

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**Az előhívásos tanulás szerepe az egyetemi  
matematikaoktatásban**

Lampé-Muzsnay Anna

Témavezető: Dr. Szabó Csaba



**DEBRECENI EGYETEM**

Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2024

## **A doktori értekezés előzményei és célkitűzései**

A disszertáció az előhívásos tanulás egyetemi matematikaoktatásban való alkalmazhatóságát, annak hatékonyságát vizsgálja. A témaválasztásban jelentős szerepet játszott az az általános tapasztalat, miszerint a diákok túlnyomó többsége a megszerzett tudás jelentős részét rövid időn belül elfelejti. Az egyetemi hallgatók meghatározó része olyan tanulási stratégiákat alkalmaz, mint például a vizsga előtti tömbösített tanulás, amelyekkel bár rövidtávú sikereket el lehet érni, tartós tudást annál kevésbé. Ez nagy problémát jelent a matematika tanulása esetén is, ahol az alapvető ismeretek hosszútávú memóriába való rögzítése, onnan történő előhívása kulcsfontosságú (Hopkins és mtsai, 2016). A felsőoktatásban matematikát tanuló hallgatók közül kiemelt jelentőséggel bír a matematika tanárszakos hallgatók matematikaoktatása. A matematikatanároknak nap mint nap kell a matematika tudásukat használni, elmagyarázni a tanulóknak a különböző matematikai fogalmakat és eljárásokat (Ma, 2020). A matematika tanárszakos hallgatók oktatásakor éppen ezért célszerű lehet az egyes kurzusokba olyan tanítási-tanulási stratégiákat beépíteni, amelyek elősegítik a megértést és megakadályozzák a felejtést. A hosszútávú tudás kialakításának egy lehetséges eszköze az előhívásos tanulás vagy más néven teszteléses tanulás. Az előhívásos tanulás elnevezés az előhívást előidéző tanulási módszereket foglalja magában (Karpicke és Grimaldi, 2012). Előhívás alatt a tárolt emlékek memóriából történő

visszakeresését, felidézését, valamilyen formában történő felhasználását értjük. Az információ előhívása mentális erőfeszítést igényel. Ezen erőfeszítés révén történik a tanulás. Előhívási hatásnak, vagy más néven tesztelési hatásnak nevezzük azt a jelenséget, amikor a rövidtávú vagy a hosszútávú memóriából történő felidézés megváltoztatja, erősíti az egyén emlékezetét a visszakeresett információval kapcsolatban (Rowland, 2014).

Az előhívásos tanulás az utóbbi húsz évben került a kognitív pszichológia és a kognitív idegtudományok központi kutatási témájává. Az elmúlt két évtizedben számos tanulmány kimutatta, hogy az információ emlékezetből történő aktív felidézésével hosszabbtávú tudásra tehetünk szert, mint az anyag újraolvasásával (Rowland, 2014). Az előhívásos tanulás más, nem előhíváson alapuló tanulási módszerekkel szembeni előnyét több kísérletben kimutatták. Egy kezdeti tanulási fázist követően az előhívásos módon megtanult információra a kísérleti alanyok lényegesen jobban emlékeztek, mint például a másolással (Carpenter és mtsai., 2015), vagy újraolvasással megtanult információra (Rowland, 2014; Roediger, Putnam, és Smith 2011). Az előhívásos tanulás hatékonyabbnak bizonyult az „önmagunknak magyarázással” (Larsen és mtsai, 2013) vagy az információ új módon történő szervezésével, gondolat-térképekkel történő tanulással szemben is (Karpicke és Blunt, 2011).

Az előhívásos tanulás több területen bizonyítottan hatékony tanulási módszer (Dunlosky és mtsai, 2013; Adeniji és Baker, 2023; Donoghue és Hattie, 2021). A módszer sikeresnek bizonyult szövegek memorizálásánál (Roediger és Karpicke, 2006) és idegen szavak tanulásánál (Keresztes és mtsai, 2014). Emellett hatékony tanulási módszer az általános ismereteket tartalmazó tények, vizuális vagy térbeli információkat tartalmazó tananyagok tanulása esetén (Carpenter és mtsai., 2007) és készségek tanulása esetén is (Donoghue és Hattie, 2021; Rowland, 2014).

Az előhívásos tanulással kapcsolatos kísérletek legnagyobb részét laboratóriumban végezték (Butler, Karpicke, és Roediger, 2007). Ezen kísérletek többsége azt vizsgálta, hogy egy adott szövegre melyik tanulási módszerrel emlékeztek legjobban a diákok. Az előhívási hatást vizsgáló kísérletek jóval kisebb részét teszik ki az olyan kutatások, amelyek nem laboratóriumi körülmények között, hanem valódi iskolákban, egyetemeken, valós iskolai körülmények között és hosszabb távon vizsgálták az előhívási hatást (Rawson és mtsai, 2018). Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy valós oktatási környezetben is hatékony eszköze lehet a tanulásnak az előhívásos tanulás (Dunlosky és mtsai, 2013).

Felmerül a kérdés, hogy az előhívásos tanulás hatékony tanítási-tanulási módszer-e a matematika tanulása esetén. Valós matematikaoktatási környezetben, különösen a felsőfokú matematika tanulásában az

előhívásos tanulás egy kevésbé vizsgált kutatási téma. További alkalmazott kutatásra van szükség a tesztelés matematikaoktatásba való beépítésével kapcsolatban (Agarwal és mtsai, 2021).

Dolgozatom célja az előhívásos tanulás alkalmazhatóságának és hatékonyságának vizsgálata az egyetemi matematikaoktatásban. Dolgozatomban az előhívási hatáson alapuló tanulás egy formáját, annak közép- és hosszútávú hatását követem nyomon matematika tanárszakos hallgatóknak szóló Algebra és Számelmélet kurzusok keretein belül. Az egyetemi algebra kurzusok és számelmélet kurzusok óriási szerepet játszanak a hallgatók absztrakciós képességének fejlesztésében, a matematika és a természettudományok különböző részein belüli kapcsolatok kialakításában, valamint a fogalmak mélyebb megértésében. Számos tanulmány kimutatta, hogy a tanulóknak nehézséget okoz az absztrakt algebra elsajátítása (Veith és mtsai, 2022; Agustyaningrun és mtsai, 2021; Wasserman, 2018). Még ha a diákok át is mennek a vizsgán, később nehezen emlékeznek a tanultakra. Dolgozatom célja megvizsgálni, hogy a folyamatos előhívás segíti-e megértést és a hosszútávú tudás kialakítását az absztrakt matematika terén. Az előhívásos tanulási módszert a hagyományos oktatással szemben és a kidolgozott példák mutatása módszerrel szemben vizsgálom. A kidolgozott példák mutatása módszer alatt *„egy feladat elvégzésének vagy egy probléma megoldásának lépésről lépésre történő bemutatását”* értjük (Clark, Nguyen és Sweller, 2006, 190. o.).

## **Az értekezés új tudományos eredményei, következtetések**

Dolgozatom három, az előhívásos tanulással kapcsolatos publikáción alapszik, az ezekben leírt eredményeket fejtem ki részletesen (Szabó és mtsai, 2023; Muzsnay és mtsai, 2024; Muzsnay és mtsai, bíráló alatt).

Az első kutatásban egyrészt azt vizsgáltuk, hogy kimutatható-e az előhívási hatás a hagyományos oktatással szemben komplex matematika feladatok, számelmélet feladatok megoldási eljárásának tanulása során elsőéves matematika tanárszakos hallgatók körében. A kísérletet egy tényleges oktatási környezetben – egyetemi számelmélet kurzuson – végeztük el komplex, magas szintű matematika tananyag felhasználásával. A kísérlet résztvevői a kurzusra beiratkozó tanárszakos hallgatók voltak.

A szakirodalom alapján nem egyértelmű, hogy egyetemi matematika tanulása esetén kimutatható-e az előhívási hatás. Komplex anyagoknál, feladatoknál és következtetési képességet igénylő feladatoknál volt amikor kimutatható volt az előhívási hatás (Eglinton és Kang, 2018; Smith és Karpicke, 2013) és vannak olyan kísérletek is, ahol nem volt kimutatható (Tran és mtsai, 2015; Leahy és mtsai, 2015). A saját eredményeink azt mutatják, hogy az előhívásos tanulás jelentős előnnyel rendelkezik a komplex, matematikai problémák megoldása esetén is.

Kísérletünkben a kísérleti csoport és a kontrollcsoport tanulási folyamata szinkronban volt egymással: a két csoport ugyanazokkal a fogalmakkal,

ugyanazokkal a tételekkel és pontosan ugyanazokkal a feladatokkal ismerkedett meg a félév során. A két csoport viszont különböző kezelést kapott 13 héten át a gyakorlati órákon: a kontrollcsoport a gyakorlati órák elején írt egy rövid tesztet az előző heti elmélet anyaghoz kapcsolódóan, ahogyan az ezen a tárgyon hagyományosan szokás. A kísérleti csoportnál a teszt az óra végén volt, az aznapi gyakorlat anyagához kapcsolódóan. Az óra végi tesztek alkalmával a diákoknak a gyakorlat során megoldott feladatokhoz hasonló feladatokat kellett megoldaniuk, fel kellett idézniük az aznap tanultakat. Az óra végi teszt két feladtból állt, amit a kísérleti csoport tagjainak egyénileg, segítség nélkül kellett megoldaniuk.

A kísérlet résztvevői a félév elején írtak egy tesztet, amely az aktuális matematikai tudásukat, kompetenciájukat célozta felmérni. Ez a teszt egyfajta viszonyítási pontként, bemeneti tesztként szolgált a kísérletben. A kezelés végén – a szemeszter 13. hetében – pedig írtak egy, a számelmélet tananyaghoz kapcsolódó dolgozatot. A félévvégi dolgozaton a kísérleti csoport szignifikánsan jobban szerepelt, ugyanakkor a félév elején ez a csoport rosszabb eredményt ért el a bemeneti teszten. **Az előhívásos módszerrel tanuló diákok a félévvégi dolgozaton jobb eredményt értek el, mint a hagyományos módon tanuló társaik, azaz kimutatható volt az előhívási hatás középtávon komplex matematika feladatok, számelmélet feladatok megoldási eljárásának tanulása során a hagyományos oktatással szemben. A**

kutatásban továbbá megvizsgáltuk, hogy vajon az előhívási hatás egyéni különbségektől függetlenül kimutatható-e komplex matematika feladatok esetében. A szintfelmérő bemeneti teszt alapján a diákokat átlag alatti, átlagos és átlagon felüli képességű csoportokra osztottuk. **A tesztelési hatás mind az átlag alatti, átlagos és átlagon felüli képességű csoportokban megfigyelhető volt, egyéni matematikai kompetenciától függetlenül kimutatható volt.**

A második kutatásban azt vizsgáltuk, hogy vajon hosszútávon is megmutatkozik-e az első kísérletben leírt előhívásos módszer pozitív hatása. A kísérletet egyetemi számelmélet kurzuson végeztük. Kísérletünkben a kísérleti csoport és a kontrollcsoport ugyanarra az előadásra járt, ugyanazokkal a fogalmakkal, ugyanazokkal a tételekkel és pontosan ugyanazokkal a feladatokkal ismerkedett meg a félév során. A két csoport azonban különböző kezelést kapott 13 héten keresztül a gyakorlatok alatt: a kontrollcsoport a gyakorlati órák elején írt egy rövid tesztet az előző heti elméleti anyaghoz kapcsolódóan, a kísérleti csoportot pedig az aznapi óra végén tesztelték az aznapi gyakorlat anyagához kapcsolódóan.

A kísérlet résztvevői a kurzus kezdete előtt, a szemeszter elején írtak egy szintfelmérő dolgozatot, amely felmérte a diákok bemeneti matematika tudását, kompetenciáját. A kezelés végét követően három hónappal a hallgatók szintén írtak egy dolgozatot. Az utódolgozat feladatai hasonlítottak a félévvégi zárthelyi dolgozat feladataira. A bemeneti teszt

eredményei alapján a kísérleti és a kontrollcsoport nem különbözött egymástól, azonban az utóteszten a kísérleti csoport szignifikánsan jobban szerepelt a kontrollcsoportnál. Az előhívásos módszerrel tanuló diákok három hónappal a félévvégi zárthelyi dolgozat megírása után jobb eredményt értek el az utóteszten, mint a hagyományos módon tanuló társaik. **Kimutatható volt az előhívási hatás hosszútávon – három hónappal a félévvégi zárthelyi dolgozatot követően – komplex matematika feladatok, számelmélet feladatok megoldási eljárásának tanulása során a hagyományos oktatással szemben elsőéves matematika tanárszakos hallgatók körében.**

Végül a harmadik kutatásban az előhívásos tanulás egy formájának hatékonyságát hasonlítottuk össze a kidolgozott példák alkalmazásának egy módjával absztrakt algebra kurzuson. A kísérletben a középtávú, szemeszteren belüli és hosszútávú, szemeszteren átívelő tudást vizsgáltuk. A kísérlet résztvevői az Algebra és Számelmélet 2. című kötelező tantárgyat felvevő matematika tanárszakos hallgatók voltak. A félév során hallgatókat két csoportra osztottuk. A kurzushoz tartozó gyakorlatot a hallgatók egy része a kidolgozott példák módszerével, másik része pedig előhívásos módon, a tananyag egy alkalommal, közvetlenül a tanulás után történő felidézésével tanulta. A két csoport gyakorlati óráinak felépítése az óra utolsó 5-10 percében különbözött. A kísérleti, előhívásos csoport a gyakorlat utolsó néhány percében egy rövid, két feladatból álló dolgozatot írt az aznapi óra anyagához

kapcsolódóan. Az óra végi dolgozatok alkalmával a diákoknak a gyakorlat során megoldott feladatokhoz hasonló feladatokat kellett megoldaniuk. A kontrollcsoportban az óra utolsó pár percében a kísérleti csoport óravégi dolgozatának a két feladata került bemutatásra. A gyakorlatvezető ismertette a két feladat mintamegoldását lépésről lépésre, ami lehetőséget nyújtott a tanulóknak arra, hogy a feladatmegoldási sémákra összpontosítsanak.

A félév során a diákok tananyaghoz kapcsolódó tudását, problémamegoldó képességét két alkalommal mértük: a szemeszter hatodik hetében és tizenharmadik hetében egy-egy dolgozat segítségével. Ezek a dolgozatok a kurzus anyagához kapcsolódó összetett, deduktív következtetési képességet igénylő feladatokat tartalmaztak. A két dolgozat eredményei alapján középtávon nem volt különbség a két csoport tudása és problémamegoldó képessége között – az első és a második dolgozaton a kísérleti csoport ugyanúgy teljesített, mint a kontrollcsoport. Azaz **az előhívási hatás nem volt kimutatható középtávon – a félévközi és félévvégi zárthelyi dolgozaton – komplex absztrakt algebra feladatok megoldási eljárásának tanulása során a kidolgozott példák mutatása módszerrel szemben matematika tanárszakos hallgatók körében.**

A kísérlet második felében az előhívásos módszer és a kidolgozott példák módszerének a hosszútávú tudásra gyakorolt hatására koncentráltunk. A diákok Algebra és Számelmélet 2. tananyaghoz kapcsolódó tudását,

problémamegoldó képességét utóteszt segítségével mértük. Az utótesztet a diákok öt hónappal a tananyaghoz kapcsolódó félévvégi dolgozat után írták. A kísérlet eredményei azt mutatják, hogy az előhívásos módszer alkalmazása hosszútávon célszerűbb, mint a kidolgozott példákkal való tanulás. Az előhívásos módszerrel tanuló diákok korábbi, a kurzus alatti eredményükhöz képesti teljesítménye szignifikánsan jobb volt, mint a kidolgozott példákkal tanuló csoporté. **Azaz az előhívási hatás kimutatható volt hosszútávon – öt hónappal a félévvégi zárthelyi dolgozatot követően – komplex absztrakt matematika feladatok megoldási eljárásának tanulása során a kidolgozott példák mutatása módszerrel szemben matematika tanárszakos hallgatók körében.**

Megvizsgáltuk továbbá, hogy milyen mértékben felejtik el a tanulók hosszútávon – öt hónappal a félévvégi zárthelyi dolgozatot követően – az absztrakt algebrát, egészen pontosan a polinomok témakört, amennyiben előhívásos, vagy a kidolgozott példák mutatása módszerrel tanulnak. **A felejtés aránya több mint kétszerese volt a kontrollcsoportban, mint a kísérleti csoportban. Az utóteszt eredményei alapján a kontrollcsoport tanulóinak több mint fele teljes mértékben elfelejtette a tanult matematika anyagot. Ezzel szemben a kísérleti csoportban a tanulóknak jóval kisebb része, kevesebb, mint negyede felejtette el a tanultakat.**

Kutatásunk során azt találtuk, hogy az általunk alkalmazott előhívásos módszer hatékony módja lehet a magasabb matematika tanulásának,

problémamegoldási képesség fejlesztésének és a hosszútávú tudás kialakításának, amelyet a tanárok viszonylag könnyen beépíthetnek az óra menetébe. Eredményeink azt mutatják, hogy a módszer mind átlag alatti, átlagos és átlag feletti matematikai kompetenciával, tudással rendelkező diákok számára hasznos lehet. Eredményeink alapján azt gondolom, hogy a módszer egyetemi matematika kurzusokba való beépítése megfontolandó.

## **Főbb hivatkozások**

Adeniji, S. M., & Baker, P. (2023). Effects of worked example on students' learning outcomes in complex algebraic problems. *International Journal of Instruction*, 16(2), 229-246. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16214a>

Agarwal, P. K., Nunes, L. D., & Blunt, J. R. (2021). Retrieval Practice Consistently Benefits Student Learning: a Systematic Review of Applied Research in Schools and Classrooms. *Educational Psychology Review*, 33(4), 1409–1453. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09595-9>

Agustyaningrun, N., Sari, R. N., Abadi, A. M., & Mahmudi, A. (2021). Dominant Factors that Cause Students' Difficulties in Learning Abstract Algebra: A Case Study at a University in Indonesia. *International Journal of Instruction*, 14(1), 847-866. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14151a>

Butler, A. C., Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2007). The effect of type and timing of feedback on learning from multiple-choice tests. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 13(4), 273–281. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.13.4.273>

Carpenter, S. K., Lund, T. J. S., Coffman, C. R., Armstrong, P. I., Lamm, M. H., & Reason, R. D. (2015). A classroom study on the relationship between student achievement and Retrieval-Enhanced learning. *Educational Psychology Review*, 28(2), 353-375. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9311-9>

Carpenter, S., Pashler, H., Rohrer, D., & Cepeda N., J. (2007). Enhancing learning and retarding forgetting: Choices and consequences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 187-193. <https://doi.org/10.3758/bf03194050>

Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2006). Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load. San Francisco: Pfeiffer.

Donoghue, G. M., & Hattie, J. A. C. (2021). A meta-analysis of ten learning techniques. *Frontiers in Education*, 6, 581216. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.581216>

Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>

Eglington, L. G., & Kang, S. H. K. (2018). Retrieval practice benefits deductive inference. *Educational Psychology Review*, 30(1), 215-228. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9386-y>

Hopkins, R. F., Lyle, K. B., Hieb, J. L., & Ralston, P. A. (2016). Spaced retrieval practice increases college students' short-and long-term retention of mathematics knowledge. *Educational Psychology Review*, 28(4), 853-873. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9349-8>

Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science (New York, N.Y.)*, 331(6018), 772-775. <https://doi.org/10.1126/science.1199327>

Karpicke, J. D., & Grimaldi, P. J. (2012). Retrieval-Based Learning: A perspective for Enhancing Meaningful learning. *Educational Psychology Review*, 24(3), 401–418. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9202-2>

Keresztes, A., Kaiser, D., Kovács, G., & Racsomány, M. (2014). Testing promotes long-term learning via stabilizing activation patterns in a large network of brain areas. *Cerebral Cortex*, 24(11), 3025–3035. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht158>

Larsen, D. P., Butler, A. C., & Roediger, H. L., 3rd (2013). Comparative effects of test-enhanced learning and self-explanation on long-term retention. *Medical education*, 47(7), 674–682. <https://doi.org/10.1111/medu.12141>

Leahy, W., Hanham, J., & Sweller, J. (2015). High Element Interactivity Information During Problem Solving may Lead to Failure to Obtain the Testing Effect. *Educational Psychology Review*, 27(2), 291–304. <http://www.jstor.org/stable/43548475>

Ma, L. (2020). Knowing and Teaching Elementary Mathematics. In: *Routledge eBooks*. <https://doi.org/10.4324/9781003009443>

Muzsnay, A., Zámbo, Cs., Szeibert, J., Bernáth, L., Szilágyi, B., Szabó, Cs. How do testing and test-potentiated learning affect medium- and long-term knowledge in abstract algebra? Beküldve a “*European Journal of Psychology of Education*” című újságba

Muzsnay, A., Szabó, Cs., Szeibert, J. (2024) Retrieval practice – a tool to be able to retain higher mathematics even 3 months after the exam. *Annales Mathematicae et Informaticae*. [10.33039/ami.2024.05.002](https://doi.org/10.33039/ami.2024.05.002)

Rawson, K. A., Vaughn, K. E., Walsh, M., & Dunlosky, J. (2018). Investigating and explaining the effects of successive relearning on long-term retention. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 24(1), 57-71. <https://doi.org/10.1037/xap0000146>

Roediger, H. L., 3rd, & Karpicke, J. D. (2006). The Power of Testing Memory: Basic Research and Implications for Educational Practice. *Perspectives on psychological*

*science : a journal of the Association for Psychological Science*, 1(3), 181–210.  
<https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00012.x>

Roediger, H. L., Putnam, A. L., & Smith, M. (2011). Ten Benefits of Testing and Their Applications to Educational Practice. In *Elsevier eBooks* (pp. 1–36).  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-387691-1.00001-6>

Rowland, C. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin*, 140(6), 1432–1463.  
<https://doi.org/10.1037/a0037559>

Smith, M. A., & Karpicke, J. D. (2013). Retrieval practice with short-answer, multiple-choice, and hybrid tests. *Memory*, 22(7), 784–802.  
<https://doi.org/10.1080/09658211.2013.831454>

Szabó, C., Bereczky-Zámbó, C., Muzsnay, A., Szeibert, J., & Bernáth, L. (2023). Investigating the efficacy of retrieval practice in university mathematics. *Revista De Educación*, 401(1). <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-401-584>

Tran, R., Rohrer, D., & Pashler, H. (2015). Retrieval practice: The lack of transfer to deductive inferences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(1), 135–140.  
<https://doi.org/10.3758/s13423-014-0646-x>

Veith, J. M., Bitzenbauer, P., & Girnat, B. (2022). Exploring Learning Difficulties in Abstract Algebra: The Case of Group Theory. *Education Sciences*, 12(8), 516.  
<https://doi.org/10.3390/educsci12080516>

Wasserman, N. H. (2018). Connecting Abstract Algebra to Secondary Mathematics, for Secondary Mathematics Teachers. In: *Research in mathematics education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99214-3>



Nyilvántartási szám: DEENK/301/2024.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Lampé-Muzsnay Anna

Doktori Iskola: Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola

MTMT azonosító: 10077202

## A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Muzsnay, A.**, Szabó, C., Szeibert, J.: Retrieval practice - a tool to be able to retain higher mathematics even 3 months after the exam.  
*Ann. Math. Inform. Epub* (-), 1-10, 2024. ISSN: 1787-5021.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.33039/ami.2024.05.002>  
IF: 0.3 (2022)

### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

2. Szabó, C., Zámbo, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J., Bernáth, L.: Investigating the efficacy of retrieval practice in university mathematics.  
*401*, 79-96, 2023. ISSN: 0034-8082.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-401-584>  
IF: 1.4 (2022)

## További közlemények

### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

3. Bereczky-Zámbo, C., Szabó, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J.: Passing the exam and not mastering the material in geometry.  
*Ann. Math. Inform.* 55, 189-195, 2022. ISSN: 1787-5021.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.33039/ami.2022.12.009>  
IF: 0.3
4. Szabó, C., Bereczky-Zámbo, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J.: Students' non-development in high school geometry.  
*Ann. Math. Inform.* 50, 309-319, 2020. ISSN: 1787-5021.  
DOI: <https://doi.org/10.33039/ami.2020.12.004>





5. **Muzsnay, A.**, Szabó, C.: Dressed up problems-the danger of picking the inappropriate dress.

*Teach. Math. Comp. Sci.* 15 (1-2), 77-94, 2017. ISSN: 1589-7389.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5485/TMCS.2017.043>

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

6. Szeibert, J., **Muzsnay, A.**, Szabó, C., Bereczky-Zámbó, C.: A Case Study of Using Test-Enhanced Learning as a Formative Assessment in High School Mathematics.

*Int. J. Sci. Math. Educ.* 21, 623-643, 2023. ISSN: 1571-0068.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10763-022-10264-8>

IF: 2.2 (2022)

#### Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

7. Bereczky-Zámbó, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J., Szabó, C.: Test-enhanced learning in studying mathematics at secondary school and university.

In: Proceedings of the 43rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 4) / (Eds.) Graven, M., Venkat, H., Essien, A. & Vale, P, Minute Man Press, Hatfield, Hatfield, 124-124, 2019. ISBN: 9780639821573

8. Bereczky-Zámbó, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J., Szabó, C.: Testing the test: rethinking the levels of understanding geometry based on maths students' van hiele test results.

In: Proceedings of the 43rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 4) / (Eds.) Graven, M., Venkat, H., Essien, A. & Vale, P, Minute Man Press, Hatfield, Hatfield, 10-10, 2019. ISBN: 9780639821573

9. Szabó, C., **Muzsnay, A.**: Efficiency of test-enhanced learning in teaching Number Theory.

In: Proceedings Of the 42nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Eds.: Ewa Bergqvist, Magnus Österholm, Carina Granberg, Lovisa Sumpter), University of Gothenburg, Gothenburg, 168, 2018, (ISSN 0771-100X.) ISBN: 9789176019061

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 4,2**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):**

**1,7**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.05.24.



**Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)**

**The role of retrieval practice in university  
mathematics education**

by Lampé-Muzsnay Anna

Supervisor: Dr. Csaba Szabó



UNIVERSITY OF DEBRECEN

Doctoral School of Mathematical and Computational  
Sciences

Debrecen, 2024

## **Introduction and objectives of the doctoral thesis**

The dissertation examines the potential benefits of retrieval practice in learning mathematics at the university level, focusing on the knowledge of pre-service mathematics teacher students. One of the main reasons I chose this topic was the general experience that most of the students forget a significant part of the acquired knowledge within a short period. A considerable part of university students do not achieve long-term knowledge, which can be a result of the learning strategies they use. This is a major problem in the case of learning and teaching mathematics, where the retention of foundational knowledge is crucial (Hopkins et al., 2016). Since mathematics teachers must explain their understanding of mathematical concepts and procedures to students during instruction, mathematics teachers need to have a well-connected deep understanding of fundamental mathematics (Ma, 2020). Advanced mathematics, like number theory and abstract algebra, serves to deepen and confirm more rigorously the specific mathematical ideas secondary teachers will teach (Wasserman, 2018). Pre-service mathematics teachers, therefore, have to be taught in a way that promotes the understanding and the long-term retention of mathematical concepts and the relationship between them. In other words, in university mathematics courses the learning strategies applied should prevent forgetting and enhance understanding and the creation of long-term knowledge. A possible tool to increase further retention is retrieval practice, the strategic use of retrieval to enhance

memory (Roediger & Karpicke, 2006). Retrieval practice, also known as testing, is a learning technique that involves recalling to-be-remembered information from memory (Karpicke & Grimaldi, 2012). Retrieval practice has been shown to enhance long-term retention when compared to other methods of learning (Roediger & Karpicke, 2006; Karpicke & Blunt, 2011). This retrieval-based benefit on long-term retention is commonly denoted as the testing effect (Dunlosky et al., 2013; Rowland, 2014).

In the last twenty years, retrieval-based learning has become a central research topic in cognitive psychology and cognitive neuroscience. Over the last two decades, several studies have shown that actively recalling information from memory can lead to longer-lasting knowledge than rereading the material (Rowland, 2014). The advantage of retrieval-based learning over other non-retrieval-based learning methods has been demonstrated in several experiments. After an initial learning phase, subjects remembered information learned by recall significantly better than, for example, information learned by copying (Carpenter et al., 2015) or rereading (Rowland, 2014; Roediger, Putnam, & Smith 2011). Recalling the learned material has also been shown to be more effective than learning by "explaining to oneself" (Larsen et al., 2013) or by organizing information in new ways using mind maps (Karpicke & Blunt, 2011).

Retrieval practice has been shown to be an effective learning method in several domains (Dunlosky et al., 2013; Adeniji & Baker, 2023; Donoghue & Hattie, 2021). It has been shown to be successful in memorizing texts (Roediger & Karpicke, 2006) and learning foreign words (Keresztes et al., 2014). It is also an effective learning method for learning general knowledge facts, visual or spatial information (Carpenter et al., 2007), and skills (Donoghue & Hattie, 2021; Rowland, 2014).

Most of the experiments on retrieval practice have been conducted in the laboratory (Butler, Karpicke, and Roediger, 2007). A large number of these experiments investigated which learning method students used to remember a given text best. There are relatively few experiments in this field that investigated retrieval practice in non-laboratory settings, but in real schools, universities, and over longer periods (Rawson et al., 2018). The results so far show that retrieval-based learning can be an effective tool for learning even in real educational settings (Dunlosky et al., 2013).

My thesis aims to investigate the applicability and effectiveness of retrieval-based learning in university mathematics education. In the dissertation, the effectiveness of a specific type of retrieval practice was compared to traditional learning and studying worked examples in Number Theory and Algebra courses concentrating on the medium and long-term knowledge of pre-service mathematics teachers. By worked examples we mean a „*step-by-step demonstration of how to perform a*

*task or how to solve a problem*” (Clark, Nguyen, Sweller, 2006, p. 190). Number Theory and Algebra courses play a huge role in improving students’ abstraction ability, making connections within different parts of mathematics and science, and developing a deeper understanding of concepts, such as formal calculations, introducing algebraic structures, and understanding their behaviors. We believe that understanding algebra at a higher level is essential for mathematics teachers. However, many studies showed that students have difficulties learning abstract algebra (Veith et al., 2022; Agustyaningrum et al., 2021; Wasserman, 2018). Even if students pass their algebra exam, they have trouble remembering the learning material later. My thesis investigates whether continuous testing helps develop understanding and long-term knowledge in abstract mathematics. As Agarwal et al. pointed out, more applied research is needed in mathematics learning (Agarwal et al., 2021).

### **New scientific findings of the thesis, conclusion**

My thesis is based on three publications we wrote on retrieval practice (Szabó et al., 2023; Muzsnay et al., 2024; Muzsnay et al., under review). In the dissertation, I present the findings of the three research in detail.

In the first study, we investigated whether the testing effect can be detected when learning complex mathematics – number theory – tasks, compared to traditional learning. The experiment was carried out in an

actual educational setting – a number theory course – using complex, high-level mathematics curricula. The participants of the experiment were pre-service teacher students enrolled in the course.

Although retrieval practice has been shown to increase retention in several learning environments, the effect of testing is not clear in learning higher mathematics. The effect of retrieval practice when learning complex material or tasks requiring deductive reasoning is not evident. Numerous studies report that in the case of learning flexible procedures, retrieval practice is no more effective than repeated studying (Leahy, Hanham, & Sweller, 2015; Tran et al., 2015). However, some studies have shown the effectiveness of retrieval practice when learning complex materials, solving complex tasks, and tasks requiring deductive reasoning (Eglinton & Kang, 2018; Smith & Karpicke, 2013). Our results show that retrieval practice is beneficial for solving complex mathematical problems.

In our experiment, the experimental group and the control group were introduced to the same concepts, the same theories, and exactly the same tasks during the semester. The two groups, however, received different treatment in the practical classes for 13 weeks: the control group wrote a short test at the beginning of the practical sessions related to the previous week's lecture, as is traditional in this course. For the experimental group, the test was given at the end of the lesson, related to the material of the practical session of the day. During the end-of-class tests, students had to

solve problems similar to the ones they had solved during the practice session. This way they had to recall what they had learned that day. The end-of-class tests consisted of two tasks that the members of the experimental group had to solve individually, without assistance, without any external help.

All the participants wrote a test at the beginning of the semester to assess their current mathematical knowledge and competence. This test served as an input test. Also, students wrote a final test at the end of the treatment, in the 13<sup>th</sup> week of the semester on number theory problems. On this test, the experimental group performed significantly better, even though at the beginning of the semester, this group scored lower on the input test. The students who were taught using end-of-class tests scored better on the final test than their classmates who were taught using the traditional method. **The testing effect could be detected as opposed to traditional learning in the medium term in learning complex mathematics tasks in the topic of number theory.** In addition, the study investigated whether the testing effect could be detected independently of individual differences. In order to examine this question, we divided the students into groups of below-average, average, and above-average mathematical competence based on the input test they wrote at the beginning of the semester. **The testing effect was observed in all groups, groups of below-average, average, and above-average**

**mathematical competence, it was detectable regardless of individual mathematical competence.**

In the second study, we investigated whether the positive effects of the testing method described in the first study would be seen in the long term. The experiment was conducted in a first-year number theory course. In our experiment, the experimental group and the control group attended the same lecture and were introduced to the same concepts, the same theorems, and the same problems during the semester. However, the two groups received different treatment during the 13 weeks of the exercises: the control group wrote a short test at the beginning of the practice sessions related to the previous week's lecture material, while the experimental group was tested on the material of the given day at the end of the practice sessions.

All the participants wrote an input test at the beginning of the semester. This way their current mathematical knowledge and competence were measured. Three months after the end of the treatment – after their final test –, the students also wrote a test. This post-test consisted of tasks similar to those of the final. The input test results did not show any difference between the experimental and control groups, but the experimental group performed significantly better than the control group in the post-test. The students who studied using end-of-class tests performed better on the post-test three months after the final test than those who studied using the traditional methods. It means that **the testing**

**effect could be detected as opposed to traditional learning in the long term, three months after the final test in learning complex mathematics tasks on the topic of number theory.**

Finally, in the third study, the effectiveness of worked examples and a specific type of retrieval practice were compared in an abstract algebra course concentrating on medium and long-term knowledge. Retrieval practice and worked examples are both recommended as effective methods for improving learning (Dunlosky et al., 2013; Adeniji & Baker, 2023). However, they lean on different underlying cognitive processes. To see which method is preferable for the mid-term and the long-term, we experimented with second-semester pre-service mathematics teachers in the frame of the “Algebra and Number Theory 2” course. During the semester we divided the class into two groups. One of the groups studied the material using retrieval practice while the other one learned with worked examples. These groups did the same exercises during the practice sessions. However, there was a difference between the structure of the two types of groups’ practice sessions in the last 5-10 minutes of each session. At the end of the practice sessions, students from the retrieval practice group wrote a test on the material learned on the given day without any aid, or any external help. They got two open-ended questions related to the topic of the given lesson. This way, they had to retrieve immediately what they had just learned. The same two problems were shown to the worked example group at the end of the class.

However, in this group, the teacher solved these problems, not the students – the solutions to the end-of-class test problems were presented step-by-step by the teacher. This way, students could concentrate on the solution pathway.

Students' topic-related problem-solving skills were measured two times during the semester: they wrote a midterm and a final test on the 6<sup>th</sup> and the 13<sup>th</sup> week of the semester. This way we measured their medium-term knowledge. These tests included complex tasks requiring deductive reasoning skills related to the course material. Based on the results of the two tests, there was no difference in the knowledge and problem-solving ability of the two groups over the semester, in the medium term. The experimental group performed as well as the control group on the first and second tests. In other words, **the testing effect could not be detected in the medium term - in the mid-term and final exams - when learning complex abstract algebra problems compared to studying with worked examples.**

In the second part of the experiment, we explored the long-term effect of testing versus worked examples in learning abstract algebra by post-test students wrote five months after their final test. Participants were those pre-service teachers who participated in the first part of the experiment, passed the course Algebra and Number Theory 2, and wrote all three tests: the midterm, the final, and the post-test. We measured the long-term effects of the two methods by a post-test. The post-test consisted of

problems related to polynomials, a topic they studied in the course Algebra and Number Theory 2. Based on our results, **testing was more beneficial in the long term than studying with worked examples. The improvement of those students who learned algebra with testing was significantly greater than that of the worked example group.**

We also measured the forgetting rate of the two groups. **The forgetting rate was more than twice as high in the worked example group than in the testing group. More than half of the students in the control group – the group who learned with worked examples – forgot the topic of polynomials. At the same time, in the experimental group, less than a quarter of the students forgot the material.** The forgetting rate was more than twice as high in the worked example group than in the testing group.

All in all, in our research, we found that the retrieval practice we used can be an effective way of teaching higher mathematics, developing problem-solving skills, and building long-term knowledge that teachers can incorporate into their lessons relatively easily. Our results show that the method can be beneficial for students with below-average, average, and above-average mathematical competence and knowledge. Based on our results, I believe we should consider integrating the method into university mathematics courses.

## References

- Adeniji, S. M., & Baker, P. (2023). Effects of worked example on students' learning outcomes in complex algebraic problems. *International Journal of Instruction*, 16(2), 229-246. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16214a>
- Agarwal, P. K., Nunes, L. D., & Blunt, J. R. (2021). Retrieval Practice Consistently Benefits Student Learning: a Systematic Review of Applied Research in Schools and Classrooms. *Educational Psychology Review*, 33(4), 1409–1453. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09595-9>
- Agustyaningrun, N., Sari, R. N., Abadi, A. M., & Mahmudi, A. (2021). Dominant Factors that Cause Students' Difficulties in Learning Abstract Algebra: A Case Study at a University in Indonesia. *International Journal of Instruction*, 14(1), 847-866. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14151a>
- Butler, A. C., Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2007). The effect of type and timing of feedback on learning from multiple-choice tests. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 13(4), 273–281. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.13.4.273>
- Carpenter, S. K., Lund, T. J. S., Coffman, C. R., Armstrong, P. I., Lamm, M. H., & Reason, R. D. (2015). A classroom study on the relationship between student achievement and Retrieval-Enhanced learning. *Educational Psychology Review*, 28(2), 353-375. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9311-9>
- Carpenter, S., Pashler, H., Rohrer, D., & Cepeda N.,J. (2007). Enhancing learning and retarding forgetting: Choices and consequences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 187-193. <https://doi.org/10.3758/bf03194050>
- Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2006). Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load. San Francisco: Pfeiffer.

Donoghue, G. M., & Hattie, J. A. C. (2021). A meta-analysis of ten learning techniques. *Frontiers in Education*, 6, 581216. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.581216>

Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4–58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>

Eglington, L. G., & Kang, S. H. K. (2018). Retrieval practice benefits deductive inference. *Educational Psychology Review*, 30(1), 215–228. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9386-y>

Hopkins, R. F., Lyle, K. B., Hieb, J. L., & Ralston, P. A. (2016). Spaced retrieval practice increases college students' short-and long-term retention of mathematics knowledge. *Educational Psychology Review*, 28(4), 853–873. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9349-8>

Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science (New York, N.Y.)*, 331(6018), 772–775. <https://doi.org/10.1126/science.1199327>

Karpicke, J. D., & Grimaldi, P. J. (2012). Retrieval-Based Learning: A perspective for Enhancing Meaningful learning. *Educational Psychology Review*, 24(3), 401–418. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9202-2>

Keresztes, A., Kaiser, D., Kovács, G., & Racsmany, M. (2014). Testing promotes long-term learning via stabilizing activation patterns in a large network of brain areas. *Cerebral Cortex*, 24(11), 3025–3035. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht158>

Larsen, D. P., Butler, A. C., & Roediger, H. L., 3rd (2013). Comparative effects of test-enhanced learning and self-explanation on long-term retention. *Medical education*, 47(7), 674–682. <https://doi.org/10.1111/medu.12141>

Leahy, W., Hanham, J., & Sweller, J. (2015). High Element Interactivity Information During Problem Solving may Lead to Failure to Obtain the Testing Effect. *Educational Psychology Review*, 27(2), 291–304. <http://www.jstor.org/stable/43548475>

Ma, L. (2020). Knowing and Teaching Elementary Mathematics. In: *Routledge eBooks*. <https://doi.org/10.4324/9781003009443>

Muzsnay, A., Zámbo, Cs., Szeibert, J., Bernáth, L., Szilágyi, B., Szabó, Cs. How do testing and test-potentiated learning affect medium- and long-term knowledge in abstract algebra? Beküldve a “*European Journal of Psychology of Education*” című újságba

Muzsnay, A., Szabó, Cs., Szeibert, J. (2024) Retrieval practice – a tool to be able to retain higher mathematics even 3 months after the exam. *Annales Mathematicae et Informaticae*. [10.33039/ami.2024.05.002](https://doi.org/10.33039/ami.2024.05.002)

Rawson, K. A., Vaughn, K. E., Walsh, M., & Dunlosky, J. (2018). Investigating and explaining the effects of successive relearning on long-term retention. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 24(1), 57-71. <https://doi.org/10.1037/xap0000146>

Roediger, H. L., 3rd, & Karpicke, J. D. (2006). The Power of Testing Memory: Basic Research and Implications for Educational Practice. *Perspectives on psychological science : a journal of the Association for Psychological Science*, 1(3), 181–210. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00012.x>

Roediger, H. L., Putnam, A. L., & Smith, M. (2011). Ten Benefits of Testing and Their Applications to Educational Practice. In *Elsevier eBooks* (pp. 1–36). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-387691-1.00001-6>

Rowland, C. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin*, 140(6), 1432–1463. <https://doi.org/10.1037/a0037559>

Smith, M. A., & Karpicke, J. D. (2013). Retrieval practice with short-answer, multiple-choice, and hybrid tests. *Memory*, 22(7), 784-802. <https://doi.org/10.1080/09658211.2013.831454>

Szabó, C., Bereczky-Zámbó, C., Muzsnay, A., Szeibert, J., & Bernáth, L. (2023). Investigating the efficacy of retrieval practice in university mathematics. *Revista De Educación*, 401(1). <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-401-584>

Tran, R., Rohrer, D., & Pashler, H. (2015). Retrieval practice: The lack of transfer to deductive inferences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(1), 135–140. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0646-x>

Veith, J. M., Bitzenbauer, P., & Girnat, B. (2022). Exploring Learning Difficulties in Abstract Algebra: The Case of Group Theory. *Education Sciences*, 12(8), 516. <https://doi.org/10.3390/educsci12080516>

Wasserman, N. H. (2018). Connecting Abstract Algebra to Secondary Mathematics, for Secondary Mathematics Teachers. In: *Research in mathematics education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99214-3>



Registry number: DEENK/301/2024.PL  
Subject: PhD Publication List

Candidate: Anna Lampé-Muzsnay

Doctoral School: Doctoral School of Mathematical and Computational Sciences

MTMT ID: 10077202

### List of publications related to the dissertation

#### Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

1. **Muzsnay, A.**, Szabó, C., Szeibert, J.: Retrieval practice - a tool to be able to retain higher mathematics even 3 months after the exam.

*Ann. Math. Inform. Epub* (-), 1-10, 2024. ISSN: 1787-5021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.33039/ami.2024.05.002>

IF: 0.3 (2022)

#### Foreign language scientific articles in international journals (1)

2. Szabó, C., Zámbo, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J., Bernáth, L.: Investigating the efficacy of retrieval practice in university mathematics.

401, 79-96, 2023. ISSN: 0034-8082.

DOI: <http://dx.doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-401-584>

IF: 1.4 (2022)

### List of other publications

#### Foreign language scientific articles in Hungarian journals (3)

3. Bereczky-Zámbo, C., Szabó, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J.: Passing the exam and not mastering the material in geometry.

*Ann. Math. Inform.* 55, 189-195, 2022. ISSN: 1787-5021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.33039/ami.2022.12.009>

IF: 0.3

4. Szabó, C., Bereczky-Zámbo, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J.: Students' non-development in high school geometry.

*Ann. Math. Inform.* 50, 309-319, 2020. ISSN: 1787-5021.

DOI: <https://doi.org/10.33039/ami.2020.12.004>





5. **Muzsnay, A.**, Szabó, C.: Dressed up problems-the danger of picking the inappropriate dress.

*Teach. Math. Comp. Sci.* 15 (1-2), 77-94, 2017. ISSN: 1589-7389.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5485/TMCS.2017.043>

Foreign language scientific articles in international journals (1)

6. Szeibert, J., **Muzsnay, A.**, Szabó, C., Bereczky-Zámbó, C.: A Case Study of Using Test-Enhanced Learning as a Formative Assessment in High School Mathematics.

*Int. J. Sci. Math. Educ.* 21, 623-643, 2023. ISSN: 1571-0068.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10763-022-10264-8>

IF: 2.2 (2022)

Foreign language abstracts (3)

7. Bereczky-Zámbó, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J., Szabó, C.: Test-enhanced learning in studying mathematics at secondary school and university.

In: Proceedings of the 43rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 4) (Eds.) Graven, M., Venkat, H., Essien, A. & Vale, P, Minute Man Press, Hatfield, Hatfield, 124-124, 2019. ISBN: 9780639821573

8. Bereczky-Zámbó, C., **Muzsnay, A.**, Szeibert, J., Szabó, C.: Testing the test: rethinking the levels of understanding geometry based on maths students' van hiele test results.

In: Proceedings of the 43rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 4) (Eds.) Graven, M., Venkat, H., Essien, A. & Vale, P, Minute Man Press, Hatfield, Hatfield, 10-10, 2019. ISBN: 9780639821573

9. Szabó, C., **Muzsnay, A.**: Efficiency of test-enhanced learning in teaching Number Theory.

In: Proceedings Of the 42nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Eds.: Ewa Bergqvist, Magnus Österholm, Carina Granberg, Lovisa Sumpter), University of Gothenburg, Gothenburg, 168, 2018, (ISSN 0771-100X.) ISBN: 9789176019061

**Total IF of journals (all publications): 4,2**

**Total IF of journals (publications related to the dissertation): 1,7**

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

24 May, 2024

