

TARTU ÜLIKOOL
SOTSIAAL- JA HARIDUSTEADUSKOND
ERIPEDAGOOGIKA OSAKOND

Maris Rüütli
**TÖÖMÄLU FUNKTSIONEERIMINE MATEMAATILISTE ÕPIRASKUSTEGA
3. KLASSI ÕPILASTEL**

Magistritöö

Läbiv pealkiri: Töömälu ja matemaatilised õpiraskused

KAITSMISELE LUBATUD

Juhendaja: Kaili Palts, Msc

.....
(allkiri ja kuupäev)

Osakonna juhataja: Kaja Plado, MA

.....
(allkiri ja kuupäev)

Osakonnas registreeritud

.....
(allkiri)

.....
(kuupäev)

Tartu 2010

Sisukord

Kokkuvõte	3
Abstract	4
Töömälu funktsioneerimine matemaatiliste õpiraskustega 3. klassi õpilastel	5
Matemaatiline õpiraskus ja matemaatiliste õpiraskustega lapsed	5
Matemaatiliste õpiraskuste põhjused	7
Mälu liigitus	10
Töömälu	11
Kesktäidesaatev komponent ja tähelepanu.....	11
Fonoloogiline silmus	15
Visuaal-ruumiline hoidla.....	18
Taju.....	21
Lugemisraskused ja töömälu	24
Kokkuvõte	25
Meetod.....	28
Katseisikud	28
Mõõtvahendid.....	28
Protseduur.....	31
Tulemused	32
Arutelu.....	40
Kasutatud kirjandus.....	48
LISAD	

Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli uurida 3. klassi matemaatiliste õpiraskustega laste töömälu kõigi kolme komponendi funktsioneerimist ning võrrelda tulemusi samas vanuses lugemisraskustega ja eakohase arenguga laste tulemustega. Lisaks pakkus töö kirjutajale huvi, kas matemaatilised õpiraskused võivad olla seotud ka tähelepanu või taju probleemidega, mis omakorda võivad mõjutada töömälu efektiivset funktsioneerimist. Uuringus osales 93 Eesti erinevates koolides riikliku õppekava järgi õppivat õpilast. Tulemustest selgus, et matemaatiliste õpiraskustega lapsed said võrreldes eakohase arenguga lastega nõrgemad tulemused kõikides töömälu testides ning neil on häiritud juba taju ja tähelepanu, mis omakorda mõjutavad töömälu tegevust. Võrreldes matemaatiliste õpiraskuste ja lugemisraskustega laste töömälu sooritusi, olid tulemused oma profiililt üsna sarnased, kuid raskuste sügavuses mõneti erinevad.

Abstract

The present paper deals with the problems of functioning of the working memory of the third grade pupils affected by mathematical learning difficulties. Ninety-three pupils studying by the National Curriculum in different schools of Estonia were involved in the research. The aim of the paper was to study the working memory of the children with the mathematical learning difficulties, concerning its functioning with the three components: visuo-spatial sketchpad, phonological loop and central executive system. The results of the group with mathematical learning difficulties were compared to the group with the reading disability and the group of the able pupils. In addition, the author observed if mathematical learning difficulties might be linked with either attention issues or visual perception problems which can affect the functioning of the working memory, respectively. The research resulted in conclusion that the visual perception and attention processes of the children with mathematical learning difficulties were disordered beforehand which, in turn, affects the functioning of the working memory. The results of the research enabled to compare the performance of the group of pupils with mathematical learning difficulties to the group of specific reading disability which seems to be similar in profile but different in depths of disorders.

Töömälu funktsioneerimine matemaatiliste õpiraskustega 3. klassi õpilastel

Matemaatika kaudu õpivad lapsed tundma maailma arvude ja kujundite keeles. Nad õpivad põhjendama, leidma seoseid ja loogiliselt mõtlema. Matemaatika ei ole ainult oskuste ja protseduuride hulk, mida laps peab omandama, vaid pigem mõtlemisviis matemaatilistest seostest, suhetest ja kujunditest (Palu, 2008). Tavakooli matemaatikakursuse põhiülesanneteks on aritmeetiliste tehete (liitmise, lahutamise, korrutamise ja jagamise) õppimine. Omandada tuleb sellised teadmised ja oskused, mis aitavad mõista tegelikkuses esinevate seoste olemust ning kindlustaksid matemaatika eduka omandamise järgmises kooliastmes (Neare, 1998). Kuid miks esineb siis paljudel lastel selles arvude ja kujundite maailmas orienteerumises raskusi? Käesolevas magistritöös püütakse leida vastused mõnedele olulistele küsimustele, mis võivad olla seotud matemaatiliste õpiraskuste tekkimisega.

Matemaatiline õpiraskus ja matemaatiliste õpiraskustega lapsed

Matemaatika õppimine sisaldab erinevat laadi raskusi ja probleeme. Mõned nendest on seotud õppija individuaalsete erinevuste või kultuurilise kogemusega ja kindlasti ka emotsionaalsete protsesside mõjuga õppimisele (Gifford, 2005). Matemaatika õppimise raskused ja nende esinemissageduste arvnäitajad on seotud riikide hariduskorralduse, õppekavade ning diagnoosimise ja mõõtmise eripäraga. Epidemioloogilised uuringud on näidanud, et 6–21% kooliealistest lastest on raskusi matemaatikaga (Zillmer jt, 2008, viidatud Tröner, 2009). Eestis läbiviidud uurimused näitavad analoogseid tulemusi. Näiteks arvutamiskursusi esineb 12–20% viienda klassi õpilastest (Plado, 1997, viidatud Maila, 2005). Kahjuks puuduvad arvandmed nooremate õpilaste kohta, mis viitab sellele, et matemaatilistele õpiraskustele on pööratud vähem tähelepanu kui nt lugemiskursustele. Leian, et haridussüsteem võiks enam keskenduda matemaatiliste õpiraskustega laste tuvastamisele ja nende eristamisele üldiste õpiraskustega laste hulgast.

Adamsi (2007) sõnul on matemaatiliste õpiraskuste äratundmine ainult esimene aste selle spetsiifilise õpiraskusega tegelemisel. Ta soovib analüüsida matemaatilisi õpiraskusi nii geneetilise, kognitiivse kui käitumusliku faktori valguses. Geneetilisel pärandil on oluline roll, nt nii füüsilised ja vaimsed haigused kui ka üldised ja spetsiifilised õpiraskused võivad kanduda edasi perekonniti. Kognitiivse lähenemise järgi tuleb mõista aju funktsionaalset arhitektuuri ja

psüühiliste protsesside toimimist. Käitumuslikud faktorid lähtuvad aga individuaalsetest erinevustest ja kognitiivsetest stiilidest. Mõistes neid kolme faktorit ja nende koosmõju, mõistame me paremini ka nn numbrimaailmas ekslevat last.

Liivamäe (2006) järgi viitab matemaatiline õpiraskus spetsiifilisele arvutamislumuse nõrkusele, mida ei saa seletada vaimse alaarenguga või puuduliku õpetamisega. Psüühika- ja käitumishäirete klassifikatsiooni (RHK-10, 1995) alusel sisaldab matemaatiline õpiraskus endas järgmisi probleeme: a) raskused matemaatiliste operatsioonide aluseks olevate üldmõistete tähendusest arusaamisel; b) puudulik arusaamine matemaatilistest oskussõnadest ja märkidest; c) numbriliste sümbolite mitteäratundmine; d) raskused tavaliste matemaatiliste tehete sooritamises; e) raskused arusaamisel, millised numbrid on ülesande lahenduse otsimisel olulised; f) raskused numbrite järjestamisel ja kümnendkohtade ning sümbolitega opereerimisel arvutuste käigus; g) matemaatiliste tehete ebakorrekne ruumiline paigutus; h) võimetus rahuldavalt selgeks õppida korrutustabel.

Matemaatiliste õpiraskuste alased uuringud võib jaotada neuropsühholoogilisteks ja pedagoogilisteks. Viitari (1996) sõnul said neuropsühholoogilised uuringud alguse täiskasvanud isikute uurimisest peaaegu sada aastat tagasi. Siis arvati, et arvutamine on raskendatud neil, kel on kahjustus vasakus ajupoolkeras. Tänapäeval ollakse seisukohal, et iga psühholoogilise funktsiooni juhtimine toetub paljudele ajukeskustele, millest igaüks vastutab toimingute sooritamisel konkreetse operatsiooni eest. Matemaatiliste oskuste puudulikkus võib Luria (viidatud Viitar, 1996) arvates olla põhjustatud erinevate ajupiirkondade kahjustusest, mille avaldumine sõltub esmaselt kahjustunud operatsioonist.

Pedagoogilise suunitlusega uurimused võib jaotada kaheks alarühmaks: ainekeskseks ja lapsekeskseks. Neist esimeses lähtutakse õppekava tasemest ja materjali omandamise võimest. Viitari (1996) sõnul keskendutakse siin matemaatika kui õppeaine mitmesuguste valdkondade omandamise probleemidele, nt arvutusvigade analüüsile. Lahutamistvigade klassifikatsiooni kuuluvad nt laenamisvead, nullivead, algoritmi vale kasutamine, puudulikest algteadmistest tulenevad vead ja hooletusvead. Nagu eeltoodust selgub, võimaldab ainekeskne uurimissuund selgitada küll veaohtriku koha, kuid ei võimalda välja töötada matemaatikaalaste oskuste omandamise jõukohastamise võtteid.

Teises alarühmas lähtutakse aga lapse arengu iseärasustest ja omandamisraskuse psühholoogilistest tekkemehhanismidest, rõhutades lapse ealisi ja individuaalseid iseärasusi (Viitar, 1996). Õppimise aluseks on lapse kognitiivne süsteem, mille moodustavad psüühilised protsessid: tajus, mälu, mõtlemine, tähelepanu, emotsioonid ja motivatsioon. Dockrell ja McShane (1995) käsitlevad kognitiivset süsteemi kui lapse võimekust töödelda informatsiooni, mis on ülesande eduka täitmise jaoks oluline. Kognitiivse arengu eakohase kulu uurimine annab kasulikke juhiseid ja mõtteid, nagu nt mida õpiraskustega laste juures uurida või millisel moel õpiraskustega laste areng eakohaselt arenenud laste arengust lahku läheb. Mida üksikasjalikumad meie mudelid tavapärase arengu kohta on, seda üksikasjalikumaid võrdlusi saame teha ja seda täpsemat sekkumist saame planeerida. Mitmed autorid (nt Viitar, 1998; Karlep, 2005) rõhutavad, et õppimise protsess on tulemuslik ja õppesisu on lapsele jõukohane vaid siis, kui see on vastavuses lapse vaimse potentsiaali ja lähima arenguvallaga (tasand, kus laps saab hakkama täiskasvanu abiga). Karlep viitab oma artiklis (2005) Vögotski väitele, millele peaksid mõtlema kõik lapsi õpetavad pedagoogid: õpetamine ise ei ole areng, kuid õigesti korraldatud õpetamine veab lapse vaimset arengut.

Matemaatiliste õpiraskuste põhjused

Nii nagu kooliskäimine pakub lapsele võimaluse lugema õppimiseks, viib ta lapse kokku ka matemaatikaga. Tröner (2009) toob välja neli osaoskust, mille puhul on matemaatilistes saavutustes täheldatud madalamaid tulemusi. Need on matemaatilised, keelelised, tajus- ja tähelepanuoskused. Antud alateemas analüüsin kahte esimest; tajus- ja tähelepanuoskused leiavad kajastamist töömälu teema juures.

Matemaatika õpetamise eesmäärke ja põhimõistete loogilist struktuuri silmas pidades sisaldab algklasside matemaatika õppesisu Noore (1998) järgi vähemalt kaheksat tegevust. Need on järjestamine, rühmitamine, samaväärse hulga moodustamine ja säilitamine, terviku ja osa võrdlemine, loendamine, mõõtmine ning modelleerimine. Kõik need tegevused on aluseks järgnevatele matemaatilistele oskustele, mida laps koolis õpib. Mitmed loetletud tegevused annavad aluse arvusüsteemi mõistmisele ja kujunemisele, mis on matemaatiliste oskuste oluliseks komponendiks. Neare ja Saliste (1997) sõnul on matemaatiliste õpiraskustega lastel keeruline mõista hulga ja arvu seost, tihti käib neile ülejõu ka kogu- ja osahulga suhete määramine, sest

toetatakse hulkade välistele, mitte ühendatavatele tunnustele. Seetõttu on neil raske mõista ja omandada ka arvu koostist.

Nõustun paljude autorite (nt Dockrell jt, 1995; Butterworth, Harris, 2002) arvamusega, kes leiavad, et arvusüsteemi valdamise ja lihtsate aritmeetiliste operatsioonide teostamise võti seisneb loendama õppimises. Dockrelli jt (1995) järgi seisneb see tegevus üksikute arvude nimetuste ja järjekorra selgeks õppimises. Loendamise juures on kaks olulist aspekti: arvsõnade järjekorra teadmine ning arvude ja objektide vaheliste seoste mõistmine. Tavapärase arengu korral toimub laste areng sõrmedega loendamisest peast loendamiseni (loendamisstrateegia). Edasises strateegias enam loendust ei kasutata ning numbrifaktid taastatakse pikaajalisest mälust (taastamisstrateegia).

Kuid kuidas lapsed otsustavad, kas taastamisstrateegiat kasutada või mitte? Dockrell jt (1995) oletavad, et lapsed püüavad esmalt arvutamist vastust taastada, kuid kui katse ebaõnnestub (ületab usalduskriteeriumi) kasutavad nad loendamist. Usalduspiiride tajumisel mängib olulist rolli metakognitiivne teadlikkus. Krull (2000) defineerib seda kui mõtlemist oma tunnetustegevuse üle (mida ma juba tean ja kuidas suunata oma õppimist?). Metakognitiivsed oskused tulevad kogemustega ja neid tuleb õpilastele õpetada, nt oskus jälgida oma õpitegevust endale küsimuste esitamise ja neile vastamisega. Krull viitab oma raamatus uuringule, mis näitas, et metakognitiivsed oskused aitavad õppimisele kaasa nii kõrgete kui ka madalate võimetega õpilaste puhul.

Matemaatika omandamine on tihedalt seotud emakeeleoskustega. Mutso (2008) sõnul sisaldab matemaatika algkursus suhteliselt palju nn arvudeta matemaatikat. Sel perioodil omandatud mõisted (nt asendi- ja suhtemõisted, suuruste mõisted, ajamõisted jne) toetavad edaspidi matemaatika õppimist. Seega võib matemaatiliste õpiraskustega laste üheks probleemiks olla ka puudulik arusaamine matemaatilistest oskussõnadest. Näiteks *jagamine* võib olla kirjutatud järgmiste sõnadega: *jagama*, *jagab*, *eraldub*, *osadeks määrama*. Probleemiks võib saada ka võtmesõnade mittemõistmine (nt ei-küsimused – *mitu autot ei sõitnud?*). Kirjutatud sõnade ja numbritega kohtub õpilane kõige enam tekstülesannete lahendamisel. Tekstülesannete mõistmiseks tuleb ülesannet matemaatilise küsimuse mõistmiseks väga täpselt lugeda. Neare (2007) sõnul on tekstülesanded keerulised just sellepärast, et korruga tuleb tajuda nii teksti sisu, andmeid kui küsimust. Järgnevalt tuleb meelde jätta kirjeldatud situatsioon, arvandmed ja

nendega olulisi seoseid väljendavad sõnad ja küsimused. Seega peab enne vastavate aritmeetiliste tehete sooritust mõistma loetud teksti (tekstibaasi), mille baasil tuleb omakorda aga luua matemaatiline situatsioonimudel. Dockrelli jt (1995) leiavad, et matemaatiliste õpiraskustega laste võimekus tekstülesannete lahendamisel on eriti huvipakkuv, kuna sellised ülesanded testivad lapse arusaamist numbri ja maailma vahelistest suhetest. Võib juhtuda, et lapsel, kel on raskusi tekstülesannete sisu mõistmisega, ei ole arvutamisprotsessis mingeid lisaprobleeme. Mutso (2008) sõnul võib keelelise ja matemaatilise materjali omandamise tasemest lähtuvalt jaotada õpilased kolme suurde rühma: lapsed, kes on ühtlaselt nõrgad nii lugemises kui matemaatikas; lapsed, on nõrgad matemaatikas, kuid lugemises veelgi nõrgemad; lapsed, kel on õpiraskusi ainult matemaatikas. Viimase rühma matemaatiliste oskuste tase ei ole mitmete autorite arvates seotud keeleliste raskustega (nt Liivamägi, 2006; Mutso, 2008). Antud töös on keskendutakse just selle rühma õpilastele.

Matemaatika pole lihtsalt ülesannete lahendamine, vaid ka õpilase mõtlemise ja loogika kujundamine, mis omakorda areneb läbi õppimise. Vähem ei tohiks õppimisprotsessis tähtsustada ka psüühiliste protsesside: taju, tähelepanu, mälu, emotsioonide ja motivatsiooni rolli. Kikas (2008) leiab, et sageli on neid raske üksteisest eristada, sest nad toimivad koos ja nende areng on vastastikku seotud, nt taju ja mälu annavad materjali mõtlemisele, mis on õppimise eelduseks. Kuni viie aasta vanuseni on eakohaselt arenenud lapse psüühilises tegevuses esikohal taju. Tajumine sõltub suuresti tähelepanust ja tajukujutlused, mis lapsel tekivad, säilitatakse ja töödeldakse mälu vahendusel. Nii tekivad seosed kujutuspiltide vahel, mis muutuvad järjest üldisemaks. Ligikaudu viiendast eluaastast on juhtivaks psüühiliseks protsessiks mälu. Karlepi (1999) sõnul areneb selle perioodi algusaastatel lapse egotsentrilisest kõnест sisekõne, mille abil suudetakse (mälule toetudes) kõnelda ja meenutada ka varem kogetut. Nt tuttavaid objekte, olukordi tajudes meenuvad lapsele ka need detailid ja tunnused, mida hetkel ei tajuta. Kõik see valmistab ette verbaalse mõtlemise arengu ning selle muutumise juhtivaks psüühiliseks protsessiks (alates 12–14 a).

Mälu liigitus

Mälu võib defineerida kui organismi võimet omandada ja säilitada informatsiooni (Toomela, 1999). Tunnetusprotsesside abil võtab laps maailmast vastu infot, mõtestab selle ja salvestab oma mällu, kus säilitatakse teadmisi, väärtusi, hoiakuid ja oskusi. Eristatakse mitmeid mälu liike. Ajatunnuse ehk materjali mälus säilitamise kestuse alusel eristatakse sensoorset, lühi- ja pikaajalist mälu (Tulving, 2002). Toomela (1999) kirjeldab lühi- ja pikaajalise mälu seoseid järgmiselt. Esimesena jõuab tajuanalüsaatorite poolt vastu võetud teadvustatud informatsioon sensoorsesse registrisse. Kui informatsioon on huvipakkuv, siis liigub see lühiajalisse mällu, kus algab tajutava informatsiooni töötlemine. Töötlemisprotsess toimub tihedas koostöös pikaajalise mäliga. Töötlemise tulemusena salvestub vastuvõetud või moodustunud uus informatsioon pikaajalisse mällu. Seega võib pikaajalisse mällu jõuda ainult selline teadmine, mis on läbinud lühiajalise mälu.

Koolis toimuva õppeprotsessi peamiseks eesmärgiks on see, et õpilane omandaks võimalikult palju teadmisi ja oskaks neid ka hiljem erinevates olukordades teadlikult kasutada. Leontjev (viidatud Leppik, 1996) peab omandamist aktiivseks protsessiks, mis nõuab tõsiseid vaimseid pingutusi. Ta leiab, et tuupimine ja mehhaaniline õppimine ei saa ei meeldejätmise ega arendamise seisukohalt olla kunagi eriti efektiivne. Õppimisel tekkivad seosed aitavad omandatud pikaajalisest mälust kiiremini üles leida. Pikaajalise mälu efektiivseks toimimiseks on vajalik materjali salvestamine, meelepidamine ja meenutamine. Salvestamise käigus muudetakse keskkonnast vastuvõetud andmed vaimseteks kujunditeks (mälu kujutlusteks). Meelepidamine ehk säilitamine sõltub otseselt sellest, kui hästi on materjal salvestatud. Meenutamine on võimalik ainult selle teabe osas, mis on kord mällu salvestatud. Kuidas meenutamine toimub, sõltub omakorda sellest, kuidas vastav teave on meelde jäetud. Seega on tähtsad seosed ja kontekst, millesse meeldejäetav materjal salvestamise hetkel paigutatakse ning meenutamise hetkel peab ka see kontekst olema samalaadne (Tulving, 2002).

Nagu eelnevast selgus, töödeldakse tajutud informatsiooni juba lühiajalises mälus. Baddeley ja Hitch (1974) iseloomustavad lühiajalist mälu kui aktiivset sisendinfo töötlemisse kaasatud allsüsteemide kogumit ja nimetavad seda töömäluks (*working memory*) (vt ka Baddeley, 2003).

Töömälu

Töömälu koosneb kolmest erinevate omaduste ja ülesannetega struktuurist: kesktäidesaatvast komponendist (*central executive system*) ja kahest allsüsteemist: fonoloogilisest silmusest (*phonological loop*) ja visuaal-ruumilisest hoidlast (*visuo-spatial sketchpad*) (Baddeley, 2003). Baddeley (2003) sõnul on töömälu multikomponentne piiratud mahuga süsteem, mis vastutab informatsiooni säilitamise ja töötlemise eest kognitiivsete ülesannete täitmise ajal. Töömälu hoiab informatsiooni lühiajaliselt, olles ühenduslüliks taju, tähelepanu ja mõtlemisprotsesside vahel. Gathercole'i jt arvates (2004, viidatud Holms, Adams, Hamilton, 2008) on töömälu tihedalt seotud laste võimetega õppida lugemist ja matemaatikat. Töömälu funktsioonide halvenemine iseloomustab suuremat osa õpiraskustega lapsi. Töömälu iseloomustavad Toomela (1999) järgi järgmised omadused: väike kestus, mahupiirang, taatele allumine ja sekkumistundlikkus. Järgnevalt kirjeldan kõiki töömälu komponente, tuues välja nende erinevused, iseärasused ja seosed matemaatiliste tegevustega.

Kesktäidesaatev komponent ja tähelepanu

Töömälu tuumaks on kesktäidesaatev komponent, mis vastutab kognitiivsete protsesside järelevalve eest ja koordineerib töömälu tegevust (Baddeley, 2003; Lemaire, Abdi, Fayol, 1996; Bull, Johnston, Roy, 1999). Kesktäidesaatva süsteemi funktsioonid võib erinevate autorite hinnangul (Baddeley, 1996, 2003; McLean, Hitch, 1999; Bull jt, 1999; Kibby, Marks, Morgan, Long, 2004; Repovš, Baddeley, 2006;) kategoriseerida järgnevalt:

- a) kontrollib tähelepanu ja kognitiivseid tegevusi, omades kontrolli töömälu struktuuris toimuva üle, jälgides tähelepanu ja aktiivsuse taset ning reguleerides infovoogu (väliskeskkonnast, kõrvalsüsteemidest või pikaajalisest mälust) läbi töömälu süsteemi erinevate komponentide.
- b) koordineerib ka mitme ülesande samaaegset sooritust: need on ülesanded, mis nõuavad kahe või enama erineva tegevuse täitmist ja info samaaegset alalhoidmist ning töötlemist. Nende edukaks sooritamiseks on vajalik pidev tähelepanu jagamine erinevate sisendite vahel, õige info fokuseerimine või mittevajaliku allasurumine.
- c) on tihedalt seotud tegevuse planeerimisega ja reguleerimisega, kodeerides informatsiooni ja valides tuletus- või taastamisstrateegiaid. Süsteemil on oluline roll ka uute lahendusstrateegiatega omandamisel ja õpitud lahendusstrateegiatega vahetamisel.

d) töötleb ja aktiveerib informatsiooni pikaajalisest mälust, tagades allsüsteemide ülekoormatuse puhul arusaamise ja informatsiooni säilitamise.

Nagu eelnevast selgus, võtab kesktäidesaatva komponendi kognitiivsete protsesside funktsioneerimise kontrollimisest ja informatsiooni püsimisest töömälus aktiivselt osa tähelepanu. Tähelepanu suunamisega keskkonnast tajutud materjalile või pikaajalises mälus aktualiseeritud infole tuuakse vajalik osa sellest üle töömällu, kasutamaks seda hetkel käsilolevas tegevuses.

Aru ja Bachmanni (2009) järgi on tähelepanu näol tegemist nii tunnetusprotsessi kui tegevuse regulatsioonimehhanismiga, mis on teadvuse mõistega tihedalt seotud. Tähelepanu on psüühilise tegevuse suunamine ja kontsentreerumine objektile, millel on isiku jaoks püsiv või situatiivne tähtsus. Tähelepanu abil koordineeritakse tegevus selliselt, et igal ajahetkel tajutakse, kujutletakse ning analüüsitakse sel hetkel ainuvajalikku või tähtsamat ning seejärel suundutakse järgmise õige toimingu või töötlusoperatsiooni juurde. Tähelepanumehhanismide püsiv töö tagab võime kestvalt üht ja sama ülesannet täita. Baddely ja Repovš (2006) leiavad, et töömälu kesktäidesaatva komponendi efektiivseks funktsioneerimiseks on olulised järgmised tähelepanu omadused: oskus tähelepanu fokuseerida, jagada ning ümber lülitada.

Fokuseeritud tähelepanu puhul on tahteline tähelepanu suunatud mingile ühele objektile. Seda, et fokuseerimine polegi alati nii lihtne, demonstreerib Stroopi efekt (Aru & Bachmann, 2009). Katsetes peab uuritav kiiresti reageerima objektide mingile kindlale tunnusele, näiteks millist värvi trükivärviga on kirjutatud esitatavad sõnad. Kui sõna on kirjutatud nt kollase värviga, on reageeringuks kollane värvus, roheliste tähtede puhul roheline värvus. Kui tähtede värviteostus ja sõna tähendus on viidud vastuollu, pikeneb reageerimisaeg oluliselt. See efekt leiab aset vaatamata sellele, et katseisikul kästakse keskenduda vaid asjakohasele info tajumisele. Antud töös kasutatakse laste tähelepanu uurimisel analoogset katset.

Jagatud tähelepanu puhul on Aru ja Bachmanni (2009) sõnul teabeallikaid kaks või rohkem, seega tuleb tähelepanu nende vahel jagada. Tähelepanu jaotuvust mõõdetakse olukordades, kus üheaegselt on tarvis sooritada kaks või rohkem tegevust eeldusel, et neid ei saa sooritada eri ülesannete kiiresti vahelduva täitmise teel. Mõlemad ülesanded nõuavad teatud kontrolli soorituste üle. Kui koormus muutub liiga suureks, siis soorituse tase langeb.

Tähelepanu ümberlülituvuse korral on erinevaid signaale ja kanaleid rohkem kui üks ning isik peab lülituma üh(ted)elt teis(t)ele (Aru & Bachmann, 2009). Me saame tahtlikult oma tähelepanu ühelt objektilt/tegevuselt teisele üle kanda. Kergemini lülitub tähelepanu uutele ja huvitavatele asjadele. Kui aga käesolev tegevus on kõitev, on ümber lülituda raskem (Uljas, Rumberg, 2002). Õppimisel on väga oluline roll tähelepanu ümberlülituvuse võimel ja oskusel keskenduda uuele informatsioonile.

Eelnevalt kirjeldatud tähelepanu omaduste toimimine on kesktäidesaatva komponendi efektiivseks funktsioneerimiseks väga oluline. Tähelepanu oluliseks rolliks on kontrollida informatsiooni liikumist erinevate töömälu komponentide ja pikaajalise mälu vahel; jälgida sooritatut ja planeerida edasist tegevust (Bull jt, 1999; Baddeley, 2003; Passolunghi, Siegel, 2004; Repovš & Baddely, 2006; Pezzulo, 2007).

Tähelepanu arengus on väga oluline ka pidurdusprotsesside areng, sest siin on vajalik ebaolulise info aktiivne allasurumine ehk pärssimine (Passolunghi jt, 2004; Dempster, 1991, viidatud Kikas, 2008). Tähelepanu funktsioonide halvenemine või alatalitus võib viia perseveratsioonideni (eelmise tegevusprogrammi haakumine järgmisesse tegevusse), ülemäärase hajutatuseni või ebaoluliste assotsiatsioonide pärssimisvõime nõrkuseni (Baddeley, 2003; Toomela, 1999; Geary, Hoard, Byrd-Craven, DeSoto, 2004). Toomela (1999) sõnul jäädakse KTS-süsteemi alatalitluse korral pidama mingile lahendustüübile ega suudeta teistsugusele strateegiale ümber lülituda.

Bull jt (1999) jõudsid oma uurimuses järgmisele tulemusele. Autorid kasutasid kesktäidesaatva komponendi uurimiseks kolme kategooriat (värvi, kuju, numbrit). Õpilased pidid sobitama kaardid kokkulepitud kategooria järgi. Tulemused näitasid, et madalate matemaatiliste võimetega õpilaste grupp tegi rohkem vigu, neil lastel oli ühest kindlast klassifitseerimissüsteemist teise raske ümber lülituda. Nad ei suutnud esimese reegli kasutust pidurdada. Analooget võrdluse võib tuua ka arvutamisprotseduuri juures, nt kui õpilane kasutab teatud ülesannete juures õigeid arvutamisevõtteid, kuid ei suuda neid teise juures (nt tekstülesande) rakendada. Või siis kasutab ühes ülesandes sobivaid võtteid, aga kui ülesande tüüp vaheldub, siis kasutab edasi eelmise ülesande lahendusvõtteid, mis nüüd osutuvad sobimatuiks. Geary (2003; 2004 jt) arvates võib vaimse paindlikkuse puudumine ja võimetus strateegiaid muuta mõjutada aritmeetilisi võimeid, kuna õpilane ei suuda uues olukorras seniseid võtteid

kohandada. Autori arvates tulenevadki matemaatiliste õpiraskustega laste protseduurilised vead keerulisemate ülesannete lahendamisel raskustest tähelepanu jälgimisel ja lahendusetappide järjestamisel. Selleks, et õpilaste aritmeetilised tulemused paraneksid, tuleb neid õpetada kasutama erinevaid strateegiaid ja neid vastavalt vajadusele muutma. Sama kinnitavad ka Lemaire ja Siegler (1995), kes väidavad, et aritmeetiliste tulemuste parandamine sõltub erinevate strateegiatega kasutamise ning muutmise oskusest ja võimest otsustada, millist strateegiat millises olukorras kasutada.

Imbo ja Vandierendonck (2007) leiavad, et ülesannete lahendamiseks vajalike strateegiatega valikuoskus on tihedas seoses ka informatsiooni töötlemise kiirusega. Töötluskiirus näitab võimet kiiresti ja objektiivselt otsustada, milline lahendusstrateegia on antud olukorras kõige õigem. Nt kas õigem oleks arvutada aritmeetiline tehe peast või kirjutada see paberile ja märkida vahevastused üles? Paljud uuringud näitavad, et matemaatiliste õpiraskustega lapsed töötlevad infot aeglasemalt kui kontrollgrupi lapsed. Nt Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, Numtee (2007) mõtsid arvutamiskustega laste töötluskiirust ja tulemused viitasid selles valdkonnas olulistele puudujääkidele. Võrreldes kontrollgrupiga olid arvutamiskustega laste puudused peamiselt numbrite töötluskiiruses, numbrijadadest arusaamisel ja aritmeetiliste tehete meeldetuletamisel.

Swanson (1991, viidatud Kibby jt, 2004) leiab, et matemaatiliste õpiraskustega lapsed saavad ülesannete sooritamiseks kenasti hakkama neid eraldi täites, kuid on raskustes ülesannete samaaegsel täitmisel. Seega võivad kahe ülesande samaaegse täitmise raskused saada arvutamisel oluliseks komistuskiviks. Järgnevalt kirjeldan erinevaid kesktäidesaatva komponendi efektiivsust mõõtvaid ülesandeid, mis nõuavad mitme tegevuse samaaegset sooritamist.

Tuntuimad on nn kaksikülesanded (*dual-tasks*), mis nõuavad tähelepanu ja tegevuse koordineerimist mitme ülesande samaaegsel sooritamisel (Kibby jt, 2004). Üheks nendest on nt tagurpidi järjekorras arvuderea meenutamise ülesanne (*backward digit recall*), kus kesktäidesaatava komponendi rolliks on meeldejäetavad ühikud töömälu ümber pöörata ja neid soovitud järjekorras meeles pidada. Kirjeldatud ülesanne puudutab üheaegselt nii antud komponenti kui teisi ülesande sooritamiseks aktiivsed töömälu komponente. Kesktäidesaatava komponendi alatalitluse korral on keeruline samaaegselt informatsiooni töödelda ja vajalikku aktiivselt töömälu hoida (Hitch, McAuley, 1991; Gathercole, Pickering, Ambridge, Wearing,

2004; Passolunghi jt, 2004; Kibby jt, 2004). Tulemused on näidanud, et matemaatiliste õpiraskustega lastel on selliste ülesannete korrektne sooritamine väga raske (Hitch jt, 1991; Geary, Hamson, Hoard, 2000).

Analoogne ülesanne on ka väiksema arvu meenutamise katse (*least number span*). Uuritavale näidatakse kolmest arvust koosnevaid kombinatsioone (igal lehel on kolm arvu), mis varieeruvad vahemikus 1–22, 23–44 ja 45–66. Uuritav nimetab kõik arvud ja ütleb, milline neist on kõige väiksem. Väikseim arv tuleb omakorda meelde jätta. Spani pikkuseks on suurim hulk korrektset järjekorras meenutatud väiksemaid arve (Kail jt, 2001).

Kesktäidesaatva komponendi toimimise uurimiseks kasutatakse ka kuulamis- ja kordamisülesannet (*listening recall span*). Uuritavale loetakse ette laused, mille kohta ta peab otsustama, kas lause väide on tõene või väär, nt *beebi magab hällis* (tõene) või *vesi on punast värvi* (väär). Samas tuleb meelde jätta ka kõikide lausete viimased sõnad (*hällis, värvi*). Katse lõpeb pikima viimaste sõnade reaga, mis suudetakse meenutada õiges järjekorras (De Smedt, Janssen, Bouwens, Verschaffel, Boets, Ghesquiëre, 2009).

Enamik tõendusmaterjale töömälu mõjust matemaatilistele toimingutele näitavad matemaatiliste õpiraskuste seost kesktäidesaatva komponendi defitsiidiga (Bull jt, 1999; Geary jt, 2000; Passolunghi jt, 2004; De Smedt jt, 2009), matemaatilist varaküpsust aga kõrgema kesktäidesaatva komponendi võimekusega (Swanson, 2006, viidatud De Smedt jt, 2009).

Eelnevat lühidalt kokku võttes võib järeldada, et kesktäidesaatva komponendi puuduliku funktsioneerimisega seotud kognitiivsed raskused väljenduvad järgmistes probleemides: organisatsioonilistes ja planeerimisoskustes; vaimse paindlikkuse raskustes; keskendumisraskustes (mis viitab halvale keskendumisvõimele ja tähelepanule) ning nõrgale ebaoluliste assotsiatsioonide pärssimisvõimele (Bull jt, 1999; Geary jt, 2004; Passolunghi jt, 2004).

Fonoloogiline silmus

Baddeley järgi on fonoloogilise silmuse funktsiooniks verbaalse informatsiooni säilitamine, töötlemine ja taastamine umbes 1,5–2 sekundi jooksul (Baddeley, 2003; Kibby jt, 2004; Holms jt, 2008). Fonoloogiline silmus koosneb kahest komponendist – fonoloogilisest hoidlast (phonological store) ja artikulaatorsest kordamismehhanismist (articulatory rehearsal process).

Fonoloogiline hoidla on seotud kõnetajuga ja selle ülesandeks on mälujälgede säilitamine mõneks sekundiks fonoloogiliste koodidena enne, kui need hajuvad. Mälujälgi saab uuendada kordamise teel. Kuna see tegevus nõuab aga aega, on mälu maht piiratud. Artikulatoorne kordamine põhineb subvokaalsel kõnel (hääleta kordamisel) ja on seotud kõneloomega, aktiveerides fonoloogilises hoidlas säilitatava informatsiooni (Baddeley, 1996, 2003). Fonoloogilist informatsiooni sõnade kohta saab fonoloogilisse hoidlasse sisestada mitmel teel: otse auditoorse esituse kaudu, subvokaalse artikulatsiooni kaudu ning fonoloogilise informatsiooni kaudu, mis on säilitatud pikaajalises mälus (Eysenck, Keane, 1990).

Kahekomponendilise fonoloogilise silmuse teooriat toetab kaks üldist fenomeni: fonoloogilise sarnasuse efekt (*phonological similarity effect*) ning sõnapikkuse efekt (*word-length effect*) (Baddeley, 2003). Fonoloogilise sarnasuse efekt avaldub selles, et fonoloogiliselt sarnast materjali on raskem meeles pidada kui erinevat (Kibby jt, 2004). Nt sõnu „liiklevad, nääklevad, looklevad” on tõenäoliselt raskem meeles pidada kui sõnu „eestlane, labidas, harjutus”. Fonoloogilise sarnasuse efekt esineb seetõttu, et hoidla varu põhineb fonoloogilisel koodil, kuid taastamine nõuab koodide eristamist. Sarnaste koodidega mälu käike on lihtne segi ajada ja seega raskem eristada, mis viib taastamistaseme alla (Baddeley, 2003). Kui fonoloogiline hoidla on alatalitlusega, siis suudetakse verbaalses lühiajalises mälus säilitada vähem informatsiooni. Näiteks võib verbaalmälu ulatus olla 4–7 asemel vaid 3 ühikut (Kibby jt, 2004).

Sõnapikkuse efekt avaldub lühikeste sõnaridade täpsemas taastamises, kui see on võimalik pikemate sõnade puhul. Efekt seostub hääleta kordamise mehhanismiga, mis hoiab fonoloogilisi koodi aktiivsena. Koodide unustamise kiirus fonoloogilisest hoidlast on 1,5–2 sekundit. Mida kiirem on artikulatsioonikiirus, seda suurem on meelespeetavate ühikute hulk (Kibby jt, 2004). Baddeley (2003) leiab, et sõnapikkuse kasvades mälu maht väheneb. Kuna pikkade sõnade väljaütlemine nõuab rohkem aega, vähendab see artikulatsiooni kiirust (ühikute kordamist) ja seetõttu väheneb ka mälu võimekus.

Fonoloogilise silmuse uurimiseks kasutatakse kordamisülesandeid, mis seisnevad arvujadade (*digit recall*), sõnade, tähtede, lausete täpses (samas järjekorras) meenutamises (nt McLean jt, 1999; Baddeley, 2003; Gathercole jt, 2004; De Smedt jt, 2009). Kibby jt (2004) ja Baddeley (2003) sõnul on sarnase kõlaga jadasid raskem meelde jätta, sest informatsiooni säilitamine põhineb fonoloogilisel koodil (vt fonoloogilise sarnasuse efekt). Meenutamise käigus

tuleb need koodid eraldada. Sarnaste koodide puhul on mälujäljed sarnased ja kergesti segistatavad.

Geary jt (2000) uuringus selgus, et matemaatiliste õpiraskustega laste grupil olid madalamad tulemused just numbrijadade meenutamisel, sõnade taastamisel olid tulemused aga paremad. Numbrilise informatsiooni meenutamise raskuste põhjusena näevad Hitch ja McAuley (1991, viidatud Geary, 2000) raskusi numbrilise informatsiooni taastamisel töömälus. Kuid Finnane (2008) uurimus näitas, et arvutamiskustega lastel olid madalamad tulemused ka fonoloogilise silmuse ülesannetes. McLean jt (1999) arvavad, et kui numbrite taastamise raskused tulenevad fonoloogilise silmuse puudujäägist, peaks samamoodi halvenema ka sõnade (eriti mittesõnade) kordamine või lugemine, mis viitab fonoloogilise silmuse alatalitlusele.

Fonoloogilise silmuse suutlikkuse uurimiseks kasutatakse ka mittesõnade lugemise või kordamise testi (*nonword repetition*) (McLean jt, 1999). Ülesanne hõlmab suuliselt või visuaalselt esitatud mittesõnade kordamist või lugemist, mis eeldab tundmatute fonoloogiliste segmentide ajutist säilitamist. Kuna testis esinevad tundmatud fonoloogilised järgnevused, piirab see pikaajalise mälu kujutluste kasutamist meeldetuletamise toetamiseks ja sellisel juhul tugineb kogu analüüs ainult fonoloogilistele koodidele (De Smedt jt, 2009).

Laste matemaatilise võimekuse ja fonoloogilise silmuse funktsioneerimise vahel on nähtud olulist seost. Erinevad autorid näevad selle allkomponendi kaasatust järgmistes matemaatilistes tegevustes: loendamisel, numbrifaktide meenutamisel, arvutamise täpsuse säilitamisel, korrutamisel, jagamisel ja faktide meenutamisel pikaajalisest mälust (Hitch jt, 1991; McLeani jt, 1999; Bull jt, 1999; Gifford, 2005; Witt, 2006; De Smedt jt, 2009). Heathcote leiab, et fonoloogilisel silmusel on arvutamisprotsessis salvestusvahendi roll, mis tuletab meelde nii esialgse ülesande kui ka vahetulemused (1994, viidatud Bull jt, 1999).

Witt (2006) rõhutab, et fonoloogilisel silmusel on eriti oluline roll korrutustehete vastuste tulemustes, mis on seotud fonoloogiliste omadustega. Autor leiab, et hea fonoloogilise töömäluga lastel on tõenäoliselt lihtsam meeles pidada kahte kordajat, kui nad vastust pikaajalisest mälust tuletavad ja sellepärast on neil ka vastust lihtsam kordajatega seostada. Ebapiisava fonoloogilise töötluse korral on tõenäosus kordajad unustada – vastus tuleb küll meelde, kuid kordajad on ununenud. Seega on neil tugevamaid seoseid kordajate ja korrutise vahel raskem luua.

McLean jt (1999) ja Geary jt (2004) leiavad, et fonoloogilise silmuse alatalitus võib tuleneda ka info edastamise keelelistest raskustest, eriti foneetilise artikulatsiooni kontrollis või KTS-i tähelepanu kontrollis. Nt laps võib loendamise või arvutamise käigus järje ära kaotada või hääldab arvsõnu ebatäpselt, mille tulemusel loendatakse/arvutatakse valesti.

Hetch jt (2001, viidatud De Smedt jt, 2009) väidavad, et fonoloogilise silmuse roll matemaatiliste saavutuste juures hakkab kooliaastate jooksul kasvama ja arvutamisel hakatakse rohkem tuginema verbaalselt ja fonoloogiliselt kodeeritud informatsioonile. Mitmete autorite (nt Siegler, 1996; Dehaene, Piazza, Pinel, Cohen, 2003; Lee, Kang, 2002 viidatud De Smedt jt, 2009) arvates peegeldavad fonoloogilise silmuse protsesside kasvavat tähtsust muutused laste strateegiate valikul aritmeetiliste ülesanne lahendamisel. Aritmeetiline areng seisneb üleminekus sõrmedega loendamise strateegialt keerulisematele verbaalsetele strateegiatele ja faktide meeldetuletamisele, mis tuginevad oletatavasti fonoloogilistele koodidele ja mida toetab fonoloogiline silmus.

Visuaal-ruumiline hoidla

Baddeley defineerib seda kui „tööruumi visuaal-ruumilise informatsiooni ajutiseks hoidmiseks ja töötlemiseks” (Eysenck & Keane, 1990). Visuaal-ruumilise hoidla ülesandeks on hankida mõtestatud teavet tajutud objektide välimuse ja funktsioonide kohta, säilitada kujundeid ning positsioone (McLean jt, 1999; Baddeley, 2003).

Baddeley (2003) sõnul on visuaal-ruumilise hoidla maht tavaliselt piiratud 3–4 objektiga. Ta leiab, et objektide meelespidamine sõltub nende omaduste sidumisest – protsessist, mis nõuab tähelepanu. Logie (1996, viidatud Baddeley, 2003) väidab, et visuaal-ruumiline hoidla ei toetu ainult tajupõhisele informatsioonile, vaid vajab infot ka pikaajalisest mälust, kus töödeldakse visuaalsel teel saadud informatsiooni ja aktiveeritakse tajukujutlused.

Neuropsühholoogiliste uuringute tulemuste põhjal saab visuaal-ruumilise hoidlas eristada kahte allsüsteemi: a) ajutist visuaalset säilitussüsteemi, mis vastutab värvi, kuju ja suuruse säilimise eest b) ajutist ruumilist säilitussüsteemi, mis vastutab dünaamilise informatsiooni eest, nt liikumine ja ruumilised suhted (paigutus, kõrgus, kaugus, sügavus) (Quinn, McConnell, 1996; Picering, Gathercole, Hall, Lloyd, 2001; Baddeley 2003; De Smedt jt, 2009).

Holms jt (2008) väidab, et töömälu visuaal-ruumilise komponendi hindamine võib olla kasulik hilisema akadeemilise võimekuse ennustaja ja leiab, et nooremate laste halvenenud ruumilised töömälu oskused võivad aidata tuvastada matemaatiliste raskustega lapsi. Kui paljud uuringud kasutavad selle komponendi uurimiseks tavamõõtmisi (testis on mõlema allsüsteemi ülesanded), siis Holms soovib kasutada erinevaid (mõlemaid allsüsteeme hindavaid) mõõtmismeetodeid.

Ruumilise töömälu võimekust mõõdetakse Corsi (*Corsi Block Recall*) koputustesti e asukohtade meeldetuletamise testi abil (vt Bull jt, 1999; Baddeley, 2003; De Smedt jt, 2009). Testija koputab juhuslikus järjekorras lauale asetatud klotsidele. Uuritava ülesanne on antud tegevust täpselt samas järjekorras jäljendada. Kõik koputused on juhuslikus järjekorras ja ühe seeria käigus ühele klotsile mitu korda ei koputata. Koputuste jada kasvab selle hetkeni, kuni uuritav eksib klotsidele koputamise järjekorras. McLean jt (1999) leidsid oma uuringus, et matemaatiliste õpiraskustega lastele valmistab raskusi just ruumiliste testide sooritamine. Alloway jt (2008) oletavad, et ruumiliselt jälgitavad jasad võivad saada toetust kesktäidesaatva komponendi tähelepanuressurssidest.

Visuaalset töömälu mõõdetakse maatriksite testiga (*Visual Matrix Span*) (Baddeley, 2003). Uuritavale esitatakse maatriksite seeria, millest teatud lahtrid on täidetud. Näidis eemaldatakse ja subjektile palutakse vastuselehel täidetud lahtrid ära märkida. Ulatus mõõdetakse suurima õige meeldejätmise arvu järgi. Ülesanne hindab vahetut äratundmismälu ja vältimaks sõnalise kirjelduse kasutamise võimalust, esitatakse ärritajad suhteliselt lühidalt (McLean jt, 1999; De Smedt jt, 2009). Visuaalne töötlus toetub visuaalsele mälule. Antud testis tuleb taastada täpne kujutlus nähtud maatriksite paigutusest. Kui antud ülesande sooritamine valmistab raskusi, võib uuritaval Kibby jt (2004) arvates esineda probleeme kujutluste loomise ja säilitamisega visuaal-ruumilises hoidlas. Autorid leiavad, et visuaal-ruumilisel komponendil on vaimsete kujutluste loomise ja töötlemise juures oluline roll.

Mitmed autorid (nt Rasmusen jt, 2005 viidatud Holms jt, 2008; Witt, 2006) oletavad, et lapsed kasutavad aritmeetiliste ülesannete lahendamisel vaimseid kujutlusi (*mental model*). Witt (2005) rõhutab, et oskus numbreid mõtteliselt töödelda aitab lastel liikuda aeglasematest konkreetsetest kujutlustest kiiremate vaimsete kujutluste poole. Visualiseerimine ja numbrite vaimne töötlemine aitab lastel nt liidetavaid meeles pidada ja arvutada lihtsummasid

hoolikamalt. See omakorda tekitab pikaajalises mälus kahe liidetava ja lõppsumma vahel tugevama seose.

Eriti oluline on vaimsete kujutluste loomisoskus tekstülesannete lahendamise protsessis, sest siis on vaja tekstist numbriline info välja lugeda ja mõtteliselt ette kujutada. Davis ja Bamford (1995, viidatud Bull jt, 1999) uurisid laste aritmeetilisi võimeid ja nendega seotud kujutlusi. Oma katses andsid nad kõikidele lastele kontekstiga seotud aritmeetilised ülesanded. Osadel õpilastel paluti matemaatilist situatsiooni ette kujutada. Tulemustest leiti, et kontekstuaalne tugi aitas õigete vastuse saamisele kaasa. Lisaks olid lapsed ka oma arvutamistehetes hoolikamad.

Heathcote (1994, viidatud Bull jt, 1999) oletab, et visuaal-ruumilist hoidlat ja fonoloogilist silmust kasutatakse koos mitmenumbriliste liitmistehete lahendamisel. Visuaal-ruumiline hoidla on kui vaimne tahvel (*mental blackboard* või *workbench*), kus hoitakse materjali operatsiooni täitmise ajal. Fonoloogiline silmus aga täidab salvestusvahendi rolli, tuletab meelde nii esialgse ülesande kui vahetulemused ja värskendab visuaal-ruumilises hoidlas salvestatud kujundeid.

Hiljutised uurimused näitavad, et visuaal-ruumilise hoidla ja matemaatiliste võimete vahel võib olla vanusega seotud erinevusi (Holms, 2008; De Smedt jt, 2009). Nt Holms ja Adams (2008) leiavad, et visuaal-ruumilise komponendi üldine mõju matemaatilistele saavutustele kahaneb vanusega. Nende uurimuste tulemused näitavad, et visuaal-ruumilise hoidla roll on 7–8-aastaste laste matemaatilistes saavutustes tugevam, kui 9–10-aastastel lastel. Autorite sõnul võib see peegeldada muutusi erinevas vanuses laste lahendusstrateegiates. Nooremad lapsed tuginevad rohkem visuaal-ruumilistele strateegiatele, kasutades visuaal-ruumilist töömälu aktiivse tööruumina info säilitamiseks ja töötlemiseks, nt loendama õppimise etapis kasutavad nad konkreetseid ettekujutusi (objektid, sõrmed). Kui nad saavad aritmeetiliste protsesside käigust suuremad kogemused, muutuvad teadmised pikaajalises mälus automaatseks ja visuaal-ruumilise hoidla roll väheneb. Vanemad lapsed kasutavad aga küpseid verbaalseid lahendusstrateegiaid (nt tuletamine), mis ei nõua enam nii-palju visuaal-ruumilise hoidla kasutamist. Seega muutub vanusega nende kahe komponendi kasutamise olemus, mis hakkab visuaal-ruumilise süsteemi asemel tuginema enam fonoloogilisele süsteemile.

Paljust uuringutest võib leida tõendeid, mis väidavad, et üheks matemaatiliste õpiraskuste põhjuseks võib olla visuaal-ruumilise hoidla alatalitus (Bull jt, 1999; McLeane jt, 1999; Geary, 2003). Probleemid võivad väljenduda raskustes ruumiliste ülesanne täitmisel, materjali jälgendamisel, tahvlilt lugemisel, kaartide jälgimisel ja numbrilise informatsiooni korralduses (nt numbrite valesti paigutamises tulba sees), numbrite suunamises (nt eemaldatakse lahutamise käigus vale number), tulpadesse järjestamises või aritmeetiliste märkide valesti lugemises (Bull jt, 1999; Kibby jt, 2004; Liivamägi, 2006; Tröner, 2009).

Raskused info säilitamisel töömälu visuaal-ruumilises hoidlas võivad aga tuleneda ka tajuprobleemidest. Järgnevalt analüüsin taju, selle omadusi ja liike.

Taju

Alliku (2002) järgi on tajumine meelte abil ümbritsevast maailmast või organismi sisekeskkonnast energia vastuvõtmine ja töötlemine. Tajutav energia kannab endas informatsiooni objektide ja sündmuste omaduste kohta. Taju ülesandeks on selle informatsiooni alusel objektide ja sündmuste omaduste taastamine. Tajumise lõpp-produkt on tajukujund ehk mõtestatud arusaam vastuvõetud energiast. Erinevate omaduste tajumiseks on tarvis erisugust pingutust, hea tajumise eelduseks on tähelepanu keskendamine objektile.

Lapse arengus on taju tähtsust raske üle hinnata. Kuni viie aasta vanuseni on eakohaselt arenenud lapsel juhtivaks psüühiliseks protsessiks taju. Häidkindi ja Kuusiku (2006) sõnul näeb laps esialgu objekte tervikuna ja ei pööra detailidele tähelepanu. Füsioloogiliste struktuuride küpsemisel ja saadud kogemuste lisandumisel süveneb oskus märgata uusi omadusi ja tunnuseid või üha väiksemaid erinevusi objektide vahel. Nüüd on laps võimeline tajuma korraga nii tervikut kui ka selle osi ning tunnuseid. Olulisteks taju omadusteks on taju kiirus, mõtestatus ja diferentseeritus.

Kui taju ülesandeks on anda meelte kaudu saadud infole tähendus, siis taju kiirus näitab, millise aja jooksul see toimub. Männamäe (2004) leiab, et mida kiirem on tajumine, seda kiiremini mõistetakse ka tajutava tähendust. Tajumiskeskuste korral võib tajumisakt olla aeglane ning pikaajaline keskendumine objektile ei pruugi tagada selle mõtestatud tajumist, mille tulemusel ei osata näha osadevahelisi seoseid ja/või neid tervikuks ühendada. Seega võivad ülesande vale lahenduskäigu põhjused peituda juba ülesande tajumise etapis.

Taju mõtestatus tähendab Bachmanni ja Maruste (2003) sõnul tajutava teadvustamist, mis saavutatakse tajus esindatud esemete ja nähtuste tähenduse ja/või otstarbe mõistmisega. Reeglina tajutakse paremini objekte, millel on tajuja jaoks mingisugune mõte, tähendus, sisu või oluline tunnus. Kui tajul puudub mõtestatus, st puuduvad vastavad teadmised ja kogemused, ei osata paigutada tajutavat tuttavate/teadaolevate kategooriate alla ja seda ei osata oma tegevuses ära kasutada. Millegi (objekti, eseme) mõtestatud tajumine tähendab ka selle teadlikku nimetamist, paigutamist teatud objektide klassi ning üldistamist sõnaga. Mida rikkamad on inimese teadmised ja sõnavara, seda rikkam on ka tema tajumistegevus. Nt rühmitamisel võrreldakse kahte või enam objekti nende ühise tunnuse alusel. Rühmitatud esemete hulk tuleb fikseerida sõnaga, millest saab omakorda üldistus (Noor, 1998).

Taju diferentseeritus näitab võimet eristada erinevaid esemeid ning nende omadusi ja erinevusi. Diferentseeritus näitab seega oskust teha vahet objektidel, sümbolitel, helidel ja rütmidel, milles esinevad teatud väikesed erinevused. Tajumisraskuste korral on takistatud objektide, nähtuste spetsiifiliste omaduste ning nende olemuse mõistmine.

Leppiku (2000) sõnul saame me igapäevaelus üle 80% infost nägemise ehk visuaalse taju kaudu, eristades valgust, värvusi, esemete kuju, suurust ja liikumist. Strauss, Sherman ja Spreen, (2006) leiavad, et nägemisel on kaks ülesannet: ärritaja tuvastamine (*mis see on?*) ja lokaliseerimine (*kus see on?*). Autorite sõnul viitab visuaalne taju informatsiooni interpreteerimise ja organiseerimise protsessile, hõlmates arusaamist sellest, mida sa näed, selle tuvastamist, tähtsuse hindamist ja seostamist varem salvestatud infoga. Visuaalne taju seostub ka visuaalse mälu. See tähendab nt sõnade või numbrite äratundmist ja nendest vaimse pildi loomist. Seega – isik peab interpreteerima tunnetuslikku nähtust ja seda saab teha vaid varasema kogemuse põhjal samast, sarnasest või sellega seotud nähtusest. Tajuvõimel on seepärast tugev seos tajupraktika hulga ja juba kogetuga, mida säilitatakse mälus.

Offord (2007) leiab, et kui info talletamine nägemismeele kaudu on häiritud, on raske mõista nähtut ja teha vahet tegelikkuse ja kujutluse vahel. Subjekt saab küll tegelikkusest versiooni, kuid see võib erineda teiste subjektide omast. Ta eeldab, et visuaalsete tajuhäirete korral on visuaalsed kanalid (nägemine) korras ja funktsioneerivad tavapäraselt.

Lugemine ja matemaatika on valdkonnad, kus visuaal-ruumiliste suhete mõistmine on väga oluline. Mõlemad tuginevad tugevalt sümbolite kasutusele (tähed, arvud, punktid,

tehtemärgid). Kivipõld (2002) leiab, et arenguprobleemide korral võib taju olla aeglane ja puudujääke täheldatakse just taju kvaliteedis. Visuaalse taju alatalitluse korral võib õpilase pilt välismaailmast olla ebatäpne ja koolis tekivad neil raskused matemaatikas, loodusõpetuses, geograafias jpt õppeainetes.

Sarnaselt fonoloogilise sarnasuse efektile arvatakse esinevat ka visuaalse sarnasuse efekti. Nt Logie (1995) väidab, et visuaalsed segadused tekivad siis, kui isikud püüavad meenutada üksteisele visuaalselt sarnaseid tähti või märke. Lapsed võivad segi ajada sarnase kujuga tähti ja arve nagu $b, d, p, q; 6, 9; E, 3; G, C; 3,5, E; 18, 81$. Tajumisraskused võivad esineda ka sümbolite (nt $\cdot, :, +, -$) eristamisel ja kirjutamisel.

Eelnevale toetudes võib väita, et arvutamisraskused võivad paljuski olla tingitud ka taju häirumisest. Tajumine on kompleksne protsess, mis tugineb aistingule, sõltub varasemast kogemusest, emotsioonidest, mõtlemisest ning eeldab eelkõige tähelepanu. Seega tugineb tajule ja tähelepanule kogu ülejäänud infotöötlus, olles matemaatiliste protseduuride omandamisel väga olulisteks faktoriteks.

Käesolev magistr töö keskendub matemaatiliste õpiraskustega laste töömälu analüüsile ja uurimisele. Andmete võrdlemiseks on aga oluline võrdlusgruppide ja nende poolt sooritatud tulemuste olemasolu. Oma töö teoreetilist osa kirjutades puutusin kokku mitmete mujal maailmas läbi viidud töömälu uuringutega. Kahjuks on kirjandust, mis viitaks antud probleemile või uurimustele, avaldatud Eestis väga vähe. Lugemisraskustega laste töömälust ja selle funktsioneerimise eripärast võib lugeda juba eripedagoogika osakonnas kaitstud bakalaureuse- ja magistr töödes. Oma igapäevases töös puutun tihti kokku probleemidega, kus õpetajad on üldiste õpiraskustega laste hulgast spetsiifiliste õpiraskuste (st matemaatiliste õpiraskuste ja lugemisraskustega) laste eristamisel raskustes. Õpilase suutmatust õppetööga hakkama saada on kergem märgata selle põhjuse väljaselgitamisel. Kindlasti on oluline mõista, et nii matemaatilised kui ka lugemisraskused on valdkonnaspetsiifilised ja et mõlemal juhul on intellekt kahjustamata, mida üldiste õpiraskuste puhul välistada ei saa. Antud töö raames tunnen huvi, mis on nende kahe spetsiifilise õpiraskusega laste kognitiivses profiilis sarnast ja mille poolest see erineb. Seoses sellega annan järgnevalt lühikese ülevaate ka lugemisraskustega laste töömälust ja kasutan analüüsil nende poolt sooritatud tulemuste andmeid.

Lugemisraskused ja töömälu

Spetsiifiliste lugemisraskuste (*specific reading disability*) ehk düsleksia all mõeldakse seisundit, kus laps ei õpi oma arengutasemele vastavalt lugema, hoolimata sellest, et seda ei takista üldine vaimse arengu mahajäämus (Liivamägi, 2006). Lugemisoskuse kujunemisel on oluline roll töömälul ja selle kõikidel komponentidel. Tähti aitab tajuda visuaal-ruumiline hoidla, dekodeerimisel on oluline fonoloogilise silmuse osalus, loetu mõistmist toetab aga kesktäidesaatev komponent. Swansoni (2001, viidatud Kibby jt, 2004) sõnul võivad lugemisraskused tuleneda töömälu üldisest või valdkonnasisese töötluse puudujäägist.

Lugemisoskuse areng on Baddeley (2003) sõnul tihedalt seotud töömälu fonoloogilise silmuse funktsioneerimisega. Lugemisoskus sõltub lugeja fonoloogilisest teadlikkusest e metalingvistilistest oskustest (Docrell jt, 1995; Kibby jt, 2004; Shuele, 2006; Lerikkanen, 2007). Eesti keeles on nendeks oskusteks: sõnade häälikuanalüüs, hääliku ja tähe vastavuse tundmine, foneemanalüüs ja sõna süntees häälikutest (Padrik, Hallap, 2008). Foneemanalüüsi oskus toetub fonoloogilisele tajule ja oskusele iseseisvalt häälikupikkusi muuta. Nimetatud oskuse eelduseks on täpne hääldus. Fonoloogilise taju uurimiseks soovitatakse (nt Plado, 1993) mingi häälikupikkuse poolest erinevate sõnapaaride või sõnakolmikute täpset järelehääldamist. Lugemisraskustega lastele valmistab erinevas vältes sõnade järelekordamine suuri raskusi. Raskuste üheks põhjuseks võib olla fonoloogilise silmuse fonoloogilise hoidla ja kordamisprotsessi ebaefektiivne funktsioneerimine. Seega sõltub metalingvistiliste oskuste omandamine fonoloogilise silmuse efektiivsest funktsioneerimisest. Fonoloogilise silmuse uuringud (nt Kibby jt, 2004) näitavad, et lugemisraskustega laste fonoloogiline töötlus on puudulik. Analoogete tulemusi on näidata ka Eestis. Nt Paltsi (2008) uuringute tulemustest selgus, et 9–11-aastastel lugemisraskustega lastel on fonoloogilise silmuse hoidla kahjustatud ja väiksema mahuga kui sama vanadel lugemisraskusteta lastel. Kui fonoloogiline hoidla töötab vähenenud efektiivsusega, suudetakse säilitada vähem informatsiooni, mistõttu verbaalmälu ulatus väheneb. Docrelli jt (1995) sõnul seisneb fonoloogilise töötluse defitsiit raskustes eristada sõnas väiksemaid osi, nende algust ja lõppu, raskendatud on ka grafeem-foneem vastavuse mõistmine, mistõttu ei suudeta kirjutatud sõna helideks tõlkida või õiges järjekorras meelde jätta. Lugemisprotsessis tuleb sõnadele tähendused leida pikaajalisest mälust, seda tegevust toetab kesktäidesaatev süsteem. Mitmed autorid (nt Karlep, 2003; Kibby jt, 2004) leiavad, et laps võib sõnade dekodeerimisel küll edukas olla, kuid täidesaateva süsteemi piiratud võimekuse tõttu ei

jätku ressursse sõnade (lausete) mõistmiseks. Mälus säilitamise ajal võib loetud teksti sisu ka muutuda: esineb väljajätteid, lisamisi, üldistamisi, teabe järjestuse muutumist ja sisu moonutamist (Karlep, 2003).

Sarnaselt matemaatiliste õpiraskustega lastega on ka lugemisraskustega lastel probleeme mitme ülesande samaaegse sooritamisel (Hitch jt, 1991; Swanson, 1991 viidatud Kibby jt, 2004; Geary jt, 2000). Antud tegevustes on oluline roll ka tähelepanul (tähelepanu püsivusel, jaotuvusel, ebaolulise informatsiooni pärssimisel), keskendumisraskuste või tähelepanu hajuvuse korral jääb sooritatava tegevuse tulemus madalaks. Mitmed Eestis läbi viidud uuringud (nt Kuresoo, 2006; Tamm, 2007; Palts, 2008) näitavad lugemisraskustega laste kesktäidesaatva komponendi testide nõrgemat sooritust (sh ka tähelepanutestides, nt Palts, 2008; Kuzenkova, 2006) võrreldes kontrollgrupi lastega. Kuid on ka teistsuguseid tulemusi. Nt Kibby jt (2004) leidsid oma uuringus, et lugemisraskustega lapsed sooritasid antud katseid (kaksik-ülesanded) kontrollgrupiga samaväärsete tulemustega. Autorite sõnul on tulemused samad, kui kumbki ülesanne ei sisalda verbaalset materjali.

Visuaal-ruumilise hoidla efektiivse funktsioneerimise osas on lugemisraskustega laste tulemused paremad. Mitmete uuringute (nt Kibby jt, 2004; Palts, 2008; Tamm, 2007; Vaimann, 2008) tulemused näitavad, et lugemisraskustega laste visuaal-ruumilise komponendi häiritus on minimaalne. Visuaal-ruumilise hoidla katsete kõrval on uuritud ka lugemisraskustega laste visuaalset taju (nt Palts, 2008; Vaimann, 2008). Tulemused näitasid kontrollgrupiga võrreldes madalamat sooritust. Seega võib lugemisraskuste üheks faktoriks olla ka nõrgalt arenenud visuaalne taju.

Kokkuvõte

Töö teoreetilise osa kokkuvõtteks võib väita, et töömälul on kognitiivsete tegevuste vahendamisel, informatsiooni säilitamisel ja töötlemisel oluline roll. Gathercole, Pickering, Ambridge, Wearing (2004) väidavad, et töömälu kolmekomponendiline struktuur kujuneb välja umbes lapse 6. eluaastaks ja iga komponendi maht kasvab lineaarselt kuni varase täiskasvanueani. De Smedt jt (2009) peavad töömälu hindamist varases eas (hilisemate matemaatiliste saavutuste ennustamisel) väärtuslikuks diagnostiliseks teguriks.

Geary jt (2007) leiavad, et matemaatiliste õpiraskustega laste puudujäägi põhiliseks komponendiks on kesktäidesaatev süsteem, kuid samal ajal võivad spetsiifilistele

matemaatilistele puudujääkidele kaasa aidata ka fonoloogiline silmus ja visuaal-ruumiline hoidla. Seega võivad töömälu erinevad komponendid mõjutada matemaatilise võimekuse erinevaid aspekte. Sõltuvalt sooritatavast ülesandest, uuritava vanusest ja nõuetest informatsiooni töötlemisele võivad töömälu puudujäägid avalduda töömälus üldiselt või valdkonnaspetsiifiliselt.

Paljud autorid väidavad, et matemaatilised raskused on seotud töömälu kõigi kolme komponendiga: kesktäidesaatva süsteemi, fonoloogilise silmuse ja visuaal-ruumilise komponendi madalate oskustega (Bull jt, 1999; McLean jt, 1999; Witt, 2006; Geary jt, 2007; Alloway, 2008; De Smedt jt, 2009). Ka Passolugi jt (2004) näevad matemaatiliste õpiraskustega laste juures üldist töömälu defitsiiti, mis ei piirdu ainult numbrilise informatsiooni töötlusega. Nt komplekssete töömälu ülesannete sooritamisel näitasid matemaatiliste õpiraskustega lapsed (kõikide numbriliste ja sõnaliste ülesannete korral) olulise info meeldetuletamise halvenemist. Autori arvates kinnitab see üldise ja püsiva töömälu defitsiidi hüpoteesi, mis omakorda on seotud Baddeley töömälu mudeli komponentide alatalitlusega. Teoorias selgus seegi, et matemaatiliste õpiraskusteni võivad viia ka taju ja/või tähelepanu raskused.

Teoorias viidatud uurimistulemused on kohati vastuolulised ja raskesti tõlgendatavad. Uuringutes on pööratud tähelepanu peamiselt töömälu komponentide analüüsile, jättes kõrvale teiste psüühiliste protsesside (nt taju ja tähelepanu) uurimise. Kuna infotöötlus tugineb tajule ja tähelepanule, siis oleks nende psüühiliste protsesside uurimine ja võrdlemine töömälu funktsioneerimisega vägagi põhjendatud. Kuna antud teoorias viidatud uuringud keskendusid peamiselt matemaatiliste õpiraskustega lastele, oleks huvitav teada, millised oleksid tulemuste võrdlused lugemiraskustega lastega, sest lugemiraskuste põhjused tulenevad töömälu üldisest või valdkonnasisese töötluse puudujäägist.

Eelneva taustal on käesoleva töö eesmärgiks uurida matemaatiliste õpiraskustega laste töömälu kõigi kolme komponendi funktsioneerimist võrdluses eakohase arenguga lastega ja lugemiraskustega lastega. Lisaks soovin täpsustada, kas töömälu soorituses ilmnevad probleemid saab omistada just mälu kehvale funktsioneerimisele või on need seotud pigem tajus ja tähelepanus esinevate probleemidega.

Järgnevalt esitan oma töö kolm põhilist hüpoteesi, mis keskenduvad töömälu erinevatele komponentidele ning iga hüpoteesi juures toon ära täpsustavad uurimisküsimused, mis puudutavad kõnealuse töömälu komponendi iseärasusi või vastavat tüüpi info tajumist ja tähelepanu protsesse:

1. Matemaatiliste õpiraskustega laste tulemused töömälu visuaal-ruumilise hoidla katses on madalamad nii eakohase arenguga laste kui ka lugemisraskustega laste tulemustest.
 - Kui hüpotees leiab kinnitust, siis huvitab mind edasi, kas matemaatiliste õpiraskustega lastel on probleeme ka visuaalse materjali tajumises, sest kui mälusooritus on kehv, ei pruugi probleem olla pelgalt mälus, vaid lapsed võivad olla nõrgemad juba visuaalse info tajumisel.
2. Matemaatiliste õpiraskustega laste tulemused töömälu fonoloogilise silmuse katsetes on madalamad kui eakohase arenguga lastel, kuid paremad lugemisraskustega laste tulemustest.
 - Kui võrreldes eakohase arenguga lastega on matemaatiliste õpiraskustega laste fonoloogilise silmuse funktsioneerimine kehvem, siis huvitab mind, kas nende probleem on seotud pigem fonoloogilise hoidla või artikulaatorse kordamisprotsessi tööga.
 - Kui matemaatiliste õpiraskustega lastel on probleeme töömälu fonoloogilise silmuse katsetes, siis huvitab mind, kas nende fonoloogiline tajus ja fonoloogiline teadlikkus on eakaaslastega samal tasemel või ilmneb neil raskusi juba verbaalse info tajumises.
3. Matemaatiliste õpiraskustega laste tulemused töömälu kesktäidesaatva komponendi katsetes on kehvemad kui eakohase arenguga lastel, jäädes samale tasemele lugemisraskustega laste tulemustega.
 - Kuna matemaatiliste õpiraskustega laste töömälu kesktäidesaatva komponendi sooritus on eeldatavasti kehvem eakohasest tasemest, tekib küsimus, kas selle taga on just kesktäidesaatva komponendi häiritus või esineb probleeme ka tähelepanu protsessides. Seoses sellega soovin täpsustada, milline on matemaatiliste õpiraskustega laste sooritus tähelepanu uurivates ülesannetes võrrelduna eakohase arenguga laste sooritusega.

Meetod

Katseisikud

Uuritava valimi moodustasid 93 Eesti erinevates koolides riikliku õppekava järgi õppivat 3. klassi õpilast. Antud töö kirjutaja viis testid läbi 30 matemaatiliste õpiraskustega õpilasega (17 tüdrukut ja 13 poissi), kes õppisid Pärnu- ja Viljandimaa koolides. Võrdlusgruppidesse kuulus 32 lugemisraskustega õpilast (10 tüdrukut ja 22 poissi) ja 31 eakohase arenguga õpilast (17 tüdrukut ja 14 poissi), kes olid eelnevalt testitud teiste üliõpilaste poolt. Kokku osales uuringus 44 tüdrukut ja 49 poissi. Katseisikud valiti klassiõpetajate hinnangute ja õpilaste õpitulemuste põhjal. Matemaatiliste õpiraskustega laste leidmiseks instrueeriti klassiõpetajaid valima välja lapsed, kellel on olulisi raskusi matemaatika tunnis ning lugemisraskustega lastel pidi olema ilmseid probleeme emakeele tundides. Õpetajate sõnul ei esinenud ühelgi uuringus osalenud lapsel tähelepanupuudulikkuse häiret ja kõigi laste emakeeleks oli eesti keel. Katses osalenud laste keskmine vanus on toodud tabelis 1.

Tabel 1

Katseisikute vanus kuudes

	MR (n=30)	LR (n=32)	EK (n=31)
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Vanus kuudes	118,73 (4,84)	122,38 (5,78)	120,29 (3,26)

Märkus. MR – matemaatiliste õpiraskustega õpilased; LR – lugemisraskustega õpilased; EK – eakohase arenguga õpilased; M – aritmeetiline keskmine; (SD) – standardhälve.

Mõõtvahendid

Uurimisvahenditena kasutati töömälu erinevate komponentide, visuaalse taju, fonoloogilise taju, fonoloogilise teadlikkuse ja tähelepanu mõõtmise teste.

Töömälu visuaal-ruumilise hoidla test. Uuritavale näidati 4 x 4 ruudustikuga lehte, millel olid osad ruudud värvitud ja paluti värvitud ruutude asukoht meelde jätta (vt lisa1). Mõne sekundi möödudes näidisleht eemaldati ja uuritav pidi meelde jäetud ruudud oma paberil olevas ruudustikus märgistama ristikesega. Ühe värvitud ruuduga ülesanded olid harjutamiseks.

Ülesannet esitati värvitud ruutude arvu kasvavas järjekorras (alates kahest ruudust kaheksani). Kui testitava poolt märgistatud ruutude paigutus oli õige, esitati sellest ühe võrra rohkema värvitud ruuduga ruudustik. Kui uuritav oli asukoha määramisel ebatäpne, esitati talle sama paljude värvitud ruutudega, kuid erineva paigutusega ruudustik. Katse lõpetati, kui testitav eksis kahes samapalju värvitud ruute sisaldavas ülesandes ning tulemuseks fikseeriti suurim õigesti meenutatud asukohaga värvitud ruutude arv.

Töömälu fonoloogilise silmuse testid. Uurimisel kasutati verbaalset *span*-protseduuri, milles verbaalset mäluskoori näitas pikim sõnade rida, mille katseisik peale esitamist (~ kolme minutilise pausi järel) õiges järjekorras meenutas. Kokku oli neli erinevat testi (vt lisa 2): lühikestest fonoloogiliselt sarnastest sõnadest koosnev rida, pikkadest fonoloogiliselt erinevatest sõnadest koosnev rida, lühikestest fonoloogiliselt erinevatest sõnadest koosnev rida ja pikkadest fonoloogiliselt sarnastest sõnadest koosnev rida. Sõnaridade pikkus varieerus kahest kuue sõnani. Juhul, kui katseisik sõnade meenutamisel eksis, oli tal võimalus teistkordsele sooritusele sama pika sõnareaga. Järjekordsel eksimisel protseduur lõpetati ja fikseeriti pikim sõnaderida, mida katseisik suutis õiges järjekorras meenutada.

Töömälu kesktäidesaatva komponendi testid. Uurimisel kasutati kahte erinevat uuritavale juba tuttavat visuaal-ruumilise hoidla ja fonoloogilise silmuse teste, mida seekord tuli sooritada lisaülesandega, koputades (meeldejätmise ajal) mittedomineeriva käe sõrmedega kokkulepitud rütmi. Meenutamise ajal lisaülesannet ei sooritatud. Esimeses katses (visuaalne mälu) fikseeriti suurim õigesti meenutatud asukohaga värvitud ruutude arv, teises katses (verbaalne *span*-protseduur) pikim sõnaderida, mida katseisik suutis õiges järjekorras meenutada.

Tagurpidi arvude ülesanne e arvuspan (vt lisa 3). Katseisikule esitati (verbaalselt) arvude rida (number sekundis). Taastamisel tuli kuulnud arvude rida meenutada tagurpidises järjekorras (nt 9,1,8 → 8,1,9). Arvude ridu esitati kasvavas järjekorras alates kahest arvust kuni seitsmeni. Kui uuritav eksis arvurea õigel taastamisel, sai ta võimaluse ka teiseks samapalju arve sisaldava kuid muudetud arvukombinatsiooniga katseks. Fikseeriti pikem arvude rida, mida suudeti tagurpidises järjekorras meenutada.

Väikseima arvu ülesanne. Katseisikule näidati kolme arvuga numbrikaarte (vt lisa 3). Uuritav pidi nimetama kaardil olevad arvud ja ütleva, milline arv neist on kõige väiksem. Kõige väiksem arv tuli omakorda meelde jätta. Seejärel esitati uus kaart uue arvureaga, millel paluti

kõik arvud nimetada ja väiksem arv meelde jätta. Järgnevalt pidi uuritav taastama õiges järjekorras kummalgi kaardil olnud väikseimad arvud. Ülesannet esitati nagu *span*-protseduuri. Eksimise korral esitati uuesti sama pikk, kuid erinevate arvudega kaardiseeria. Fikseeriti pikim rida õigesti korratud väikseimaid arve.

Visuaalse taju testid. Joonte orientatsiooni katse. Tegemist on Bentoni, Hannay ja Varney poolt välja töötatud testi (vt Lezak, Howieson, Loring, 2004) eeskujul koostatud ülesannetega. Test koosnes näidisjoonte kaardist, millele oli justkui päikesekiirtena joonistatud 11 joont. Iga joon oli tähistatud arvuga (1–11). Selle juurde näidati kaarti, millel oli kujutatud kaks joont ja uuritava ülesanne oli öelda, millise arvuga tähistatud joontega need kaks joont näidiskaardilt sarnanevad (vt lisa 4). Katseisik pidi seega tajuma joonte kaldenurka ja ruumilist paigutust ning võrdlema seda näidiskaardil olevate joontega. Testis tuli hinnata 15 erineval kaardil oleva joonepaari sarnasust näidiskaardil esitatud joontega. Ülesanne loeti õigesti sooritatuks, kui mõlemate joonte kaldenurk ja asukoht fikseeriti õigesti. Üles märgiti ka tagurpidi järjekorras nimetatud õiged vastused.

Kella joonistamise test. Uuritaval paluti joonistada A4 paberile kell koos kõigi numbritega. Soorituse jälgimisel märgiti üles numbrite paigutamise strateegia. Hilisemal analüüsil mõõdeti töölehel numbrilaua 11 ja 12 vahelise nurga suurus ja võrreldi kõrvalekallet tavapärasest 30 kraadisest nurgast.

Kujutiste täiendamise test. Katses kasutati Männamaa (2000) poolt Eesti lastele kohandatud Kaufmani testi (K-ABC) vastavat alaülesannet. Uuritavale näidati mustvalget kujutist mingist objektist, kusjuures kujutised ei olnud terviklikud ja uuritava ülesanne oli öelda, mis objekti pildil on kujutatud. Fikseeriti õigesti tajutud kujutiste hulk.

Fonoloogilise taju test. Katseisikutel tuli kuulata ja korrata eksaminaatori poolt hääldatud sõnakolmikuid, milles esitatud sõnad olid ühe hääliku pikkuse poolest erinevad (nt viili(2) – vili – viili(3) jne) (vt lisa 5). Sõnakolmikuid oli 20 ja õigeks vastuseks loeti õigetes vāldetes hääldatud sõnaderida. Õigete kolmikute summa fikseeriti.

Fonoloogilise teadlikkuse test. Katseisik pidi eksaminaatori poolt hääldatud sõnas tõstma mõtteliselt esimese hääliku viimaseks (nt koer → oerk) ja ütlema siis saadud sõna (vt lisa 5). Enne testimist oli võimalik paari sõnaga harjutada. Katses oli 18 sõna, õigete vastuste summa fikseeriti.

Tähelepanutestid. Tähelepanu mõõdeti tähtede läbikriipsutamise testiga (vt lisa 6). Uuritavale anti leht, millel oli kolmes reas trükitud erinevad trükitähed. Katse esimeses osas tuli uuritaval aja peale maha kriipsutada kõik E-tähed, teises osas kõik C-tähed. Üles märgiti soorituseks kulunud aeg ja lapse poolt kasutatud strateegia. Teiseks tähelepanu mõõtmise ülesandeks oli geomeetriliste kujundite täitmise test (Semago & Semago, 2003). Uuritavale anti tööleht, millel olid neljast erinevast geomeetrisest kujundist (ruut, ring, kolmnurk, romb) koostatud read. Teatud kujundite sisse tuli teha kokkulepitud märk, teatud kujund tuli jätta tühjaks (vt lisa 6). Ülesande soorituse aeg, kasutatud strateegia ja vead (valesti märgitud või märkimata kujundid) fikseeriti. Stroopi test koosnes kolmest osast. Esimeses näidati uuritavale A4 paberilehte, mis oli täidetud erinevat värvi ringidega (kollased, punased, sinised, rohelised) ja tal paluti nimetada järjest kõigi ringide värvid nii kiiresti kui võimalik. Teises osas näidati samade värvidega trükitud juhuslikke sõnu (nt *suur, tool, miks, väga* jne). Uuritav pidi nimetama värvuse, millega sõnad olid trükitud, kuid vältida tuli sõna lugemist. Testi kolmandas osas tuli jällegi nimetada trükivärve, millega sõnad olid kirjutatud. Ülesande tegi aga raskemaks see, et seekord olid sõnadeks värvide nimetused (nt *kollane, roheline, punane, sinine*). Kõikide testide sooritamise aeg fikseeriti.

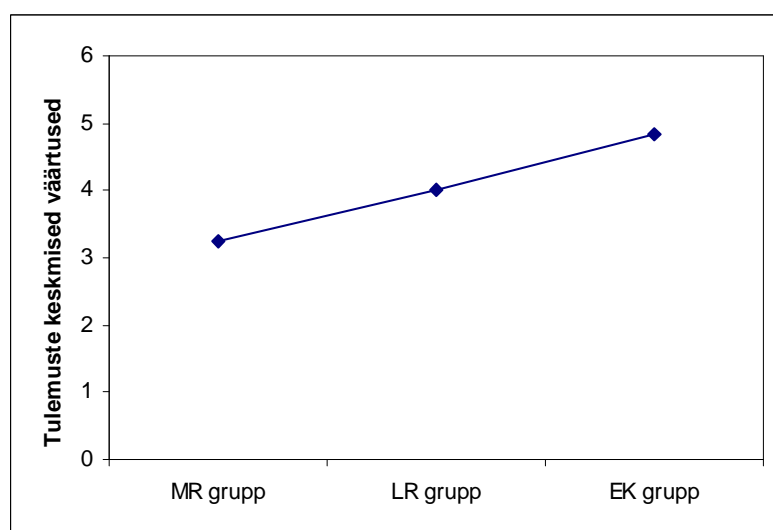
Protseduur

Testimine viidi läbi õpilase kodukoolis, kooli juhtkonna poolt pakutud vaiksuses ruumis. Kõiki uuritavaid õpilasi testiti individuaalselt kahe sessiooni jooksul. Kõikide katseisikute (sh ka võrdlusgruppide) testimine toimus ühe ja sama meetodika alusel, alati kindlas järjestuses. Iga ülesande alguses tuli selgitada, kas katseisik sai järgneva tegevuse sisust aru. Vajadusel anti täiendavaid selgitusi. Katsete käigus fikseeriti testilehele tulemused. Iga katseisiku uuringus osalemise kohta võeti lapsevanemalt kirjalik nõusolek. Nõusoleku uuringuks andsid ka kõik katsetes osalenud koolid.

Tulemused

Tulemuste töötlemisel kasutasin andmetöötlusprogrammi SPSS. Kuna enamus sooritusi jagunes Kolmogorov-Smirnovi testi põhjal normaaljaotuse järgi, kasutasin parameetrilisi teste. Uuritavate gruppide keskväärtuste võrdlemisel kasutasin dispersioonanalüüsi ja t-testi. Järelduste tegemisel lähtusin olulisuse nivoost väärtusega 0,05, mis ei luba statistilisel järeldamisel suuremat viga kui 5%. Lihtsustamaks uuritavate gruppide testimistulemuste lugemist, kasutan selles peatükis edaspidi nende nimetamisel lühendeid: matemaatiliste õpiraskustega õpilased – MR, lugemisraskustega õpilased – LR, eakohase arenguga õpilased – EK.

Tulemuste analüüsi esimeses osas olen huvitatud, millised on MR õpilaste testide tulemused töömälu visuaal-ruumilise hoidla katses ja millisel määral need erinevad võrdlusgruppide tulemustest. Seda illustreerib joonis 1.



Joonis 1. Töömälu visuaal-ruumilise hoidla test. MR – matemaatiliste õpiraskustega õpilaste grupp; LR – lugemisraskustega õpilaste grupp; EK – eakohase arenguga õpilaste grupp

Paremad tulemused said EK grupi õpilased ($M = 4,85$; $SD = 2,08$) ja LR õpilased ($M = 4,00$; $SD = 1,52$). Kõige raskemaks osutus see ülesanne MR õpilastele ($M = 3,23$; $SD = 1,63$). Dispersioonanalüüs näitas, et gruppi kuuluvusel on statistiliselt oluline mõju ($F = 6,33$; $p < 0,00$). Täpsustamiseks, milliste gruppide soorituste vahel esineb statistiliselt oluline erinevus, viisin läbi paaridevahelised võrdlused. Selgus, et MR ja LR grupi tulemused on samaväärsed ja statistilist

erinevust nende soorituste vahel ei esine ($F = 0,19$; $p = 0,06$). MR ja EK gruppide vahel oli aga oluline statistiline erinevus ($F = 3,06$; $p < 0,00$). LR ja EK gruppide sooritusi võrreldes selgus, et nende tulemused on sarnased ($F = 4,98$; $p = 0,07$).

Tulemustest lähtuvalt võib eeldada, et MR õpilastele valmistab visuaal-ruumilise informatsiooni säilitamine töömälu raskusi. Kuid kas probleem esineb nimelt töömälu või on MR lastele raskem ka visuaalselt esitatud info tajumine? Vastuse saamiseks võrdlesin MR õpilaste ja EK õpilaste visuaalse taju testide keskmisi väärtusi. Tulemused on toodud tabelis 1.

Tabel 1

MR ja EK gruppide võrdlus visuaalse taju ülesannetes

TEST	MR (n=30)	EK (n=31)	t väärtus	p väärtus
	M (SD)	M (SD)		
Joonte orientatsiooni katse				
Jooned õigetpidi	5,17 (2,42)	8,81 (3,66)	-4,56	0,00
Jooned tagurpidi	4,17 (2,44)	2,74 (2,53)	2,24	0,03
Joonte testi summa	9,33 (2,76)	11,55 (2,66)	-3,20	0,00
Kella test *	77,97 (58,15)	35,30 (8,93)	3,97	0,00
Kujutiste täiendamise test	18,27 (2,26)	17,55 (2,10)	1,29	0,20

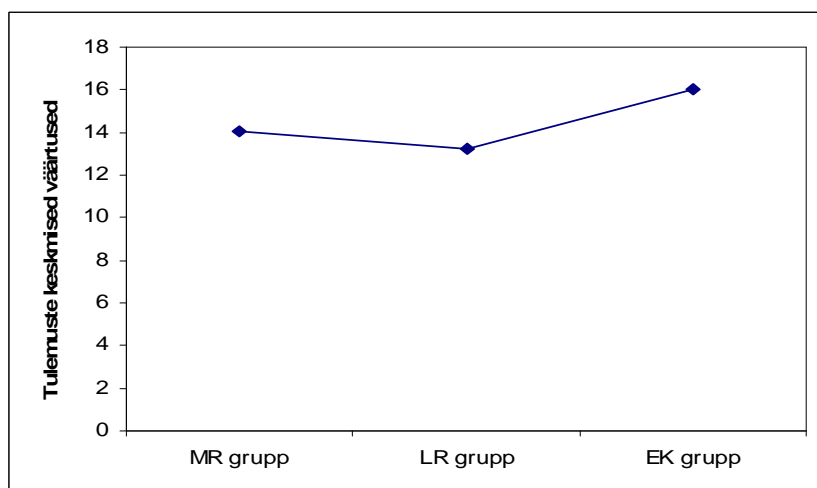
Märkus. MR – matemaatiliste õpiraskustega õpilased; EK – eakohase arenguga õpilased; M – aritmeetiline keskmine; (SD) – standardhälve; t väärtus; tumedas trükis toodud p väärtused on $< 0,05$ *Kella joonistamise ülesandes on testi keskmised tulemused on antud kraadides.

Nagu tabelist nähtub, on kahe esimese testi tulemused MR lastel oluliselt nõrgemad kui EK grupi lastel. Statistiliselt olulised erinevused ilmnasid joonte orientatsiooni katses nii õiges kui tagurpidises järjekorras antud õigete vastuste hulgas. Huvitav tulemus on see, et MR õpilased andsid rohkem õigeid vastuseid just tagurpidises järjekorras, nimetades esmalt parempoolse joone numbri ja siis alles vasakpoolse. See tulemus ei muutnud aga joonte katse õigete vastuste lõppsummat, mis näitab, et joonte kaldenurkade ja nende ruumilise paigutuse täpne tajumine valmistab MR õpilastele võrreldes EK õpilastega raskusi.

Kella joonistamise testis esines gruppide keskmiste soorituste vahel märkimisväärne statistiline erinevus ($42,67^\circ$). MR õpilased eksisid võrreldes EK õpilastega numbrilaua kella 11 ja 12 vahelise nurga määramisel ja numbrite paigutamisel oluliselt rohkem.

Visuaalse taju funktsioneerimist mõõtvatest testidest ainsana ei ilmnunud MR ja EK gruppide vahel erinevusi kujutiste täiendamise testis, millest järeldub, et MR õpilastele visuaalsete kujutiste õige tajumine raskusi ei valmistanud.

Edasi tulevad vaatluse alla MR õpilaste sooritusel võrrelduna LR ja EK lastega töömälu fonoloogilise silmuse katsetes. Järgnevas analüüsis on kasutatud kõigi nelja verbaalse mälu ülesande summat. Tulemused on näha joonisel 2.

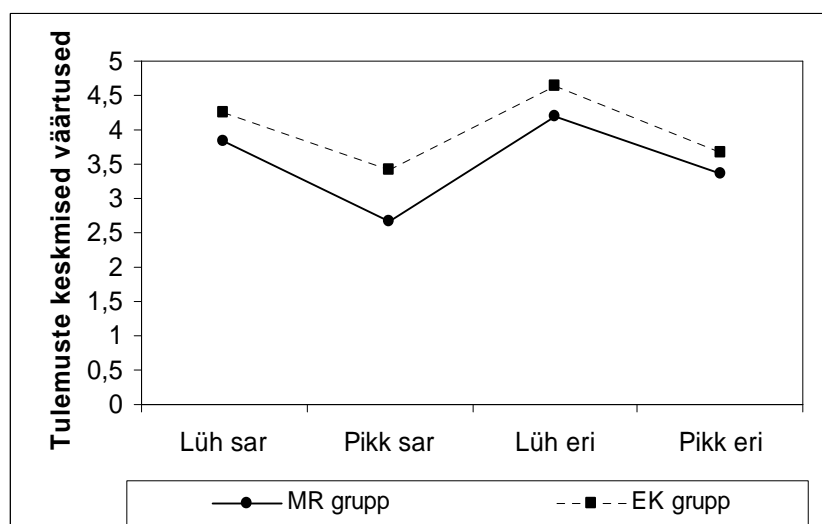


Joonis 2. Töömälu fonoloogilise silmuse testide soorituse tulemused. MR - matemaatiliste õpiraskustega õpilased; LR – lugemiraskustega õpilased; EK – eakohase arenguga õpilased

Jooniselt selgub, et kõige madalamad tulemused said verbaalse mälu summas LR õpilased ($M = 13,25$; $SD = 1,98$). MR laste keskmised tulemused ($M = 14,07$; $SD = 1,48$) olid küll LR õpilastest paremad, kuid jäid EK õpilaste omadest ($M = 16,00$; $SD = 2,00$) siiski madalamaks. Dispersioonanalüüs näitas, et gruppi kuuluvusel oli statistiliselt oluline mõju ($F = 18,38$; $p < 0,00$). Täpsustamiseks, milliste gruppide soorituste vahel esineb statistiliselt oluline erinevus, viisin läbi paaridevahelised võrdlused. Selgus, et MR ja LR grupi tulemused on samaväärsed ja statistilist erinevust nende soorituste vahel ei esine ($F = 1,08$; $p = 0,07$). MR ja EK gruppide vahel oli aga oluline statistiline erinevus ($F = 3,02$; $p < 0,00$). Statistiliselt oluline erinevus selgus ka LR ja EK gruppide võrdluses ($F = 0,26$; $p < 0,00$). Seega, MR ja LR lastele valmistati fonoloogilise silmuse testi sooritamine raskusi.

Kuna gruppide vahelisest võrdlusest selgus, et MR õpilaste keskmised tulemused fonoloogilise silmuse testis olid EK grupist kehvemad, siis tundsin huvi, kas MR õpilaste raskused sõnade meenutamisel töömälu on seotud pigem fonoloogilise hoidla või artikulaatorse kordamisprotsessi tööga. Selleks kontrollisin sarnasuse ja pikkuse efektide ilmnemist MR grupi sooritustes.

Joonisel 3 on näha MR grupi keskmised tulemused verbaalse mälu testides ning võrdlevalt on toodud EK grupi tulemused.



Joonis 3. MR õpilaste ja EK õpilaste fonoloogilise silmuse testide võrdlus.

Lüh sar – lühikesed fonoloogiliselt sarnased sõnad; Pikk sar – pikad fonoloogiliselt sarnased sõnad; Lüh eri – lühikesed fonoloogiliselt erinevad sõnad; Pikk eri – pikad fonoloogiliselt erinevad sõnad

Kuna fonoloogilise silmuse efektide olemasolu on EK laste puhul kirjanduses piisava põhjalikkusega tõestatud ja on alust arvata, et sama kehtib ka minu EK laste grupi kohta, siis keskendun alljärgnevalt vaid MR grupi lastele. Nagu jooniselt ilmneb, on MR grupi sooritusprofiil erinevate fonoloogilise hoidla testide lõikes üsna sarnane EK grupi lastele, kuid jääb kõigis testides madalamaks. Sooritusprofiilide sarnasus viitab võimalusele, et ka MR lastel on mõlemad efektid olemas, kuid kindlalt saab seda väita alles grupisiseste võrdluste põhjal.

Hoidla funktsioneerimist fonoloogilises silmuses arvatakse tõestavat sõnade sarnasuse efekt, mille järgi on fonoloogiliselt sarnaseid sõnu raskem meenutada kui fonoloogiliselt erinevaid. Järgnevalt MR õpilaste sooritus lühikeste sõnade meenutamises – sarnaseid sõnu ($M = 3,83$; $SD = 0,59$) suudeti vähem meenutada kui erinevaid ($M = 4,20$; $SD = 0,66$), $t = -2,48$; $p < 0,02$. Sama tendents ilmnis ka pikkade sõnade meenutamises – sarnaste sõnade ($M = 2,67$; $SD = 0,80$) meenutamine oli oluliselt raskem kui erinevate ($M = 3,37$; $SD = 0,48$) $t = -4,85$; $p < 0,00$. Need tulemused näitavad sarnasuse efekti olemasolu ning on ühtlasi tõestuseks hoidla funktsioneerimisest MR laste fonoloogilises silmuses.

Artikulaatorse kordamisprotsessi toimimist fonoloogilises silmuses arvatakse tõestavat sõnapikkuse efekt, mille järgi on pikki sõnu raskem meenutada kui lühikesi. Järgnevalt MR õpilaste sooritus fonoloogiliselt sarnaste sõnade meenutamises – pikki sõnu ($M = 2,67$; $SD = 0,80$) suudeti vähem meenutada kui lühikesi ($M = 3,83$; $SD = 0,59$), $t = -7,31$; $p < 0,00$. Sarnased tulemused ilmsid ka fonoloogiliselt erinevate sõnade meenutamisel – pikkade sõnade ($M = 3,37$; $SD = 0,49$) meenutamine oli oluliselt raskem kui lühikeste ($M = 4,20$; $SD = 0,66$), $t = -5,22$; $p < 0,00$. Siit saab järeldada ka sõnapikkuse efekti olemasolu MR lastel, mis ühtlasi kinnitab artikulaatorse kordamisprotsessi toimimist nende fonoloogilises silmuses. Madalamad tulemused nii fonoloogiliselt sarnaste kui ka pikkade sõnade meenutamisel viitavad MR laste probleemile nii fonoloogilises hoidlas kui kordamisprotsessis.

Kuna MR lapsed said töömälu fonoloogilise silmuse testides võrreldes EK õpilaste keskmiste tulemustega madalamaid tulemusi, siis tundsin ma huvi, milline on nende sooritus fonoloogilise taju ja fonoloogilise teadlikkuse testides. Selleks võrdlesin MR ja EK grupi keskmisi väärtusi fonoloogilise taju ja fonoloogilise teadlikkuse testide sooritamisel. Tulemused on toodud tabelis 2.

Tabel 2

MR õpilaste ja EK õpilaste sooritused fonoloogilise taju ja fonoloogilise teadlikkuse testis

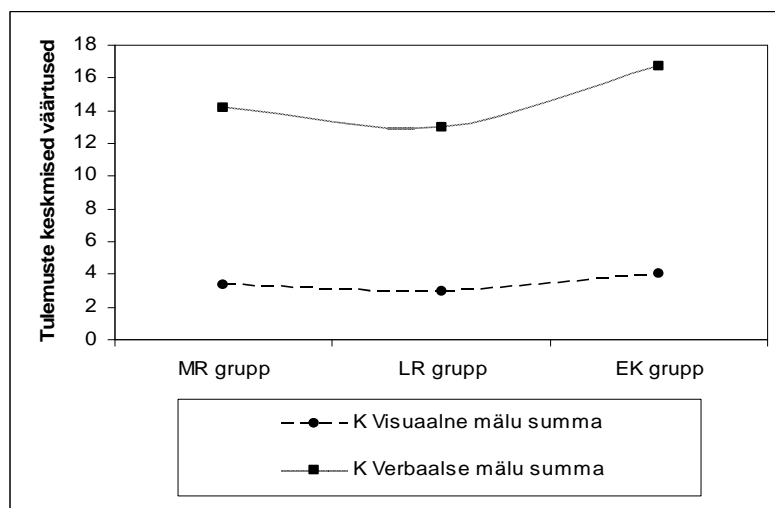
TEST	MR (n=30)	EK (n=31)	t väärtus	p väärtus
	M (SD)	M (SD)		
Fonoloogiline taju	13,23 (3,23)	15,58 (2,90)	-2,99	0,00
Fonoloogiline teadlikkus	14,37 (3,09)	16,06 (3,71)	-1,94	0,06

Märkus: MR - matemaatiliste õpiraskustega õpilased; EK – eakohase arenguga õpilased; M – aritmeetiline keskmine; (SD) – standardhälve; t väärtus; tumedas trükkis toodud p väärtused on $< 0,05$

Keskmete väärtuste võrdlusest võib näha, et fonoloogilise taju testis said MR õpilased statistiliselt oluliselt madalamaid tulemusi kui EK grupi lapsed. Fonoloogilise teadlikkuse testis on keskmised tulemused MR ja EK grupi vahel samaväärsed ja statistiliselt olulist erinevust soorituste vahel ei esine. Seega, – MR laste fonoloogiline teadlikkus on samaväärne EK laste tulemustega.

Järgnevalt analüüsin, millised on MR õpilaste tulemused töömälu kesktäidesaatva komponendi katsetes võrrelduna kontrollgruppide tulemustega. Kesktäidesaatva komponendi soorituse hindamiseks kasutati töömälu fonoloogilise silmuse teste (verbaalne mälu) ja visuaal-

ruumilise hoidla testi (visuaalne mälu), millele lisandus mittejuhtiva käega lihtsa mustri koputamine. Joonisel 4 on näha tulemused, mis kajastavad kesktäidesaatva komponendi sooritusi nendes kahes testis.



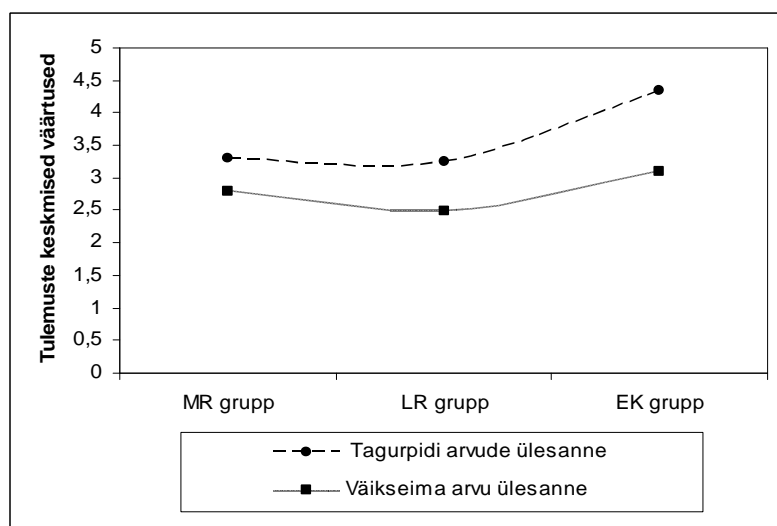
Joonis 4. Kesktäidesaatva komponendi soorituse võrdlus verbaalse mälu ja visuaalse mälu testis. MR – matemaatiliste õpiraskustega lapsed; LR – lugemiraskustega lapsed; EK – eakohase arenguga lapsed; K Visuaalne mälu – kesktäidesaatva komponendi osalusega visuaalse mälu testi summa; K Verbaalse mälu summa – kesktäidesaatva komponendi osalusega verbaalse mälu testi summa

Dispersioonanalüüs näitas, et kesktäidesaatva komponendi osalusega visuaalse mälu ülesandes on gruppi kuuluvusel statistiliselt oluline mõju ($F = 3,23$; $p < 0,04$). Kõige madalamad keskmised tulemused said LR õpilased ($M = 2,97$; $SD = 1,49$) ja MR õpilased ($M = 3,37$; $SD = 1,56$), kõige paremad tulemused said aga EK õpilased ($M = 4,03$; $SD = 1,94$). Täpsustamaks, milliste gruppide soorituste vahel esineb statistiliselt oluline erinevus, viisin läbi paaridevahelised võrdlused. Selgus, et MR ja EK grupi tulemused on samaväärsed ja statistilist erinevust nende soorituste vahel ei esine ($F = 1,30$; $p = 0,15$). Samaväärsed tulemused said ka MR ja LR grupid ($F = 0,21$; $p = 0,31$). Statistiliselt oluline erinevus selgus aga EK ja LR gruppide võrdluses ($F = 2,46$; $p < 0,02$). Seega, kõige raskemaks osutus see test LR õpilastele.

Kesktäidesaatva komponendi osalusega verbaalse mälu ülesandes said LR lapsed kõige madalama tulemuse ($M = 13,00$; $SD = 2,10$), nendest parema tulemuse said MR lapsed ($M = 14,17$; $SD = 1,68$) ning kõige paremini sooritas ülesande EK laste grupp ($M = 16,77$; $SD = 1,93$). Dispersioonanalüüs näitas, et gruppi kuuluvusel on statistiliselt oluline mõju ($F = 31,95$; $p < 0,00$). Täpsustav analüüs tuvastas statistiliselt olulise erinevuse kõigi gruppide paaride vahel: MR

ja EK ($F = 0,06$; $p < 0,00$), MR ja LR ($F = 1,13$; $p < 0,02$) ning LR ja EK gruppide soorituste vahel ($F = 6,29$; $p < 0,00$).

Järgnevalt võrdlen gruppide keskmisi tulemusi arve sisaldavates kesktäidesaatva komponendi ülesannetes. Tulemusi illustreerib joonis 5.



Joonis 5. Arve sisaldavad kesktäidesaatva komponendi testide võrdlus MR õpilaste ja võrdlusgruppide vahel.

Dispersioonanalüüs näitas, et tagurpidi arvude meenutamise ülesande sooritamisel oli gruppi kuuluvusel statistiliselt oluline mõju ($F = 20,37$; $p < 0,00$). Antud test valmistas kõige suuremaid raskusi MR ($M = 3,3$; $SD = 0,7$) ja LR ($M = 3,25$; $SD = 0,8$) lastele, kes said selles ülesandes samaväärsed tulemused ($F = 0,07$; $p = 0,80$). EK õpilaste keskmised tulemused olid aga paremad ($M = 4,35$; $SD = 0,80$) ja erinesid teistest gruppidest statistiliselt olulisel määral ($p < 0,00$). Ka väikseima arvu meenutamise ülesandes tuvastas dispersioonanalüüs gruppi kuuluvuse statistiliselt olulise mõju ($F = 4,90$; $p < 0,01$). Selleski ülesandes ilmneb eelmisega sarnane tendents: kõige madalama sooritusega olid LR lapsed ($M = 2,50$; $SD = 0,67$), veidi parema tulemuse said MR lapsed ($M = 2,80$; $SD = 0,81$) ja kõige rohkem suutsid väikseimaid arve meenutada EK lapsed ($M = 3,10$; $SD = 0,79$). Täpsemal analüüsil selgus, et nii MR ja EK ($F = 0,15$; $p = 0,15$) kui MR ja LR ($F = 0,06$; $p = 0,12$) gruppide keskmised tulemused olid samaväärsed. Statistiline erinevus ilmnes vaid LR ja EK gruppide võrdlemisel ($F = 0,06$; $p < 0,00$).

Kuna MR laste töömälu kesktäidesaatva komponendi sooritus oli enamuses ülesannetes eakohasest tasemest kehvem, siis tekkis küsimus, kas selle taga on just kesktäidesaatva

komponendi häiritus või esineb probleeme ka tähelepanu protsessides. Seoses sellega soovisin täpsustada, milline on MR laste sooritus tähelepanu uurivates ülesannetes võrrelduna EK laste sooritusega. Tulemused on näha tabelis 3.

Tabel 3

Matemaatiliste õpiraskustega laste grupi ja kontrollgruppide tähelepanu testide tulemuste võrdlus

Tähelepanu testid	MR (n=30)	EK (n=31)	t väärtus	p väärtus
	M (SD)	M (SD)		
Tähtede kriipsutamine	112,7 (24)	90,66 (15,69)	4,26	0,00
Geomeetriliste kujundite täitmine	140,05 (33,8)	119,05 (23,91)	2,81	0,01
Stroopi test	90,18 (18,44)	68,5 (11,12)	5,58	0,00

Märkused: MR – matemaatiliste õpiraskustega õpilased; EK – eakohase arenguga õpilased; Tähtede kriipsutamine – tähtede kriipsutamise testi täitmise aeg; Stroopi test – Stroopi testi täitmise aeg; t väärtus; tumedas trükis toodud p väärtused on < 0,05

Nagu tabelist selgub, jäävad MR grupi laste keskmised tulemused kõigis tähelepanu mõõtvates ülesannetes statistiliselt oluliselt madalamaks kui EK grupi lastel – EK grupp sooritas kõik tähelepanu testid kiiremini.

Arutelu

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida matemaatiliste õpiraskustega laste iseärasusi töömälu kõigi kolme komponendi funktsioneerimises ja võrrelda saadud tulemusi samavanuste lugemisraskustega ja eakohase arenguga laste tulemustega. Töö raames viisin testid läbi 30 matemaatiliste õpiraskustega õpilasega, võrdlusgruppidesse kuulus 32 lugemisraskustega ja 31 eakohase arenguga õpilast. Hüpoteesidele vastuste saamiseks toetusin lastega läbiviidud neuropsühholoogiliste testide tulemustele. Hüpoteesidele lisaks soovisin uurimisküsimuste abil täpsustada, kas matemaatiliste õpiraskustega laste töömälu sooritustes ilmnevad probleemid on põhjustatud vaid mälu kehvast funktsioneerimisest või saavad need alguse juba tajus ning tähelepanus esinevatest probleemidest.

Esimese hüpoteesi raames tundsin huvi, milline on matemaatiliste õpiraskustega õpilaste ja võrdlusgruppide sooritus töömälu visuaal-ruumilise hoidla katses. Eeldasin, et matemaatiliste õpiraskustega lapsed saavad selles katses teistest madalamad tulemused. Tulemuste statistilisele analüüsile toetudes võin väita, et esimene hüpotees leidis kinnitust vaid osaliselt – matemaatiliste õpiraskustega lapsed olid küll nõrgemad eakohase arenguga lastest, kuid mitte lugemisraskustega lastest.

Matemaatiliste õpiraskustega laste nõrgem sooritus võrreldes eakohase arenguga lastega viitab raskustele töömälus visuaal-ruumilise informatsiooni säilitamisel. Sarnasele tulemusele on jõutud ka teistes teoorias kajastatud uuringutes (nt Bull jt, 1999; Geary, 2003; Holms jt, 2008; De Smedt jt, 2009). Töö teoreetilises osas selgus, et visuaal-ruumiline hoidla jaguneb kaheks allsüsteemiks: ajutiseks visuaalseks- ja ajutiseks ruumiliseks säilitussüsteemiks (nt Baddeley, 2003). Antud uurimuses kasutatud test mõõtis vaid visuaalset säilitamist töömälus ning ruumilise säilitussüsteemi funktsioneerimise kohta käesoleva uuringu tulemusi laiendada ei saa. Kuid toetudes teooriale võib oletada, et raskused ruumilise informatsiooni säilitamisel on matemaatiliste õpiraskustega lastel kindlasti olemas (nt McLean jt, 1999).

Edasi uurisin, milline on matemaatiliste õpiraskustega laste sooritus visuaalse taju testides (esimene uurimisküsimus). Kui tajusooritus on probleemne, siis pole põhjust väita, et matemaatiliste õpiraskuste aluseks on just töömälu visuaal-ruumilise komponendi kahjustus, sest tulemuslik säilitamine mälus on võimalik vaid juhul, kui infot on eelnevalt õigesti tajutud. Võrdlusgrupina kasutasin eakohase arenguga lapsi.

Visuaalse taju testidest osutusid matemaatiliste õpiraskustega lastele raskemaks joonte orientatsiooni katse ja kella joonistamise test, milles nende tulemused võrreldes eakohase arenguga lastega olid oluliselt madalamad. Joonte orientatsiooni katse edukas sooritamine eeldas võimet tajuda näidiskaardil olevate joonte kaldenurki ja nende täpset ruumilist paigutust. See katse osutus matemaatiliste õpiraskustega lastele keeruliseks. Huvitav tähelepanek on see, et joonte paigutuse määramisel toetusid nad pigem vastupidisele järjekorrale, alustades parempoolse joone asukoha määramisest esimesena. Mitmete autorite (nt Gardner, Rush, Arnaud, s.a.; Gifford, 2005) arvates võib matemaatiliste õpiraskustega lastel esineda nn suunalist segadust, mis väljendub vasaku ja parema poole eristamisraskustes. Tulemus avaldub tähtede ja numbrite ümberpööramise ja aritmeetiliste tehete tagurpidi lugemises ja/või lahendamises. Katse soorituse suuna valik (paremalt vasakule) võib tõestada suunalise segaduse olemasolu matemaatiliste õpiraskustega lastel.

Kella joonistamise test osutus matemaatiliste õpiraskustega lastele veelgi keerulisemaks. Antud ülesanne on oma olemuselt konstrueerimisülesanne, mis toetub paljuski mälu ehk kujutlusele kella numbrilauast. Kella joonistades võrdlesid lapsed joonistatut mälus oleva kella kujutisega, mis tõenäoliselt oli täpne (muidu oleksid lapsed raskustes igapäevaelus kellade äratundmisel). Probleemid võisid aga olla seotud taju tagasisidega, mis andis numbrite ruumilisest paigutusest ebatäpse pildi. Jälgides kella joonistamist, võis täheldada, et enamus matemaatiliste õpiraskustega lapsi kirjutas numbrid kellale järjest, alustades 12-st või 1-st. Tunduvalt tõhusam strateegia oleks olnud numbrilaua jaotamine veeranditeks, märkides esmalt kellale 12, 3, 6, 9 paigutuse.

Kujutiste täiendamise testis olid tulemused aga positiivsed. Matemaatiliste õpiraskustega õpilased sooritasid selle testi sama edukalt kui eakohase arenguga õpilased. Nad tajusid kiiresti pildil kujutatud pooliku objekti terviklikku tähendust ja andsid sellele nimetuse.

Eeltoodule toetudes saan vastata ka oma esimesele uurimisküsimusele. Nimelt on matemaatiliste õpiraskustega lastel häiritud juba visuaalne tajumine, mis tõenäoliselt omakorda pärsib laste võimet säilitada lühiajaliselt visuaal-ruumilist infot selle õigel kujul. Samas tuleb silmas pidada, et visuaalse taju raskused olid seotud pigem nende ülesannetega, kus lisaks tajumisele tuli ka konstrueerida (kella joonistamine) või tuli tajumisel keskenduda mitte niivõrd objekti kujule kui selle kaldenurgale ja ruumilisele paigutusele (joonte orientatsiooni ülesanne). Ülesannetes, kus laps peab ebatäieliku info alusel otsustama, mis objekt pildil on, ei eksi

matemaatiliste õpiraskustega lapsed eakaaslastest enam. Seega võib väita, et matemaatiliste õpiraskustega laste objektide äratundmise võime ja tajumõtestatus ei jää alla eakaaslastele. Nende võime otsustada objektide ruumilise paigutuse üle või kasutada tajutud infot konstrueerimisülesannetes on eakohase arenguga lastest siiski nõrgem.

Teise hüpoteesi raames eeldasin, et matemaatiliste õpiraskustega laste sooritused töömälu fonoloogilise silmuse testides on madalamad kui eakohase arenguga lastel, kuid paremad lugemiraskustega laste tulemustest. Ka see hüpotees leidis kinnitust vaid osaliselt – matemaatiliste õpiraskustega laste sooritus oli küll nõrgem eakohase arenguga laste tulemustest, kuid jäi samaväärseks lugemiraskustega laste sooritusega. Kuigi lugemiraskustega laste keskmised sooritused olid pisut madalamad, on statistiliselt olulise erinevuse puudumine minu jaoks ikkagi üllatav, sest ootasin matemaatiliste õpiraskustega lastelt verbaalse mälu ülesandes paremat sooritust. Nõrgemaks pidasin lugemiraskustega lapsi seetõttu, et neil on raskusi verbaalse info töötlemisega, sealhulgas selle lühiajalise säilitamisega, mida seostatakse kirjanduses selgelt lugema õppimise probleemidega (nt Docrell jt, 1995; Baddeley, 2003; Kibby jt, 2004). Samas matemaatiliste õpiraskustega lastele lugema õppimine probleeme ei valmista, mistõttu võiks eeldada, et nende fonoloogiline silmus funktsioneerib oluliselt paremini.

Edasi huvitas mind, kas matemaatiliste õpiraskustega laste eakohasest kehvem sooritus fonoloogilise silmuse testides on seotud pigem fonoloogilise hoidla või artikuloorse kordamisprotsessiga (teine uurimisküsimus). Matemaatiliste õpiraskustega laste fonoloogilise silmuse efektide analüüs näitas, et nii fonoloogilise sarnasuse efekt kui sõnapikkuse efekt on antud õpilaste grupil olemas ja toimivad. Seega ei saa pidada fonoloogilise silmuse alatalitluse põhjuseks ühe komponendi (fonoloogilise hoidla või artikuloorse kordamisprotsessi) tõsist kahjustatust. Pigem järeldan, et matemaatiliste õpiraskustega lastel toimivad mõlemad fonoloogilise silmuse komponendid ühtlaselt nõrgemalt võrreldes eakohase arenguga laste tasemega. Viimast tõestab ka verbaalmälu ülesannete summa tulemus, kus nad said oluliselt madalamad tulemused kui eakohase arenguga õpilased. Ebapiisav fonoloogilise silmuse toimimine võib matemaatiliste õpiraskustega lastel põhjustada raskusi loendamisel, vahevastuste ja kordajate meelespidamisel ning arvutamise täpsuses.

Töö teoreetilisest osast selgus, et töömälu fonoloogilise silmusega on tihedalt seotud fonoloogiline tajumõtestatus ja fonoloogiline teadlikkus. Kuna matemaatiliste õpiraskustega laste sooritus töömälu fonoloogilise silmuse testides oli nõrgem kui eakohase arenguga lastel, siis otsisin

vastust küsimusele, millised on nende sooritused antud testides (kolmas uurimisküsimus). Nii nagu visuaalruumilise info säilitamise raskused on seotud tajumise raskustega, võib ka verbaalse info säilitamise raskuste põhjuseks olla tajumisprobleem. Analüüs tuvastas, et võrreldes eakohase arenguga lastega esines erinevusi fonoloogilise taju testi sooritusel – matemaatiliste õpiraskustega lastele valmistas erinevas vältis sõnakolmikute järelekordamine raskusi. Ülesande õigeks sooritamiseks peab täpselt tajuma veaohlike häälikute pikkusi ning eristama neid üksteisest. Kehvad tulemused viitavad siin taju täpsuse ja diferentseerituse probleemidele. Samas võib sõnakolmikute ebaõige taastamise üheks põhjuseks olla ka töömälu fonoloogilise hoidla vähenenud maht, mis võib raskendada sõnade õiges järjekorras ja õiges rõhulis-rütmilises struktuuris meeldejätmist. Kuna aga matemaatiliste õpiraskustega laste verbaalmälu maht oli antud uuringus keskmiselt rohkem kui kolm sõna (3,5), ei ole sõnakolmikute kordamise ülesandes ilmnenud raskuste taandamine pelgalt vähesele mälu mahule põhjendatud. Lisaks oli antud ülesandes mälu osalus viidud miinimumini võrreldes verbaalse mälu katsetega, kus lapsed pidid kuulnud sõnu kordama alles peale 3-sekundilist ootamist

Fonoloogilise teadlikkuse osas said matemaatiliste õpiraskustega lapsed võrreldes eakohase arenguga lastega samaväärsed tulemused. Seega näitas antud test, et nende häälikanalüüsioskused on eakohase arenguga lastega samal tasemel.

Kolmanda uurimisküsimuse vastusena sain seega teada, et verbaalse töömälu probleemid võivad teatud piirini ja teatud materjaliga seoses tuleneda taju probleemidest. Aga tõenäoliselt tuleks verbaalse info tajumist täpsemalt edasi uurida, enne seda pole fonoloogilise silmuse ja verbaalse materjali tajumise probleemide seotust võimalik kindlamalt hinnata.

Kolmanda hüpoteesi raames eeldasin, et matemaatiliste õpiraskustega laste tulemused töömälu kesktäidesaatva komponendi testides on kehvemad kui eakohase arenguga lastel, samas ei erine nende tulemused lugemiskustega laste tulemustest. Hüpoteesi kontrollimiseks kasutasin kahte tüüpi teste.

Kahes esimeses testis tuli jätta meelde kas visuaalselt või verbaalselt esitatud stiimulid ja samal ajal mittejuhtiva käe sõrmedega koputada. Visuaalselt esitatud info meenutamises olid matemaatiliste õpiraskustega lapsed samaväärsed nii eakohase arenguga laste kui ka lugemiskustega lastega. Verbaalselt esitatud info meenutamises olid matemaatiliste õpiraskustega lapsed küll eakohase arenguga lastest kehvemad, kuid lugemiskustega lastest siiski paremad. Seega võib väita, et matemaatiliste õpiraskustega laste võime säilitada

lühiajaliselt visuaalselt esitatud infot, kui samaaegselt tuleb teha motoorselt mingit lisategevust, on kahjustamata. Samas on neil raskusi verbaalselt esitatud stiimulite meelespidamisega, kui sellega üheaegselt tuleb keskenduda ka motoorsele tegevusele.

Kahes järgnevas testis oli lisategevus seotud vaimsete manipulatsioonidega, mida tuli sooritada meeldejäetavate arvudega. Arvude tagurpidi meenutamise katse oli kognitiivses mõttes väga keeruline ja seadis kesktäidesaatvale komponendile suure koormuse, sest ülesanne eeldas meeldejäetava informatsiooni järjestuse muutmist. Selles katses olid nii matemaatiliste õpiraskustega kui lugemisraskustega lapsed eakohase arenguga lastest nõrgemad, mis ühtlasi näitab, et see katse võimaldab eristada õpiraskustega lapsi eakohase arenguga lastest kesktäidesaatva komponendi võimekuse hindamisel. Väikseimate arvude meenutamise ülesandes said kõik grupid üsna ühtlaselt madalad tulemused, ainsana eristus siin lugemisraskustega laste grupp, kes sai madalamad tulemused kui eakohase arenguga lapsed. Kõigi gruppide suhteliselt madalad tulemused annavad alust arvata, et tegemist võis olla selles vanuses laste jaoks liiga keerulise ülesandega, mis ei võimalda tuvastada gruppidevahelisi erinevusi.

Võttes kesktäidesaatva komponendi testide tulemused kokku, võib väita, et minu kolmas hüpotees leidis osaliselt kinnitust ning matemaatiliste õpiraskustega laste kesktäidesaatva komponendi funktsioneerimise tase võib sõltuda säilitatava info või lisategevuse tüübist. Motoorse lisategevuse korral on matemaatiliste õpiraskustega lapsed raskustes küll verbaalse info lühiajalise säilitamisega, kuid probleeme ei esine visuaalse info säilitamisega. See viimane tulemus on pisut vastuolus minu esimese hüpoteesi kontrollimisel saadud tulemusega, et visuaalruumilise info säilitamine töömälu on matemaatiliste õpiraskustega lastel raskendatud. Loogiliselt võiks arvata, et kui muuta lihtne visuaalruumilise info säilitamine lisategevuse näol keerulisemaks, siis peaks ülesanne veelgi enam probleeme valmistama. Kuna kõigi kolme grupi sooritused olid siin võrdsed, võib oletada, et see ülesanne oli lastevaheliste võimalike erinevuste tuvastamiseks liiga keeruline. Seetõttu ei saa välistada võimalust, et motoorse lisategevuse tingimustes on matemaatiliste õpiraskustega laste kesktäidesaatva komponendi sooritus eakohasest madalam nii verbaalse info kui ka visuaalse info säilitamisel. Olukorras, kus lisategevus kujutab endast vaimset manipuleerimist sama infoga, mida tuleb lühiajaliselt säilitada, on matemaatiliste õpiraskustega lapsed suuremates raskustes kui eakohase arenguga lapsed. Kuigi hüpotees ei leidnud kinnitust täiel määral, annab minu uuring siiski piisava aluse järeldada, et matemaatiliste õpiraskustega nagu ka lugemisraskustega laste kesktäidesaatv

komponent ei funktsioneerigi piisava tõhususega. Sarnastele tulemustele on jõutud ka teistes teoorias viidatud uuringutes (nt Geary jt, 2000; Kibby jt, 2004). Probleemid väljenduvad informatsiooni töötlemise ja säilitamise raskustes ning ebaefektiivsete strateegiatega kasutamises. Kuna kesktäidesaatva komponendi funktsiooniks on reguleerida ja hoida aktiivsena ka töömälu fonoloogilise silmuse ja visuaal-ruumilise hoidla tööd, mõjutab ebapiisav funktsioneerimine omakorda allsüsteemide talitlust.

Kesktäidesaatva komponendi üheks oluliseks funktsiooniks on kontrollida ka tähelepanu, jälgides selle aktiivsuse taset (Baddeley, 2003). Kui tähelepanu on häiritud, mõjutab see omakorda kesktäidesaatva komponendi tööd. Kuna matemaatiliste õpiraskustega laste töömälu kesktäidesaatva komponendi sooritus oli mitmeski aspektis eakohasest tasemest kehvem, siis huvitas mind, kas neil õpilastel võib olla ka probleeme tähelepanu protsessides (neljas uurimisküsimus). Tulemused näitasid matemaatiliste õpiraskustega ja eakohase arenguga laste gruppide vahel suuri erinevusi – matemaatiliste õpiraskustega lapsed olid kõikide testide sooritamisel oluliselt aeglasemad.

Tähtede kriipsutamise test näitas oskust keskenduda olulisele informatsioonile ja tähelepanu ümberlülitumise võimet. Matemaatiliste õpiraskustega laste oluliselt aeglasem sooritus annab põhjust oletada, et nende tähelepanu ümberlülitumisvõime on eakohasest arengust madalam. Geomeetriliste kujundite täitmise test eeldas oskust jagada oma tähelepanu mitmete geomeetriliste kujundite vahel ja märgistada need õigete sümbolitega. Tulemused näitasid, et matemaatiliste õpiraskustega lastele osutus see test keeruliseks. Kahjuks puuduvad mul andmed, millist strateegiat kasutasid eakohase arenguga õpilased. Enamus matemaatiliste õpiraskustega lastest valis nn järjestikuse täitmise strateegia, märkides järjest kõikide kujundite sisse soovitud märgid. Paar õpilast märkisid kujundeid liikide kaupa (nt täites esimesena kõik kolmnurgad), millest tulenevalt said nad ülesande sooritamiseks ka kiiremini hakkama. Tähelepanu fookuseerimisoskust näitasid Stroopi testi tulemused, kus matemaatiliste õpiraskustega laste reageerimisaeg testi sooritamisel oli jälle tunduvalt pikem. Mida raskemaks muutus ülesande sisu, seda raskem oli neil oma tahtelist tähelepanu vajalikule tunnusele kontsentreerida.

Tulemustest võib järeldada, et matemaatiliste õpiraskustega lastel esineb probleeme ka tähelepanu protsessides: ümberlülitumises, jagamises ja fookuseerimises. See on ühtlasi vastus minu neljandale uurimisküsimusele – kuna kõik need tähelepanu omadused on tihedas seoses töömälu kesktäidesaatva komponendiga (nt Repovš & Baddely, 2006), viivad puudujäägid

tähelepanus töötlustaseme alla ka töömälu kesktäidesaatvas komponendis ning arvatavasti pole õige väita, et matemaatiliste õpiraskustega laste raskused on seotud vaid töömäluga.

Käesoleva uuringu tulemusel jõudsin järeldusele, et matemaatiliste õpiraskustega laste töömälu kõik kolm komponenti funktsioneerivad eakohasest tasemest kehvemini, mida eelnevalt läbi viidud uuringutele toetudes ka eeldasin. Pean oma töö tugevaks küljeks seda, et lisaks töömälule uurisin ka samade laste taju ja tähelepanu funktsioneerimist, sest informatsiooni säilitamise raskused võivad tuleneda probleemidest visuaalses või fonoloogilises tajus ja tähelepanuprotsessides. Kuna matemaatiliste õpiraskustega lastel oli raskusi nii taju kui tähelepanu ülesannetes, võib järeldada, et kuigi töömälu sooritus on eakohasest nõrgem, ei pruugi töömälu probleemid olla matemaatika omandamise raskuste tekkes nii kesksel kohal, kui seniste uuringute põhjal väidetud, vaid et oluline roll on siin ka teistel tunnetusprotsessidel. Täpsustamaks töömälu osa matemaatika omandamise raskustes, tuleks minu arvates läbi viia veelgi põhjalikumaid uuringuid. Tõenäoliselt tuleks kasutada sellist uuringu disaini, kus taju ja tähelepanu probleemide mõju on kontrollitud ning seeläbi saab hinnata puhtalt töömälu sooritust.

Edasi analüüsin töömälu kõikide komponentide sooritusi matemaatiliste õpiraskuste ja lugemisraskustega laste võrdluses. Tulemused on mitmeski mõttes üllatavalt sarnased. Mõlematele gruppidele valmistas raskusi visuaal-ruumilise informatsiooni töötlemine ja säilitamine. Üllatav on see, et lugemisraskustega laste tulemused on samaväärsed matemaatiliste õpiraskustega lastega, sest mitmed uuringud (nt Kibby jt, 2004; Palts, 2008; Tamm, 2007; Vaimann, 2008) on leidnud, et lugemisraskustega laste visuaal-ruumilise komponendi häiritus on minimaalne. Mõlemat tüüpi õpiraskustega lastel on häiritud ka fonoloogilise silmuse töö. Tulemused näitasid gruppide vahel küll samaväärseid sooritusi, kuid keskväärtusi vaadates võib arvata, et lugemisraskustega lastel on verbaalse informatsiooni säilitamise raskused pisut tõsisemad.

Matemaatiliste õpiraskustega ja lugemisraskustega lastel on info lühiajaline säilitamine eakaaslastest keerulisem ülesannetes, mis nõuavad mitme tegevuse üheaegset sooritust. Paistab, et õpiraskustega laste töömälu kesktäidesaatva komponendi funktsioneerimise tase sõltub säilitatava informatsiooni või lisategevuse tüübist. Olukorras, kus lapsed peavad sooritama mingit motoorset tegevust, on mõlemal grupil raske lühiajaliselt säilitada just verbaalset infot, kusjuures eriti suurtes raskustes on lugemisraskustega lapsed. Visuaal-ruumilise info lühiajalisel säilitamisel olid mõlemad õpiraskustega laste rühmad eakohase arenguga lastega võrdsel tasemel,

kuid selline tulemus ei pruugi olla üheselt seotud mõõtmisvahendi keerukusega. Kuid õppetegevuses võib mõlemale õpiraskustega laste grupile tekitada probleeme info samaaegne säilitamine ja sellega mingite vaimsete operatsioonide sooritamise, nt peast arvutamine või lugemine ja loetu meeldejätmise. Antud tulemused viitavad kesktäidesaatva komponendi häiritusele nii matemaatiliste kui lugemisraskustega lastel, mida võis eeldada ka varasematele uuringutele tuginedes. Kuna kesktäidesaatva komponendi ülesandeks on ka töödelda ja aktiveerida pikaajalisest mälestusest saadavat informatsiooni, siis tuleks õpitava materjali meeldejätmise soodustamiseks õpetada lastele ka erinevate mälustrateegiatega ja lahendusstrateegiatega kasutamist. Kindlasti ei tohiks unustada sedagi, et algklasside õpilased eelistavad väiksemahulist tööd ja kohest tagasisidet ning tegevuse ja kasutatud strateegiatega analüüsi.

Üllatav oli, et kahe õpiraskustega laste grupi sooritused olid fonoloogilise silmuse ja visuaal-ruumilise hoidla funktsioneerimist mõõtvates ülesannetes väga sarnased. Kirjandusele toetudes eeldasin, et matemaatiliste õpiraskustega laste visuaal-ruumilise töömälu võimekus on lugemisraskustega lastest kehvem ning verbaalse lühimälu sooritus parem, kuid minu uuringu põhjal olid vastavad sooritused võrdsed. Üks võimalik põhjus on seotud laste valikuga gruppidesse – nimelt võis matemaatiliste õpiraskustega laste valimisse sattuda õpilasi, kes olid küll nõrgemad matemaatikas, kuid probleeme valmistas ka lugemine ja õpetajad ei osanud sellele täpsemat tähelepanu pöörata. Samuti on võimalik, et lugemisraskustega laste hulgas oli neid, kellele valmistas raskusi ka matemaatika. See, et valiku kriteeriumina ei õnnestunud lähtuda välja pandud spetsiifiliste õpiraskuste diagnoosidest, on ühtlasi minu töö nõrk külge.

Nõustun Tröneri (2009) arvamusega, et kuigi matemaatika õpetamisele kulutatakse kolmandik õppeajast, on matemaatika õppimise raskuste identifitseerimisele ja korrigeerimisele pööratud liiga vähe tähelepanu ja probleemi pole uuritud piisavalt. Nt Eestis puuduvad siiani usaldusväärsed empiirilised uuringud matemaatiliste õpiraskustega laste probleemidest. Leian, et minu magistr töö aitab enam teadvustada käsitletud teema olulisust ning annab alust edasisteks uuringuteks.

Kasutatud kirjandus


- Adams, J. W. (2007). Individual differences in mathematical ability: genetic, cognitive and behavioural factors. *Journal of Research in Special Educational Needs* Vol. 7. Number 2. pp. 97–103.
- Allik, J., Rauk, M. (toim). (2002). *Psühholoogia gümnaasiumile*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Alloway, T. P. (2008). Effective screening tools for children with working memory impairments. http://www.iaea2008.cambridgeassessment.org.uk/ca/digitalAssets/180446_Alloway.pdf (14.12.2009).
- Aru, J., Bachmann, T. (2009). *Tähelepanu ja teadvus*. Tallinn: Tänapäev.
- Baddely, A. (1996). The fractionation of working memory. *Memory: Recording Experience in Cells and Circuits. National Academy on Sciences* Vol. 93, pp.13468–13472.
- Baddeley, A. (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward; *Nature Reviews/Neuroscience* Vol. 4, October.
- Bachmann, T., Maruste, R. (2003). *Psühholoogia alused*. Tallinn: Kirjastus Ilo.
- Bull, R., Johnston, R., Roy, J. (1999). Exploring the Roles of the Visual-Spatial Sketch Pad and Central Executive in Children's Arithmetical Skills: Views From Cognition and Developmental Neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15(3), pp. 421–442.
- Butterworth, G., Harris, M. (2002). *Arengupsühholoogia alused*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103 pp. 186–201.
- Dockrell, J.; McShane, J. (1995). *Children's Learning Difficulties. A Cognitive Approach*. Blackwell Publishers.
- Eysenck, M. W., Keane, M. T. (1990). *Cognitive Psychology. A Students Handbook*. UK: Psychology Press Ltd.

- Finnane, M. (2008). Addressing Verbal Memory Weaknesses to Assist Students with Mathematical Learning Difficulties. <http://www.merga.net.au/documents/RP202008.pdf> (15.01.2010).
- Gardner, P., Rush, P. H., Arnaud N. P. (s.a.). *Appleford school*. Dyscalculia. http://www.drpetergardner.org.uk/PDF/DYSCALCULIA_FCHST.pdf (12.12.2009).
- Gathercole, S. E., Susan J. Pickering, S. J., Ambridge, B., Wearing, H. (2004). The Structure of Working Memory From 4 to 15 Years of Age. *Developmental Psychology*, Vol. 40, No. 2, pp. 177–190.
- Geary, C. D., Hamson, C. O., Hoard, M. K. (2000). Numerical and Arithmetical Cognition: A Longitudinal Study of Process and Concept Deficits in Children with Learning Disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, pp. 236–263.
- Geary, C. D. (2003). Learning Disabilities in Arithmetic: Problem-Solving Differences and Cognitive Deficits. Reprinted from Handbook of Learning Disabilities, edited by H. Lee Swanson, Karen R. Harris & Steve Graham, Copyright 2003 by The Guilford Press., 72 Spring Street, New York, NY 10012.
- Geary, C. D., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Experimental Child Psychology*, 88, pp. 121–151.
- Geary, C. D., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., Numtee, C. (2007). Cognitive Mechanisms Underlying Achievement Deficits in Children With Mathematical Learning Disability. *Child Development*, Vol. 78, Number 4, pp. 1343–1359.
- Gifford, S. (2005). Young children's difficulties in learning mathematics. Review of research in relation to dyscalculia. http://www.qcda.gov.uk/libraryAssets/media/mathematics_report.pdf (08.01.2010).
- Hallahan, D. P., Kauffman, J. M., Lloyd, J. W. (1996). *Introduction to Learning Difficulties*. Allyn & Bacon.
- Hitch, G. J., McAuley, E. (1991). Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *British Journal of Psychological Society*, 82, pp. 375–386.

- Holms, J., Adams, J. W., Hamilton, C. J. (2008). The relationship between visuospatial sketchpad capacity and children's mathematical skills. *European Journal of Cognitive psychology*, 20 (2), pp. 272–289.
- Häidkind, P., Kuusik, Ü. (2006). *Koolieelse lasteasutuse riikliku õppkava üldosa* 19. peatükk (täiendatud variant). Arenguliste erivajadustega lapsed. <http://www.ut.ee/curriculum/orb.aw/class=file/action=preview/id=155580/AEVosa21.03.06.pdf> (15.01.2010)
- Imbo, I., Vandierendonck, A. (2007). The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, pp. 284–309.
- Kail, R., Hall, L. K. (2001). Distinguishing short-term memory from working memory. *Memory & Cognition*, 29 (1), pp. 1–9.
- Karlep, K. (1999). *Emakeele abiõpe I*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Karlep, K. (2003). *Kõnearendus. Emakeele abiõpe II*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Karlep, K. (2005). Lev Vögotski ideede aktuaalsus tänapäeval. *Haridus*, 8, (30–35).
- Kibby, M. Y., Marks, W., Morgan, S., Long, C. J. (2004). Specific Impairment in Developmental Reading Disabilities: A Working Memory Approach. *Journal of Learning Disabilities* Vol 37, 4. Juli/August, pages 349–363.
- Kikas, E. (toim). (2008). *Õppimine ja õpetamine koolieelses eas*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Kivipõld, H. (2002). Lugemis- ja kirjutamisoskuse eelduste kujundamisest. *Eripedagoogika*, 3, (68–72).
- Kuresoo, K. (2006). *Töömälu kesktäidesaatva süsteemi testide sooritamine lugemiskustega ja eakohase lugemistasemega lastel*. TÜ. Eripedagoogika osakonna publitseerimata seminaritöö II.
- Kuzenkova, N. (2006). *Lugemiskustega laste töömälu sooritus kesk-täidesaatva komponendi testides*. TÜ. Eripedagoogika osakonna publitseerimata bakalaureusetöö.
- Krull, E. (2000). *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu Ülikooli Kirjastus.

- Lemaire, P., Siegler, R. S. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 83–97.
- Lemaire, P., Abdi, H., Fayol, M. (1996). The Role of Working Memory Resources in Simple Cognitive Arithmetic. *European Journal of cognitive psychology*, 8, (1), pp. 73–103.
- Lerikkanen, M.-K. (2007). *Lugema õppimine ja õpetamine alus- ja algõpetuses*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W (2004). *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press.
- Leppik, P. (1996). *Õppimine on huvitav*. Tallinn.
- Leppik, P. (2000). *Lapse arendamine ja õpetamise probleeme koolis*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Liivamägi, J. (toim). (2006). *Laste ja noortepsühhiaatria*. AS: Medicina.
- Lindgren, H-C., Suter, W-N. (1994). *Pedagoogiline psühholoogia koolipraktikas*. Tartu: OÜ Greif.
- Logie, R. H. (1995) Visuo-spatial Working Memory. *Department of Psychology University of Aberdeen Aberdeen, UK* AWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, PUBLISHERS Hove (UK) Hillsdale (USA).
- Maila, M. (2005). *Matemaatiliste oskuste tegevusliku aluse omandatus I klassi õpilastel*. TÜ. Eripedagoogika osakonna magistritöö.
- McLean, J. F., Hitch, G. J. (1999). Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, pp. 240–260.
- Mutso, I. (1998). *Matemaatika tugiõppe vajalikkus tavakoolis. Teooriast praktikasse: Matemaatika. Eripedagoogika*.
- Mutso, I. (2009). *Loov lähenemine matemaatika õppimisele ja õpetamisele*. Veisson, M. (Toim). *Lapsevanematele erivajadustega lastest II osa*. Tartu: Atlex.
- Männamaa, M. (2000). *Kaufmani testipatarei lastele (K-ABC). Ülevaade testist ja pilootuuringu tulemused*. TÜ Psühholoogia osakonna magistritöö.

- Männamäe, M. (2004). Lääne - Virumaa Kutsekõrgkool. Sotsiaaltöö õppesuuna loeng: Eripedagoogika. (käsimaterjal).
- Neare, V. (1998). I, II ja III klassi õpilaste oskused matemaatikas. Teooriast praktikasse: Matemaatika. *Eripedagoogika*.
- Neare, V., Saliste, V. (1997). Õpetajale õpiraskustega lastest. *Põhikooli I aste I osa*. (44–53). Tallinn.
- Noor, E. (1998). *Matemaatika I-II klassis. Õpetajaraamat*. Tln: Koolibri.
- Offord, M. (2007). Visual Perception Disorder in Children.
http://www.educcomp.co.nz/ftp/Visual_Perception_Disorders.pdf (03.01.2010).
- Padrik, M., Hallap, M. (2008). *Lapse kõne arendamine*. Taru Ülikooli Kirjastus.
- Palts, K. (2008). Töömälu ja lugemisraskused. (Toim). Padrik, M., Palts, K., Häidkind, P. *Eripedagoogika. Teadus ja praktika 2008*. Konverentsi teesid.
- Palu (2008). Matemaatika. (Toim). Kikas, E. (toim). *Õppimine ja õpetamine koolieelses eas*. (322–333). Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Passolunghi, M. C., Siegel, L. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Experimental Child Psychology*, 88, pp. 348–367.
- Pezzulo, G. (2007). Automatic and Willed Control of Action.
http://www.istc.cnr.it/doc/1a_20070514155638t_automatic_willed.pdf (15.01.2010).
- Pickering, S. J., Gathercole, S. E., Hall, M., Lloyd, S. L. (2001). Development of memory for pattern and path: Further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *THE QUARTERLY JOURNAL OF EXPERIMENTAL PSYCHOLOGY*, 54A (2), pp. 397–420.
- Plado, K. (1993). Mõtteid õpilasabist kirjutamisraskustega lastele üldkoolis. *EV laste õpetamine ja areng*. Konverentsi materjale.
- Psüühika- ja käitumishäirete klassifikatsioon RHK-10 (1995). *Psüühilise arengu spetsiifilised häired F80-F89*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Quinn, J. G., McConnell, J. (1996). Irrelevant Pictures in Visual Working Memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A (1), pp. 200–215.

- Repovš, G., Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience* 139, pp. 5–21.
- Семаго, Н. Я., Семаго, М. М. (2003). *Исследование особенностей развития познавательной сферы детей дошкольного и младшего школьного возраста*. Москва: АРКТИ.
- Shuele, M. (2006). *Getting children ready to read through phonological awareness instruction and intervention*. Present at the Kentucky Speech-Language – Hearing Association Convention, February 2006 – Louisville, KY.
- Strauss, E., Sherman, M. S., Spreen, O. (2006). *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary*, Third Edition. Oxford University Press.
- Tamm, T. (2007). *Töömälu funktsioneerimine 3. klassi lastel*. TÜ. Eripedagoogika osakonna publitseerimata bakalaureusetöö.
- Toomela, A. (1999). *Ülevaade psühholoogiast I*. Kirjastus Koolibri.
- Tröner, I. (2009). Matemaatika võim. *Haridus*, 3–4, (34–37). 
- Tulving, E. (2002). *Mälu*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Uljas, J., Rumberg, T. (2002). *Psühholoogia gümnaasiumiõpik*. Kirjastus: Koolibri.
- Vaimann, A. (2008). *Töömälu visuaal-ruumilise komponendi ja visuaalse taju testide sooritamine lugemisraskustega ja eakohase lugemistasega lastel*. TÜ. Eripedagoogika osakonna publitseerimata bakalaureusetöö.
- Viitar, E. (1996). Matemaatiliste elementaarskuste omandamisraskused. *Töid eripedagoogikast XIV*, (73–90). Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Viitar, E. (1998). Matemaatika algkursuse omandamise jõukohasus ja jõukohastamine. (toim). Karlep, K., Kõrgesaar, J. *Hariduslikud erivajadused* 98. Konverentsi materjalid.
- Witt, M. (2006). Do different mathematical operations involve different components of the working memory model? *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 26(3).
<http://www.bsrlm.org.uk/IPs/ip26-3/BSRLM-IP-26-3-12.pdf> (12.12.2009)

LISAD

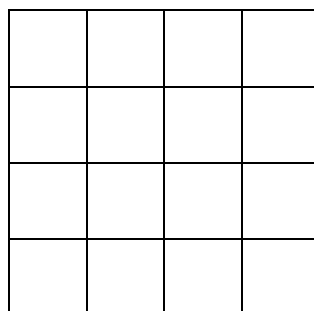
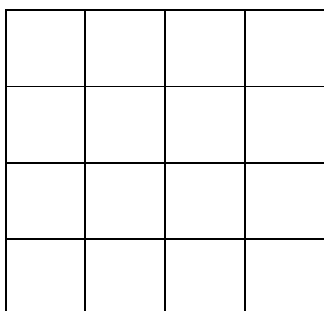
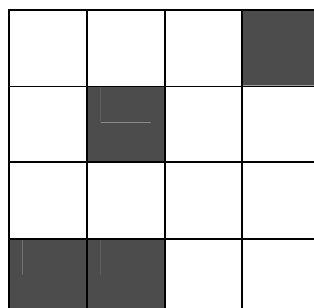
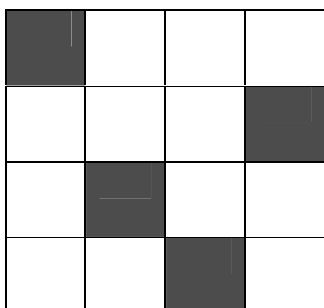
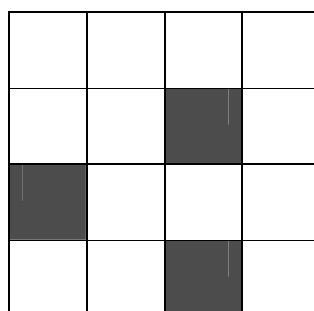
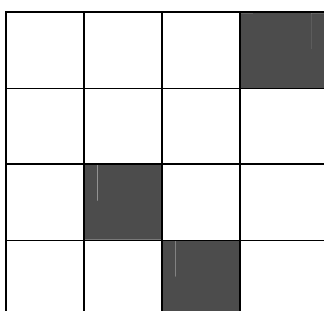
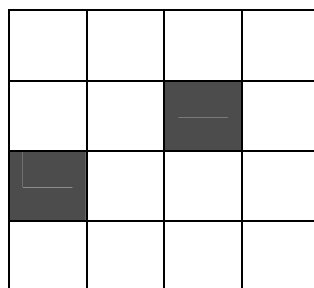
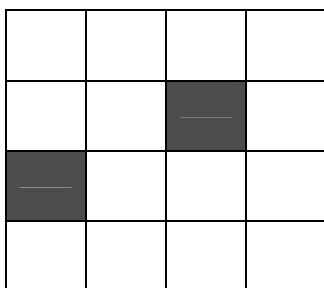
Lisa 1

Kasutatud testimaterjalid

Töömälu visuaal – ruumilise hoidla test

Siin on ruudustik, milles mõned ruudud on värvitud. Vaata ja jäta meelde, millised ruudud on värvitud. Kui ma lehte keeran, siis tee siin ruudustikus ristid neisse ruutudesse, mis olid värvitud.

Näited esimestest raskusastmetest ja uuritava poolt täidetavatest ruudustikest



Lisa 2

Töömälu fonoloogilise silmuse testid (verbaalne mälu)

Ütlen sulle sõnu. Kuula hoolega ja jäta need meelde samas järjekorras. Minu märguande peale üttele need sõnad täpselt samas järjekorras, nagu kuulsid. Ma noogutan sulle märguandeks.

Lühike sarnane span

- (2) sepp – lipp
- (2) tass – buss
- (3) savi – kivi – tuvi
- (3) male – kole – tule
- (4) rott – kütt – latt – pett
- (4) keel – mees – need – seen
- (5) lukk – pakk – hekk – tikk – sokk
- (5) puud – suur – kuul – tuus – muud
- (6) tuli – kali – neli – voli – tali – süli
- (6) meri – vari – tiri – kõri – pori – nüri

Pikk erinev span

- (2) klammerdun - punastan
- (2) kummitus – kaheksa
- (3) uhkustan – parandan – küsitlen
- (3) eestlane - labidas – harjutus
- (4) poliitik – vitamiin – kuristik – õnnetus
- (4) valgustan – ühendan – pommitan – talvitun
- (5) supleja – nikerdis – portselan – moosekant – pääsuke
- (5) pilgutan – hallitan – käristan – purelen – looderdan
- (6) helendan – painutan – prigisen – tunnistan – kallutan – hääletan
- (6) elevant – maasikas – ülikond – purjekas – magaja – vastane

Lühike erinev *span*

- (2) laev – komm
- (2) mesi – palm
- (3) savi – raha – lend
- (3) korv – leek – kilu
- (4) jõud – nina – supp – talv
- (4) lagi – mets – rool – kasu
- (5) lipp – saun – roos – karu – vili
- (5) süda – tass – reis – kaal – orav
- (6) kell – vari – laul – niit – saba – uisk
- (6) nööp – musi – rong – lehm – päev – loss

Pikk sarnane *span*

- (2) kohtusin – jahtusin
- (2) kutsikas – ritsikas
- (3) liiklevad – nääklevad – looklevad
- (3) hammustas – rammestus – hämmastus
- (4) võitsime – köitsime – täitsime – peitsime
- (4) haakides – muukides – röökides – pookides
- (5) kehtinud – juhtinud – vahtinud - tohtinud - sihtinud
- (5) lappajad – hüppajad – näppajad – kappajad – lippajad
- (6) tuiskama – paiskama – heiskama – hõiskama – luiskama – seiskama
- (6) kilkasid – vilkusid – kelkisid – pilkasid – mõlkusid – hulkusid

Lisa 3

Kesktäidesaatva komponendi testid**Tagurpidi arvude meenutamise ülesanne**

Kuula, ütlen sulle numbreid, jäta need meelde ja ütle tagurpidi järjekorras.

- (2) 5 - 1
 (2) 3 - 7
 (3) 9 - 1 - 8
 (3) 6 - 2 - 9
 (4) 9 - 7 - 1 - 3
 (4) 3 - 9 - 8 - 6
 (5) 5 - 9 - 6 - 8 - 1
 (5) 2 - 1 - 8 - 9 - 3
 (6) 9 - 5 - 7 - 4 - 3 - 8
 (6) 1 - 9 - 3 - 7 - 4 - 2
 (7) 6 - 9 - 4 - 2 - 7 - 3 - 1
 (7) 5 - 8 - 4 - 2 - 1 - 9 - 6

Väikseima arvu meenutamise ülesanne

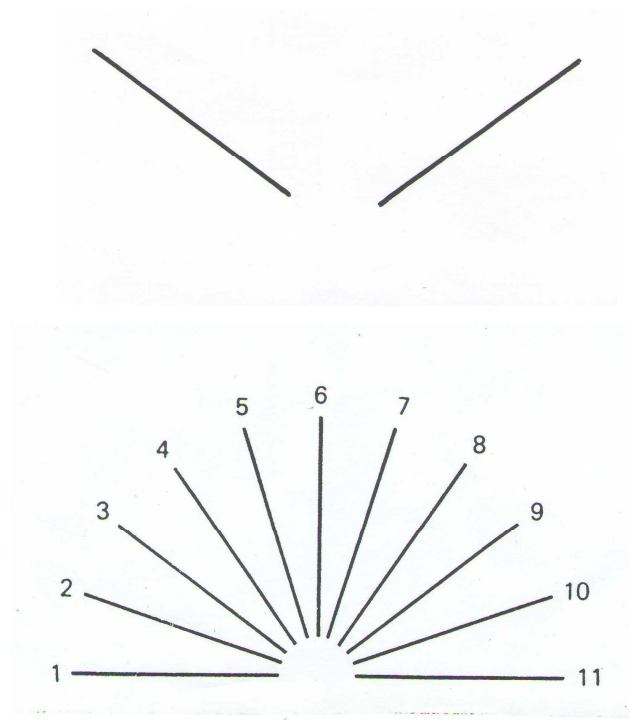
Näitan sulle kaarte, millele on trükitud kolm arvu. Sina nimeta need arvud ja ütle, milline neist on kõige väiksem ning see kõige väiksem jäta meelde. Järgmise kaardiga samuti. Kui ma küsin, siis ütle mulle kõik väiksemad arvud järjekorras.

- | | | | | | | | |
|------|-----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|
| (1) | 6 | 30 | 51 | (2) | 14 | 29 | 66 |
| (3) | 17 | 28 | 58 | (4) | 27 | 61 | 14 |
| (5) | 31 | 50 | 10 | (6) | 1 | 27 | 47 |
| (7) | 15 | 28 | 60 | (8) | 7 | 64 | 32 |
| (9) | 20 | 53 | 29 | (10) | 38 | 62 | 9 |
| (11) | 48 | 16 | 27 | (12) | 51 | 5 | 38 |
| (13) | 44 | 12 | 63 | (14) | 35 | 1 | 49 |
| (15) | 38 | 50 | 13 | (16) | 2 | 27 | 58 |
| (17) | 45 | 4 | 23 | (18) | 31 | 10 | 55 |
| (19) | 61 | 36 | 21 | (20) | 3 | 30 | 48 |

Lisa 4

Visuaalse taju test**Joonte orientatsiooni katse**

Vaata, siin on erinevad jooned ja iga joon on tähistatud ühe numbriga. Siin on 2 joont. Mis number joontega sarnanevad need 2 joont?



- | | | | | | |
|-----|--------|------|--------|------|--------|
| (1) | 8 – 11 | (6) | 1 – 5 | (11) | 4 – 8 |
| (2) | 2 – 4 | (7) | 4 – 6 | (12) | 7 – 8 |
| (3) | 2 – 9 | (8) | 3 – 7 | (13) | 8 – 3 |
| (4) | 7 – 9 | (9) | 9 – 7 | (14) | 5 – 3 |
| (5) | 9 – 3 | (10) | 10 – 5 | (15) | 5 – 10 |

Lisa 5**Fonoloogilise taju test**

Kuula ja korda täpselt minu järgi!

puri – puuri (3) - puuri (2)
 kommi (2) – komi – kommi (3)
 teki – tegi – tegi
 kooli (3) – kooli (2) – koli
 kaalu (2) – kaalu (3) – kalu
 sussi (3) – susi – sussi (3)
 kabi – kapi – kappi
 viili (2) - vili – viili (3)
 katte – kate – kade
 pani – panni (3) - panni (2)
 leba – leppa – lepa
 kääru (3) – kääru (2) - käru
 mesi – messi (2) – mesi
 põlle (2) – põlle (2) – põle
 tikku – tiku – tigu
 veeri (3) – veri – veeri (2)
 soti – sodi – sotti
 nari – narri (2) – narri (3)
 lakki – laki – laki
 kiili (3) – kiili (2) – kiili (3)

Fonoloogilise teadlikkuse test

Ütlen sulle sõna. Kuidas kõlaks see sõna siis, kui võtta ära esimene häälik ja tõsta see hoopis viimseks?

lumi → umil	hari → arih	luik → uikl
ema → mae	kool → oolk	orav → ravo
serv → ervs	särin → ärins	oda → dao
kann → annk	aru → rua	lamp → ampl
seep → eeps	meie → eiem	kaua → auak
koer → eork	sall → alls	ratas → atasr

Lisa 6

Tähelepanu testid

Tähtede läbikriipsutamise test

*Siin on erinevad tähed. I Kriipsuta läbi kõik E tähed. Ole tähelepanelik ja tee nii kiiresti kui saad.
II Nüüd kriipsuta läbi kõik C tähed nii kiiresti kui saad.*

I. Näide esimesest reast, kokku on testis kolm rida erinevaid tähti

B E I F H E H F E G I C H E I C B D A C H F B E D A C D A F C I H C

II. Näide esimesest reast, kokku on testis kolm rida erinevaid tähti

C D G A C H E F B C A F E A B F C H D E F C G A C B E D C F A H

Geomeetriliste kujundite täitmise test

Siin on erinevad kujundid. Sina tee selliste kujundite sisse niisugune märk (näitan), selliste kujundite sisse niisugune märk, selliste sisse niisugune märk ja sellised kujundid jäta tühjaks. Ole tähelepanelik ja tee nii kiiresti kui saad.

