen, onko harjoittelujakson kesto ja intensiivisyys riittävää matematiikka-ahdistuksen lieventämiseen. Tarvittaessa harjoittelujaksoa voitaisiin muokata kolmesta viikosta pidemmäksi tai vaihtoehtoisesti kasvattaa kunkin harjoitustuokion kesto. Tutkimuksen viides- ja kuudesluokkalaiset opiskelivat interventiojakson aikana eri matematiikan oppisisältöjä, joita ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa kontrolloitu tarkemmin. Jatkotutkimuksissa olisi syytä huomioida, onko opiskeltavalla asiasisällöllä ja käytetyillä opetusmenetelmillä vaikutusta intervention vaikuttavuuteen. Toisaalta interventiojakso ja arvioitavat matemaattiset taidot voitaisiin kytkeä tiukemmin myös oppitunneilla parhaillaan opeteltaviin sisältöihin, jolloin päästäisiin tarkastelemaan harjoitusohjelmien vaikuttavuutta kyseisten sisältöjen oppimiseen. Nyt matemaattisten taitojen harjoitusohjelma keskittyi vain kertolaskujen sujuvuuden harjoitteluun, joskin niiden sujuva hallinta voi olla haastavaa vielä tässäkin ikäryhmässä erityisesti niille, joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia, ja olla näin yksi matematiikka-ahdistusta lisäävä tekijä.

Johtopäätökset

Tämä pilotti-interventiotutkimus antoi lupaavia viitteitä rentoutus- ja kertolaskuharjoittelun vaikutuksista oppilaiden kokemaan matematiikka-ahdistukseen ja kertolaskusujuvuuteen. Rentoutusharjoittelulla oli nähtävissä laskeva, mutta ei tilastollisesti merkitsevä, suunta affektiivisen matematiikka-ahdistuksen kokemiseen ja kertolaskuharjoittelulla puolestaan laskusujuvuuden paranemiseen. Näiden tulosten myötä tulemmme jatkossa toteuttamaan vastaavan tutkimuksen suuremmalla otoksella, jonka avulla toivomme saavamme vahvistusta nyt orastaneille myönteisille tuloksille. Ottaen huomioon pilottitutkimuksen suhteellisen pienen otannan ja tämän tyyppisten harjoitusohjelmien kokeilemisen Suomen koulukontekstissa ensimmäistä kertaa, tämä

pilottitutkimus antaa lupaavat lähtökohdat interventio-ohjelmien kehittämis- ja jatkotutkimukselle.

Tutkimusetiikka

Tekijöiden roolit

P.T.: tietojen kuratointi, muodollinen analyysi, tutkimus, metodologia, visualisointi, kirjoittaminen – alkuperäinen luonnos, kirjoittaminen – tarkistus ja editointi

K.S.: metodologia, kirjoittaminen - alkuperäinen luonnos, kirjoittaminen - tarkistus ja editointi

J.K.: käsitteellistäminen, rahoituksen hankinta, metodologia, kirjoittaminen – arvostelu ja editointi

R.M.: käsitteellistäminen, tietojen kuratointi, rahoituksen hankinta, selvitys, metodologia, projektin hallinto, kirjoittaminen – alkuperäinen luonnos, kirjoittaminen – tarkistus ja editointi

Kaikki kirjoittajat ovat lukeneet käsikirjoituksen julkaistun version ja hyväksyneet sen.

Tekoälyn käyttö

Tekoälyä ei ole käytetty tutkimuksessa tai artikkelin kirjoittamisessa.

Rahoitus

Tutkimusta on rahoittanut Suomen Akatemia [pääötösnumero: 349929], PT, JK ja RM osalta.

Eettinen ennakoarviointi

Åbo Akademin tutkimuseettiseltä lautakunnalta saatiin tutkimuseettinen hyväksyntä ennen tutkimuksen alkamista.

Informoitu suostumus

Tietoinen suostumus saatiin kaikilta tutkimukseen osallistuneilta.

Datan saatavuus

Pyydettäessä vastaavalta kirjoittajalta.

Kiitokset

Kiitämme kaikkia osallistuneita oppilaita ja heidän opettajiaan sekä aineistonkeruuseen osallistuneita tutkimusavustajia.

Eturistiriidat

Kirjoittajilla ei ole eturistiriitoja.

Liite 1. Harjoitusohjelmien sisällöt

Taulukko 1. Rentoutustuokioiden sisällöt

Tuokio	Sisältö (esimerkki)
Tuokio 1 (Metsä)	<p>Hengitys: Vedä muutaman kerran syvään henkeä, ja laske samalla rauhallisesti kolmeen. Hengitä hitaasti sisään ja hitaasti ulos.</p> <p>Tarkkaavaisuus: Keskity nyt tarkkailemaan hengitystäsi. Onko se nopeaa vai hidasta?</p> <p>Mielikuva: Metsässä on lähde, joka on kuin peili. Päätät tehdä hassuja ilmeitä lähteen äärellä. Nyrpistä nenääsi ja siristä silmiäsi.</p> <p>Kehollisuus: Nosta toista jalkaasi vähän ylös. Tunne, kuinka ylös nostettu jalka alkaa hiljalleen tuntua epämukavalta ja jännittyneeltä. Anna jalan nyt laskeutua takaisin maahan ja muuttua ras-kaaksi ja rennoksi.</p>
Tuokio 2 (Meri)	<p>Hengitys: Laita kämmenet rintakehän päälle. Kuuntele meren aaltoja. Kun hengität sisään, kuulet aaltojen tulevan kohti ja kun hengität ulos, kuulet aaltojen katoavan takaisin mereen.</p> <p>Tarkkaavaisuus: Huomaat merellä liikkuvan veneen. Seuraa sitä katseellasi.</p> <p>Mielikuva: Kuvittele, että on kesä, tunne lämmin auringonpaiste kasvoillasi. Ilmassa tuoksuu meren suola. Kahlaat rantavedessä. Tunne, kuinka aallot osuvat jalkoihisi.</p> <p>Kehollisuus: Tunne, kuinka hiekka menee varpaiden väliin ja kutittaa mukavasti. Se kutittaa jokaista varvasta vasemmassa jalassasi ja jokaista varvasta oikeassa jalassasi.</p>
Tuokio 3 (Vuori)	<p>Hengitys: Kaartelet ilmassa ja havainnoit maisemia. Hengitä hitaasti ja rauhallisesti sisään ja ulos, kun nouset yhä korkeammalle.</p> <p>Tarkkaavaisuus: Meren poukamassa on laivoja. Valitse yksi laiva ja tarkkaile hetki sen kulkua.</p> <p>Mielikuva: Huomaa, kuinka aurinko säteilee valoa ympärilleen. Tunne, kuinka valonsäde lämmittää ensin päälakeasi. Sieltä se kulkeutuu oikean olkapään kautta oikeaan käteesi ja edelleen oikean käden sormiin.</p> <p>Kehollisuus: Valonsäde kulkee kehosi läpi oikeaan jalkaan ja oikean jalan varpasiin. Jalkasi tuntuu rennolta ja valonsäde lämmittää jalkaasi. Valonsäde jatkaa vielä matkaansa vasempaan jalkaasi.</p>
Tuokio 4 (Viidakko)	<p>Hengitys: Pysähdyt katsomaan vesiputousta. Laita kämmenet rintakehällesi ja hengitä nyt syvään sisään ja sitten hengitä ulos.</p> <p>Tarkkaavaisuus: Ympärilläsi on paljon erilaisia viidakon kasveja. Liikkuessasi eteenpäin, kiinnitä huomiota, miten eri muotoisia lehtiä kasveissa on.</p> <p>Mielikuva: Muistatko, miltä tuntuu, kun kesäsateella sadepisarat osuvat kasvoihin? Mieti, miltä sade tuoksuu?</p> <p>Kehollisuus: Kurkota käsilläsi kohti lattiaa kuin kasvin ilmajuuria. Tunne kuinka käsivartesi venyvät. Ravistele sitten varovasti käsivarsiasi ja tunne kuinka ne rentoutuvat.</p>
Tuokio 5 (Autioma)	<p>Hengitys: Hengitä sisään hitaasti nenän kautta ja päästä ilma kulkemaan ulos suun kautta.</p> <p>Tarkkaavaisuus: Tunnustele kielelläsi ensin toisen posken sisäpintaa ja sitten toisen posken. Saatko kutitettua kielenkärjellä suun yläosaa?</p> <p>Mielikuva: Autiomaassa hiekka pölyyää ja sumentaa näkymää. Mitä näet horisontissa? Kuvittele sinne jokin itsellesi mieluinen ja mukava asia.</p> <p>Kehollisuus: Kallista nyt hitaasti päätäsi kohti vasenta olkapäätä. Tunne, kuinka kaulasi lihakset venyvät ja hengitä edelleen rauhallisesti. Katso edelleen autiomaata, ehkä se näyttää hieman erilaiselta näin pää toiseen suuntaan kallistettuna.</p>
Tuokio 6 (Järvi)	<p>Hengitys: Voit hengittää rauhallisesti sisään ja ulos.</p> <p>Tarkkaavaisuus: Tuuli keinuttaa hiljalleen pinnalla kelluvia lumpeen kukkia. Voit keskittyä hetken itseesi ja omiin tuntemuksiisi. Onko sinun mielesi tyyni vai vaivaako jokin asia sinua?</p> <p>Mielikuva: Millaisiin tunnelmiin tämä maisema sinut vie? Voit miettiä mitä ääniä siihen kuuluu? Lau-laako taustalla lintu vai lip-lattaako vesi veneen kylkeen.</p>
Tuokio 7 (Talvi)	<p>Hengitys: Voit pistää silmät hetkeksi kiinni ja hengittää syvään raikasta ilmaa. Hengitä nenän kautta sisään ja suun kautta ulos.</p>

	<p>Mielikuva: Kuulet kuinka lumi narisee kävellessäsi. Kuvittele mielessäsi miltä pakkaslumi kuulostaa kenkiesi alla? Millaiseen tunnelmaan se vie sinut?</p> <p>Kehollisuus: Voit kuvitella kellahtavasi lumihankeen selällesi. Venytä kätesi ylös korkealle ja liikuta käsiä sivulle ja takaisin ylös, kuin piirtäisit isoa ympyrää lumen pintaan käsilläsi. Lumi vastustaa liikkettäsi ja tunnet kuinka kätesi lihakset jännittyvät.</p>
Tuokio 8 (Veden alla)	<p>Hengitys: Hengitä rauhallisesti syvään samalla kolmeen laskien ja hengitä ulos. Tunne kuinka ilma virtaa.</p> <p>Tarkkaavaisuus: Keskity tarkkailemaan vedessä uivia kaloja. Tarkkaile erityisesti kalojen väriä ja kuviointia. Millaisia muotoja löydät sieltä?</p> <p>Mielikuva: Kuvittele miltä vesi tuntuu ihollasi. Voit liikuttaa rauhallisesti käsiäsi vedessä. Tuntuvatko kädet kevyiltä vai raskailta?</p> <p>Kehollisuus: Seuraa katseellasi korallin liikettä, kuinka se keinuu vedessä. Voit samalla kevyesti liikkua itse korallin liikettä mukailen.</p>
Tuokio 9 (Taivaalla)	<p>Hengitys: Aseta toinen kätesi vatsan ja toinen rintakehän päälle. Hengitä syvään sisään ja ulos. Keskity hengitykseesi ja tunne kuinka kätesi nousevat hengityksen tahdissa. Miltä tämä tuntuu?</p> <p>Tarkkaavaisuus: Keskity nyt miettimään varpaitasi. Rentouta ne ja tunne kuinka niistä tulee lämpimät ja raskaat.</p> <p>Mielikuva: Kun ilmapallo on täynnä, voit solmia sen ja päästää sen leijaillemaan kohti taivasta. Ilmapallo nousee korkealle kohti pilviä. Vielä vähän korkeammalle.</p> <p>Kehollisuus: Ovatko lihaksesi rennot vai tunnetko jossain jännitystä?</p>

Huom. Osa harjoituksista pohjautuu tehtäviin, jotka on muokattu lähteistä Aitlahti & Reinikainen (2018), Mieli (<https://mieli.fi/>), Plummer (2012) ja Saltzman (2014).

Taulukko 2. Kertolaskutuokioiden sisällöt

Tuokio	Sisältö (tehtävä ViLLE-oppimisympäristössä)
Tuokio 1	Kertolaskutikkaat (3 min): Yhteenlaskun ja kertolaskun välinen yhteys sekä lasketaan kertolaskuja (0–6 kertotaulu), vastaus valitaan neljästä vaihtoehdosta Lentävät kertolaskut (3 min): Lasketaan kertolaskuja 25 s aikapaineella (1–6 kertotaulu), vastaus valitaan neljästä vaihtoehdosta
Tuokio 2	Kertolaskuralli (3 min): Ajetaan autolla sen portin läpi, jossa on kertolaskun oikea vastaus (0–5 kertotaulu), vastaus valitaan neljästä vaihtoehdosta. Kertolaskujuoksu (3 min): Lasketaan kertolaskuja aikapaineella (2–5 kertotaulu), vastaus kirjoitetaan lukuna.
Tuokio 3	Muistipeli (2 min): Muistipeli, jossa tulee yhdistää kertolasku ja sen vastaus (5–9 kertotaulu), kymmenen paria. Lentävät kertolaskut (4 min): Lasketaan kertolaskuja 18 s aikapaineella (5–9 kertotaulu), vastaus valitaan neljästä vaihtoehdosta.
Tuokio 4	Kertolaskuralli (3 min): Lennetään lentokoneella sen portin läpi, jossa on kertolaskun oikea vastaus (3–10 kertotaulu), vastaus valitaan neljästä vaihtoehdosta. Putoavat kertolaskut (3 min): Putoavista vastauksista valitaan kertolaskulle oikea vastaus (3–10 kertotaulu)
Tuokio 5	Tosi-epätosi-tikkaat (3min): Oppilas päättelee, onko kertolaskuun (1–10 kertotaulu) liittyvä lauseke tosi vai epätosi. Kertolaskujuoksu (3 min): Lasketaan kertolaskuja aikapaineella (1–10 kertotaulu), vastaus kirjoitetaan lukuna.
Tuokio 6	Arviointiralli (3min): Oppilas arvioi mikä vastausvaihtoehdoista on lähinnä kertolaskun vastausta ja ratsastaa portista läpi (1–10 kertotaulu). Kertolaskujuoksu (3 min): Lasketaan kertolaskuja aikapaineella (helppoja kertolaskuja, joissa myös yhteenlasku), vastaus kirjoitetaan lukuna.
Tuokio 7	Muistipeli (2 min): Muistipeli, jossa tulee yhdistää kertolasku, joissa on myös yhteenlasku, ja sen vastaus, kymmenen paria. Tosi-epätosi-tikkaat (4 min): Oppilas päättelee, onko kertolaskuun (1–10 kertotaulu) liittyvä lauseke tosi vai epätosi.
Tuokio 8	Putoavat kertolaskut (3 min): Putoavista vastauksista valitaan kertolaskulle oikea vastaus (0-12 kertotaulu) Kertolaskujuoksu (3 min): Lasketaan kertolaskuja aikapaineella (6–10 kertotaulut, joissa myös yhteen- tai vähennyslasku), vastaus kirjoitetaan lukuna.
Tuokio 9	Muistipeli (2 min): Muistipeli, jossa tulee yhdistää kertolasku ja sen vastaus, kymmenen paria. Kertolaskuissa toinen luku on tasakymppi (esim. $3 \cdot 20$) Arviointiralli (4 min): Oppilas arvioi mikä vastausvaihtoehdoista on lähinnä kertolaskun vastausta ja purjehtii portista läpi. Kertolaskuissa toinen luku on tasakymppi (esim. $5 \cdot 50$).

Taulukko 3. Kehorytmituokioiden sisällöt

Tuokio	Sisältö (esimerkki)
Tuokio 1 (Pulssi)	<p>Lämmittely: Nivelkohtien lämmittelyt alkuun.</p> <p>Harjoitus: Kahdeksan (8) iskua (taputus kädet yhteen, taputus ranteeseen, taputus kädet yhteen, taputus kyynärpäähän, taputus kädet yhteen, taputus vastakkaiseen lantioon, taputus kädet yhteen, taputus vastakkaiseen polveen, taputus kädet yhteen, taputus vastakkaiseen nilkkaan).</p> <p>Sitten sama kaava neljällä (4) iskulla, kahdella (2) iskulla ja lopuksi yhdellä (1) iskulla.</p>
Tuokio 2 (4/4-osa tahti, neljäsosa-, kahdeksasnuotit)	<p>Lämmittely: Kerrataan viimekertainen taputusharjoitus nopeutettuna - lähtien neljästä iskusta.</p> <p>Harjoitus: Lyödään molemmat kädet reisiin, kädet yhteen, kädet olkapäihin ja kädet yhteen ylhäällä. Tehdään tämä ensin 1) neljäsosina, 2) kahdeksasosina. Tehdään ensin hitaasti, sitten oikeassa tempossa.</p>
Tuokio 3 (4/4-osa tahti, neljäsosa-, kahdeksasnuotit ryhmässä)	<p>Lämmittely: Kerrataan viimekertainen harjoitus.</p> <p>Harjoitus: Tehdään sama harjoitus piirissä, jolloin kolmannen tahdin osan iskut tulevat vieressä olevien kavereiden käsiin.</p>
Tuokio 4 (4/4-osa tahti, neljäsosa-, kahdeksasnuotit, tauko, ryhmässä)	<p>Lämmittely: Kerrataan viimekertainen harjoitus piirissä.</p> <p>Harjoitus: Lisätään harjoitukseen neljäsosatauko.</p>
Tuokio 5 (Koko keho mukaan!)	<p>Lämmittely: Harjoitellaan kolme (3) erilaista kehorytmikuviota yhdessä: yksi 1) jaloilla kävelyä, 2) taputus reisiin, taputus käsiin, napsutus ja taputus käsiin, 3) tauko tauko tauko tau- titi kämmenselillä).</p> <p>Harjoitus: Jako kolmeen ryhmään, jotka tekevät omaa kehorytmikuviota. Merkistä vaihtuu toiseen kehorytmikuviioon.</p>
Tuokio 6 (Koko keho mukaan!)	<p>Lämmittely: Hitaita liikkeitä niin, että joku ruumiinosa johtaa liikettä.</p> <p>Harjoitus: Jalkojen askellus ensin puolet hitaammin, sitten oikeassa tempossa, pyörähdetään ympäri. Lisätään taputus. Lopuksi venytellään kuten alkulämmittelyssä.</p>
Tuokio 7 (Kehorytmikaava)	<p>Lämmittely: Erilaisia kehorytmejä vuoropuheluna: ohjaaja edellä, oppilaat toistavat.</p> <p>Harjoitus: Kysymys-vastaus parin kanssa (ensin toistetaan sama mitä ”kysyjä”, sitten saa vastata miten haluaa).</p>
Tuokio 8 (Kehorytmikaava 1/2)	<p>Lämmittely: Rodeotyylisiä liikkeitä.</p> <p>Harjoitus: Tehdään ensin stomppia (jalkojen askellus luo rytmipohjan), sitten harjoitellaan uusi kehorytmikaava.</p>
Tuokio 9 (Kehorytmikaava 2/2)	<p>Lämmittely: Kerrataan edellisen kerran harjoitus.</p> <p>Harjoitus: Tehdään samaa nyt niin että vaihdetaan stomp ja kehorytmikaavaa neljän tahdin välein.</p>

Lähteet

- Abd Elmegaly, A.A., (2022). Evaluation of Expectation Maximization and Full Information Maximum Likelihood as a handling techniques for missing data. *International Journal of Innovative Research in Sciences and Engineering Studies*, 2(4), 13–19. <http://ijirses.com/wp-content/uploads/2022/05/IJRSES-020505.pdf>
- Aitlahti, K. & Reinikainen, S. 2018. Uusia polkuja rauhoittumiseen. Helsinki: Lasten Keskus Oy. Mielenterveystalo. <https://www.mielenterveystalo.fi/fi>
- Arch, J. J., & Craske, M. G. (2006). Mechanisms of mindfulness: Emotion regulation following a focused breathing induction. *Behaviour Research and Therapy*, 44(12), 1849–1858. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2005.12.007>
- Ashcraft, M. H., Krause, J. A., & Hopko, D. (2007). Is math anxiety a mathematical learning disability? In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why Is Math So Hard For Some Children? The Nature and Origins of Mathematical Learning Difficulties and Disabilities* (pp. 329–348). Paul H Brookes Publishing Co.
- Asanjarani, F., & Zarebahramabadi, M. (2021). Evaluating the effectiveness of cognitive-behavioral therapy on math self-concept and math anxiety of elementary school students. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 65(3), 223–229. <https://doi.org/10.1080/1045988X.2021.1888685>
- Au, J., Gibson, B. C., Bunarjo, K., Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2020). Quantifying the difference between active and passive control groups in cognitive interventions using two meta-analytical approaches. *Journal of Cognitive Enhancement*, 4(2), 192–210. <https://doi.org/10.1007/s41465-020-00164-6>
- Balt, M., Börnert-Ringleb, M., & Orbach, L. (2022). Reducing Math Anxiety in School Children: A Systematic Review of Intervention Research. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.798516>
- Barroso, C., Ganley, C. M., McGraw, A. L., Geer, E. A., Hart, S. A., & Daucourt, M. C. (2021). A meta-analysis of the relation between math anxiety and math achievement. *Psychological Bulletin*, 147(2), 134–168. <https://doi.org/10.1037/bul0000307>
- Bhatia, P., Le Diagon, S., Langlois, E., William, M., Prado, J., & Gardes, M.-L. (2023). Impact of a game-based intervention on fraction learning for fifth-grade students: A pre-registered randomized controlled study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(1), 49–62. <https://doi.org/10.1111/jcal.12726>
- Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., Segal, Z. V., Abbey, S., Speca, M., Velting, D., & Devins, G. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11(3), 230–241. <https://doi.org/10.1093/clipsy.bph077>
- Blacking, J. (1997). Towards an anthropology of the body. Teoksessa J. Blacking (Toim.), *The anthropology of the body* (ss. 1–28). Academic press.
- Brunyé, T. T., Mahoney, C. R., Giles, G. E., Rapp, D. N., Taylor, H. A., & Kanarek, R. B. (2013). Learning to relax: Evaluating four brief interventions for overcoming the negative emotions accompanying math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 27, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.06.008>
- Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szücs, D. (2016). The Chicken or the Egg? The Direction of the Relationship Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01987>
- Cargnelutti, E., Tomasetto, C., & Passolunghi, M. C. (2017). How is anxiety related to math performance in young students? A longitudinal study of Grade 2 to Grade 3 children. *Cognition and Emotion*, 31(4), 755–764. <https://doi.org/10.1080/02699931.2016.1147421>
- Cipora, K., Artemenko, C., & Nuerk, H. C. (2019). Different ways to measure math anxiety. Teoksessa I. C. Mammarella, S. Caviola, & A. Dowker (Toim.), *Mathematics Anxiety. What is Known and What is Still to be Understood* (ss. 20–41). Routledge.
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Cohen, J., & Cohen, P. (1983). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Dondio, P., Gusev, V., & Rocha, M. (2023). Do games reduce maths anxiety? A meta-analysis. *Computers & Education*, 194, 104650. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104650>
- Dong, Y., Peng, C-Y.J. (2013). Principled missing data methods for researchers. *SpringerPlus*, 2, 222. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-222>
- Dotan, D., & Zviran-Ginat, S. (2022). Elementary math in elementary school: The effect of interference on learning the multiplication table. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 7(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s41235-022-00451-0>
- Elliott, D. J. (Toim.). (2005). *Praxial music education: Reflections and dialogues*. Oxford University Press.

- Godøy, R. I. (2018). Motor Constraints Shaping Musical Experience. *Music Theory Online*, 24(3). <https://mtosmt.org/issues/mto.18.24.3/mto.18.24.3.godoy.html>
- Gunderson, E. A., Park, D., Maloney, E. A., Beilock, S. L., & Levine, S. C. (2018). Reciprocal relations among motivational frameworks, math anxiety, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*, 19(1), 21–46. <https://doi.org/10.1080/15248372.2017.1421538>
- Henschel, S., & Roick, T. (2017). Relationships of mathematics performance, control and value beliefs with cognitive and affective math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 55, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.03.009>
- Ho, H.-Z., Senturk, D., Lam, A., Zimmer, J., Hong, S., Okamoto, Y., Chiu, S.-Y., Nakazawa, Y., & Wang, C.-P. (2000). The Affective and Cognitive Dimensions of Math Anxiety: A Cross-National Study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31, 362. <https://doi.org/10.2307/749811>
- Hodges, D., & Gruhn, W. (2012). Implications of neurosciences and brain research for music teaching and learning. Teoksessa G. E. McPherson & G. F. Welch (Toim.), *Oxford handbook of music education* (Vsk. 1, ss. 205–223). Oxford University. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199730810.013.0012_update_001
- Jansen, B. R. J., Louwerse, J., Straatemeier, M., Van der Ven, S. H. G., Klinkenberg, S., & Van der Maas, H. L. J. (2013). The influence of experiencing success in math on math anxiety, perceived math competence, and math performance. *Learning and Individual Differences*, 24, 190–197. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.12.014>
- Jordan, N. C., Glutting, J., Dyson, N., Hassinger-Das, B., & Irwin, C. (2012). Building kindergartners' number sense: A randomized controlled study. *Journal of Educational Psychology*, 104(3), 647–660. <https://doi.org/10.1037/a0029018>
- Juntunen, M.-L. (2004, lokakuuta 12). *Embodiment in Dalcroze Eurhythmics* [Väitöskirja]. Jultika.Oulu.Fi. <https://oulurepo.oulu.fi/handle/10024/34615>
- Jylänki, P. & Mononen, R. (2023). *Relaxation intervention programme for primary school students*. Unpublished. University of Oulu.
- Kaskens, J., Segers, E., Goei, S. L., van Luit, J. E. H., & Verhoeven, L. (2020). Impact of Children's math self-concept, math self-efficacy, math anxiety, and teacher competencies on math development. *Teaching and Teacher Education*, 94, 103096. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103096>
- Khng, K. H. (2017). A better state-of-mind: Deep breathing reduces state anxiety and enhances test performance through regulating test cognitions in children. *Cognition and Emotion*, 31(7), 1502–1510. <https://doi.org/10.1080/02699931.2016.1233095>
- Kucian, K., Zuber, I., Kohn, J., Poltz, N., Wyschkon, A., Esser, G., & von Aster, M. (2018). Relation Between Mathematical Performance, Math Anxiety, and Affective Priming in Children With and Without Developmental Dyscalculia. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00263>
- Känsäkoski, M., & Mononen, R. (2024, huhtikuuta 30). *Matematiikka-ahdistus ja sen yhteys matematiikan osaamiseen kolmannella luokalla*. Psykologia. <http://www.psykologia.fi/uusin-numero/artikkelit/tieteelliset-artikkelit/1188-matematiikka-ahdistus-ja-sen-yhteys-matematiikan-osaamiseen-kolmannella-luokalla>
- Lidov, D. (2005). *Is language a music? Writings on musical form and signification*. Indiana University Press.
- Ma, X., & Xu, J. (2004). The causal ordering of mathematics anxiety and mathematics achievement: A longitudinal panel analysis. *Journal of Adolescence*, 27(2), 165–179. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2003.11.003>
- Mieli. <https://mieli.fi>
- Müller, C., Otto, B., Sawitzki, V., Kanagalingam, P., Scherer, J.-S., & Lindberg, S. (2021). Short breaks at school: Effects of a physical activity and a mindfulness intervention on children's attention, reading comprehension, and self-esteem. *Trends in Neuroscience and Education*, 25, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2021.100160>
- Namkung, J. M., Peng, P., & Lin, X. (2019). The Relation Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance Among School-Aged Students: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 89(3), 459–496. <https://doi.org/10.3102/0034654319843494>
- Noël, M.-P., & De Visscher, A. (2018). Chapter 18—Hypersensitivity-to-Interference in Memory as a Possible Cause of Difficulty in Arithmetic Facts Storing. Teoksessa A. Henik & W. Fias (Toim.), *Heterogeneity of Function in Numerical Cognition* (ss. 387–408). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811529-9.00018-2>
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Määräykset ja ohjeet 2014:96, Next Print Oy, Helsinki.
- Ophuis-Cox, F. H. A., Catrysse, L., & Camp, G. (2023). The effect of retrieval practice on fluently retrieving multiplication facts in an authentic elementary school setting. *Applied Cognitive Psychology*, 37(6), 1463–1469. <https://doi.org/10.1002/acp.4141>

- Passolunghi, M. C., De Vita, C., & Pellizzoni, S. (2020). Math anxiety and math achievement: The effects of emotional and math strategy training. *Developmental Science*, 23(6), e12964. <https://doi.org/10.1111/desc.12964>
- Pellizzoni, S., Cargnelutti, E., Cuder, A., & Passolunghi, M. C. (2022). The interplay between math anxiety and working memory on math performance: A longitudinal study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1510(1), 132–144. <https://doi.org/10.1111/nyas.14722>
- Plummer, D. M. 2012. Focusing and calming games for children: Mindfulness strategies and activities to help children to relax, concentrate and take control. Lontoo: Jessica Kingsley Publishers.
- Rawlings, A. M., Niemivirta, M., Korhonen, J., Lindskog, M., Tuominen, H., & Mononen, R. (2023). Achievement emotions and arithmetic fluency – Development and parallel processes during the early school years. *Learning and Instruction*, 86, 101776. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2023.101776>
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data. *Journal of Counseling Psychology*, 19(6), 551–554. <https://doi.org/10.1037/h0033456>
- Rodriguez, I. A., Nascimento, J. M. do, Voigt, M. F., & Santos, F. H. D. (2019). Numeracy musical training for school children with low achievement in mathematics. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 35(3), Article 3. <https://doi.org/10.6018/analesps.35.3.340091>
- Räsänen, P., Aunio, P., Laine, A., Hakkarainen, A., Väisänen, E., Finell, J., Rajala, T., Laakso, M.-J., & Korhonen, J. (2021). Effects of Gender on Basic Numerical and Arithmetic Skills: Pilot Data From Third to Ninth Grade for a Large-Scale Online Dyscalculia Screener. *Frontiers in Education*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/educ.2021.683672>
- Saltzman, A. 2014. A still quiet place: A mindfulness program for teaching children and adolescents to ease stress and difficult emotions. Oakland: New Harbinger Publications.
- Sammallahti, E., Finell, J., Jonsson, B., & Korhonen, J. (2023). A meta-analysis of math anxiety interventions. *The Journal of Numerical Cognition*, 9(2), 346–362. <https://doi.org/10.5964/jnc.8401>
- Schonert-Reichl, K. A., & Lawlor, M. S. (2010). The Effects of a Mindfulness-Based Education Program on Pre- and Early Adolescents' Well-Being and Social and Emotional Competence. *Mindfulness*, 1(3), 137–151. <https://doi.org/10.1007/s12671-010-0011-8>
- Seitz, J. A. (2005). The neural, evolutionary, developmental, and bodily basis of metaphor. *New Ideas in Psychology*, 23(2), 74–95. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2005.11.001>
- Song, C. S., Xu, C., Maloney, E. A., Skwarchuk, S.-L., Di Lonardo Burr, S., Lafay, A., Wylie, J., Osana, H. P., Douglas, H., & LeFevre, J.-A. (2021). Longitudinal relations between young students' feelings about mathematics and arithmetic performance. *Cognitive Development*, 59, 101078. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101078>
- Sorvo, R., Koponen, T., Viholainen, H., Aro, T., Räikkönen, E., Peura, P., Dowker, A., & Aro, M. (2017). Math anxiety and its relationship with basic arithmetic skills among primary school children. *The British Journal of Educational Psychology*, 87(3), 309–327. <https://doi.org/10.1111/bjep.12151>
- Sorvo, R., Koponen, T., Viholainen, H., Aro, T., Räikkönen, E., Peura, P., Tolvanen, A., & Aro, M. (2019). Development of math anxiety and its longitudinal relationships with arithmetic achievement among primary school children. *Learning and Individual Differences*, 69, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.12.005>
- Suinn, R. M., Taylor, S., & Edwards, R. W. (1988). Suinn Mathematics Anxiety Rating Scale for Elementary School Students (MARS-E): Psychometric and Normative Data. *Educational and Psychological Measurement*, 48(4), 979–986. <https://doi.org/10.1177/0013164488484013>
- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using Effect Size—Or Why the P Value Is Not Enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279–282. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>
- Sutela, K. & Jaako, J. (2023). *Body rhythm intervention programme for primary school students*. Unpublished. University of Oulu.
- Syväoja, H. J., Sneek, S., Kukko, T., Asunta, P., Räsänen, P., Viholainen, H., Kulmala, J., Hakonen, H., & Tammelin, T. H. (2024). Effects of physically active maths lessons on children's maths performance and maths-related affective factors: Multi-arm cluster randomized controlled trial. *British Journal of Educational Psychology*, 00, 1–23. <https://doi.org/10.1111/bjep.12684>
- Tilastokeskus. (2021, lokakuuta 24). *Väestön koulutusrakenne*. https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vkour/
- Tobias, S. (1984). Test anxiety: Cognitive interference or inadequate preparation? *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (68th, New Orleans, LA, April 23-27, 1984)*. <https://eric.ed.gov/?id=ED249260>

- Tok, Ş. (2013). Effects of the know-want-learn strategy on students' mathematics achievement, anxiety and metacognitive skills. *Metacognition and Learning*, 8(2), 193–212. <https://doi.org/10.1007/s11409-013-9101-z>
- Tok, Ş. (2015). The Effects of Teaching Mathematics Creatively on Academic Achievement, Attitudes towards Mathematics, and Mathematics Anxiety. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 23(4). <https://openjournals.library.sydney.edu.au/CAL/article/view/7887>
- Turun Yliopisto, Oppimisanalytiikan tutkimusinstituutti. (ei pvm.). *FUNA - Functional Numeracy Assessment*. <https://www.oppimisanalytiikka.fi/ville/funa/>
- Tähti, P., Finell, J., Tapola, A., Sammallahti, E., Widlund, A., Jonsson, B., Mononen, R., & Korhonen, J. (2025). *Math anxiety and its relations to arithmetic fluency and number processing: A comparative study between Finnish, Finnish-Swedish, and Swedish fourth-grade students [Julkaisematon käsikirjoitus]*.
- Wine, J. (1971). Test anxiety and direction of attention. *Psychological Bulletin*, 76(2), 92–104. <https://doi.org/10.1037/h0031332>
- Wittman, T. K., Marcinkiewicz, H. R., & Hamodey-Douglas, S. (1998). *Computer Assisted Automatization of Multiplication Facts Reduces Mathematics Anxiety in Elementary School Children*. <https://eric.ed.gov/?id=ED423869>
- Živković, M., Pellizzoni, S., Doz, E., Cuder, A., Mammarella, I., & Passolunghi, M. C. (2023). Math self-efficacy or anxiety? The role of emotional and motivational contribution in math performance. *Social Psychology of Education*, 26(3), 579–601. <https://doi.org/10.1007/s11218-023-09760-8>