

FÉLIG TELE A POHÁR

HOZZÁSZÓLÁS CZIGLER ISTVÁN *ELŐHANG A KÍSÉRLETI PSZICHOLÓGIÁHOZ*
CÍMŰ TANULMÁNYÁHOZ

KRAJCSI ATTILA

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Intézet, Kognitív Pszichológiai Tanszék,
Budapest, Magyarország

E-mail: krajcsi.attila@ppk.elte.hu

Czigler István írása¹ a kísérleti pszichológia szakirodalmában ritkán és/vagy csak érintőlegesen tárgyalt problémákat taglal. Annál fontosabb feladat ez azonban, ugyanis az eredményekről és módszerekről szóló írások túl gyakran állnak ellentmondásban a kutatási gyakorlattal és a kutatók személyes tapasztalataival. A felhívásának megfelelően a saját területem egyik témáját hozom fel a nehezen kibontakozó tudományos konklúziók példjaként, bár az itteni és Czigler István példái hasonlóságainak ellenére más konklúzióra jutok.

A számok megértésének manapság legfelkapottabb témája a Közelítő Számosság Rendszer (KSZR, angolul Approximate Number System) jellemzői és a rendszer szerepe az általánosabb matematikai megértésben. A KSZR rendszert több mint fél évszázada javasolta Robert Moyer és Thomas Landauer (1967) tanulmánya. A vizsgálatukban a résztvevőknek két egyjegyű arab számot kellett összehasonlítaniuk, pl. melyik a nagyobb, a 7 vagy a 2. Azt találták, hogy a feladatban a reakcióidő Weber törvényének megfelelően alakul, a teljesítményt a két szám aránya határozza meg. Mindez arra utalt, hogy miközben korábban a matematikát egy magas szintű, humán és kultúra-specifikus folyamatnak gondoltuk, az alapjai mégis olyan egyszerű, evolúciósan ősi pszichofizikai folyamatokban gyökerezhetnek, amelyek már csecsemőknél vagy állatoknál is megtalálhatók.

A KSZR működését azóta nem csak a legváltozatosabb helyzetekben mutatták ki (számptalan paradigmában és feladatban, csecsemőknél és állatokban; magyarul lásd pl. Dehaene, 2003; Hauser, 2002), hanem számos vizsgálat mutatott be olyan eredmé-

¹ Czigler István (2021). Előhang a kísérleti pszichológiához. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 76(3–4), 601–625. DOI: <https://doi.org/10.1156/0016.2021.00033>

nyeket, amelyek a KSZR magasabb szintű matematikai megértésben játszott szerepét jelzik. Számos vizsgálat szerint a KSZR érzékenysége (a rendszer Weber-állandója) bejósolja a későbbi iskolai matematikai teljesítményt (Halberda, Mazzocco és Feigenson, 2008), az alacsony érzékenység összefügg a fejlődési diszkalkulia (számolási nehézségek normál intelligencia mellett) megjelenésével (Piazza és mtsai, 2010), vagy a KSZR tréningje és érzékenységének javítása (pl. pontthalmazok mennyisége összehasonlításának gyakorlásával) automatikusan magával vonja az általánosabb matematikai teljesítmény javulását (Park és Brannon, 2013). Ha ezen tanulmányok értelmezései helyesek, akkor az komoly perspektívát nyit a gyerekek fejlesztési lehetőségeiben, a diszkalkulia diagnózisában, a kiválasztásban vagy pályaválasztási tanácsadásban.

Számos adat és érv azonban azt jelzi, hogy a vizsgálatok nem feltétlenül igazolják a kapcsolatot a KSZR érzékenysége és a matematikai teljesítmény között. (1) Az egyik kritikus pont, hogy a KSZR érzékenységét mérő eljárások nem feltétlenül érvényesek. (1a) A mérés egyik gyakran emlegetett korláta, hogy amikor a Weber-állandó mérése véget a pontthalmazok összehasonlítási paradigmájában a pontthalmaz ingerek számossága változik, akkor bizonyos perceptuális tulajdonságok is megváltoznak. Például egy számosabb pontthalmaz vagy nagyobb területet foglal el, vagy sűrűbb, vagy mindkettő. Ezeket a perceptuális együtt járásokat a kutatók kontrollálni próbálták, pl. a terület vagy sűrűség konstans értéken való tartásával, vagy azzal, hogy az adott perceptuális tulajdonságok hol pozitívan, hol negatívan korrelálnak a számossággal. Azonban hiába állították évtizedeken keresztül ezek a munkák, hogy a perceptuális tulajdonságokat kontrollálják, a teljes kontroll elvileg sem lehetséges. A számosság és a releváns perceptuális tulajdonságok ugyanis tulajdonsághármasokba rendeződnek, ahol a tulajdonságok közt egyszerű képletszerű kapcsolat van, és ha két tulajdonságot (pl. a számosságot és a teljes területet) kontrollálunk (vagyis egymástól függetlenül manipulálunk), akkor a képletszerű kapcsolat miatt a harmadik tulajdonság (pl. a sűrűség) már nem manipulálható, hanem az az előző kettő értékéből következik. A perceptuális tulajdonságok és a számosság átfogó kapcsolatát Nicholas DeWind és munkatársai írták le (DeWind, Adams, Platt és Brannon, 2015), akik egy módszert is kidolgoztak, hogy az elkerülhetetlen perceptuális korrelátumokat hogyan kell egyidejűleg figyelembe venni a számossággal, és így hogyan lehet utólag mégis viszonylag tisztán kiszámítani a számosságra való érzékenységet. Tudtommal ez ma az egyetlen megfelelő eljárás a KSZR Weber-állandójának kiszámítására, amely azonban a KSZR hatását vizsgáló tanulmányok közt nem vált népszerűvé. Kollégákkal való beszélgetések alapján például azért nem, mert kissé bonyolult, és nem mindenkinek világos, hogyan is kell az elemzést elvégezni. (1b) Egy másik probléma, hogy ha a számosság és a perceptuális tulajdonságok elkerülhetetlenül korrelálnak, és ráadásul egyszerre fel is dolgozódhatnak (Gebuis és Reynvoet, 2012), akkor a pontthalmazok összehasonlítása egyfajta gátlási feladat is: a feladat során a számossági információra kell koncentrálni, miközben a nem releváns perceptuális folyamatokat ki kell szűrni (Gillmore és mtsai, 2013). Emiatt elképzelhető, hogy a korábban a KSZR Weber-állandójának hitt mutatók részben gátlási mutatók. Az viszont már nem számítana nagy meglepetésnek, ha valaki azt mutatja ki, hogy a matematikajegy függ a gyerekek gátlási képességétől – például mert jobban ellen tudnak állni óra közben az elterelő ingereknek. (1c) Egy kapcsolódó módszer-tani korlát, hogy a Weber-állandót egyes vizsgálatokban nem a pszichofizikában meg-

szokott szigmoid görbe illesztéssel állapítják meg, hanem a távolsághatás meredekség-mutatójával közelítik. Meglepő módon (legalábbis a numerikus megismerés kutatói számára meglepő módon, beleértve saját magamat is) a távolsághatás meredeksége nincs monoton kapcsolatban a Weber-állandóval (Chesney, 2018), hanem a mérésben használt ingerek számarányaitól és a résztvevők Weber-állandó-tartományától függően hol a nagyobb, hol a kisebb meredekség jelent nagyobb Weber-állandót (Krajcsi, 2020), potenciálisan összekuszálva a meredekségre alapozó korrelációs munkák egy részét. (2) A problémák egy másik köre általánosabb módszertani problémákat ölel fel. (2a) Például a KSZR érzékenysége és a magasabb szintű matematikai teljesítmény közti korrelációt úgy értelmezik, hogy a KSZR érzékenysége okozza a jobb matematikai teljesítményt (Halberda és Mtsai, 2008). (Most egy kis időre tételezzük fel, hogy itt tényleg a KSZR érzékenységet mérték, az előző pontokban felsorolt és más hasonló problémák ellenére.) Azonban – még ha módszertani közhelyet kell is elismételni – a korreláció nem jelent önmagában okozást. Elképzelhető, hogy ha valakinek bármi egyéb oknál fogva jobb a matematikai teljesítménye, akkor többet is foglalkozhat matematikával, vagy adott idő alatt hatékonyabb a teljesítménye, ami a KSZR érzékenységre egyfajta tréninget jelenthet. Az itt idézett cikk is felveti a fordított kapcsolat lehetőségét a diszkuszióban, azonban ha a címben, absztraktban és a cikk minden más részében ennek az ellenkezőjét állítja, akkor az nem a munka koherenciáját erősíti. Mindenesetre a cikk bevallottan nem tudja demonstrálni a KSZR hatását a későbbi matematikai teljesítményre. (2b) A korrelációk helyett a tréningfeladatok már jelezhetnek okozást, azonban az eredmények értelmezése ott is problémákat vethet fel. Miközben Park és Brannon (2013) klasszikus, első ilyen jellegű munkáját úgy szokás idézni, mint amely a KSZR tréningjének hatását mutatja magasabb szintű matematikai feladatokra, a munka a KSZR érzékenységeinek változását valójában közvetlenül nem vizsgálja, és az eredmények akár úgy is értelmezhetők, hogy ha az összeadást egyik feladatban gyakoroltatjuk, akkor az összeadás egy másik feladatban is javulni fog (lásd a módszereket az eredeti cikkben), amely értelmezés már kevésbé jelentős, mint az eredeti állításuk. Ezt a korlátot túllépve a szerzők egy későbbi munkájukban a KSZR érzékenységet közvetlenül is mérték (Park és Brannon, 2014), amely munkában a kapott eredményeket úgy értelmezik, hogy a KSZR érzékenysége javítása javítja az általánosabb matematikai gondolkodást is, azonban az adataik azt mutatják, hogy a KSZR tréning következtében a KSZR érzékenysége valójában nem javult. Mások adatai szerint az ilyesfajta tréning során a teljesítmény javulása esetében nem is feltétlenül az érzékenység, hanem a résztvevők feladatra vonatkozó motivációja változik (Lindskog, Winman és Juslin, 2013).

Ha ennyi probléma adódik a méréssel (ráadásul helyszűkében csak néhány karakteres példát hoztam fel, a lista tovább folytatható lenne, lásd pl. Dietrich, Huber és Nuerk, 2015 kiterjedt, ám korántsem teljes módszertani áttekintését), akkor végül is mit lehet tudni a KSZR érzékenysége és a matematika kapcsolatáról? Egyelőre nagyjából semmit. Ez az összegzés egybecseng Czigler István példáival, azonban én mégis más következtetést vonnék le. Az újabb, korábban nem érvényesített szempontok pontosabb, érvényesebb és megbízhatóbb mérési módszerekhez vezethetnek. Vezethetnek, és nem feltétlenül vezetnek, mert attól még hogy tudjuk, hogyan nem megfelelő a mérés, nem biztos, hogy tudjuk azt is, hogyan lesz megfelelő. Azonban már az is

sokat segít, hogy a korábbi adatokat megfelelően értékeljük, és kizár bizonyos lehetőségeket az újabb vizsgálatok tervezésekor. Ha tudjuk, hogy a korábbi méréseink miért nem bizonyító erejűek, az egy kedvezőbb helyzet, mint amikor a rossz módszereket használva nem ismertük fel azok problémáit, és emiatt helytelen következtetésre jutotunk. A pohár félig tele van.

Egy másik szempont a kutatások megítélésénél, hogy az eredmények és a modellek hogyan hasznosíthatók más területeken. A matematikai megismerés területének sok fontos alkalmazott lehetősége van, ahol a matematikai oktatás, illetve a diszkalkulia diagnózisa és potenciális orvoslása két kiemelkedő példa. Amikor gyógypedagógusoknak beszélek vagy írok a kísérleti pszichológia kapcsolódó eredményeiről, többnyire csak azt tudom elmondani, hogy a kísérleti pszichológiában milyen ötleteink voltak a diszkalkulia mögötti folyamatok megértésére, diagnózisára és orvoslására, és azok az ötletek eddig miért nem váltak be. Ez nem sok (egy hasznossági skálán nagyjából nulla), de azért még mindig jobb, mint amikor olyan ötleteket adtunk 1-2 évtizeddel ezelőtt gyógypedagógusoknak, amelyek valójában helytelenek voltak (ami a hasznossági skálánkon egy negatív érték lenne). Amikor matematika-tananyag fejlesztéséről van szó, kissé kedvezőbb a helyzet. Ha azt kell megbecsülni, hogy milyen mértékben tud a kísérleti pszichológia javítani a matematikai tananyagon, akkor bár ezt objektíven nehéz megállapítani, a szubjektív benyomásom az, hogy az általános iskolai matematikai tananyag 5%-án tudnánk javítani a jelenlegi kognitív modelljeink alapján. Ez egyfelől nem túl sok, azonban én hajlamos vagyok erre úgy gondolni, hogy a pedagógiának ilyen mértékű javulásért nagyon sok erőforrást kellene felhasználnia, miközben a kísérleti pszichológiából jövő ismeretekkel egy ilyen mértékű javulást ingyen megkap. Egy racionálisan működő országban a tananyag hatékonyságának ilyen mértékű javítása nagyon erős hatást jelent (pl. az ország matematikai oktatásra fordított erőforrásainak néhány százalékos lefaragása is nagyságrendekkel nagyobb összegű megtakarítást jelent, mint amennyit az ország elkölt az ezzel kapcsolatos kutatásokra; illetve az állampolgárok ebből adódó racionálisabb viselkedése is óriási előnyökkel jár nemcsak gazdasági, hanem nagyon sok más értelemben véve is). Ezért a kismértékű javulást is nagyon komoly előnynek ítélem meg. Ha pedig a pszichológushallgatók oktatása felől nézzük a kérdést, akkor a matematika oktatási hasznosításához hasonló helyzetet láthatunk. A matematikai megismerés kutatási témáinak és problémáinak jó része nem releváns a későbbi gyakorlati pszichológiai munkát tekintve, azonban az elméletek, jelenségek, tesztek egy része (megint a szubjektív érzésemre támaszkodva talán 10%-nyi rész) olyan ismeret, amelyet a gyakorlatban is használhatnak. Például iskolapszichológusoknak hasznos tudás a matematikai megértés fejlődésének modern leírása, a diszkalkulia diagnózisának lehetőségei és problémái (lásd pl. egy magyarul is elérhető eszközt: Krajcsi és Hallgató, 2012), vagy a neurológiai osztályokon dolgozó kollégák számára hasznos ismeret a matematikai képességek disszociációi, és lehetséges sérülésük részletes diagnózisa (lásd pl. a magyarul is elérhető részletes diagnosztikus eszközt: Igács, Janacsek és Krajcsi, 2008). A pohár félig tele van.

Ami a fentebbi példákön és tanulságokon túl tágabb értelemben, metaszinten is fontos, hogy a formális, hivatalos tudományos kommunikáció és a kutatási gyakorlat eltérése sokféleképp akadályozza a hatékony kutatást és a tudományos előrehaladást. A szakirodalomban a valódi problémák egy része nem jelenik meg, a lektorálási rend-

szerben irreális felfogások érvényesülnek, és általában is valami kettősség figyelhető meg a hivatalos, elvárt és a valódi kutatási gyakorlat közt. Érdekes lehet ezt a kettősséget csökkenteni, hogy a felismert problémák és ellentmondások hamarabb ismertté váljanak, és a megoldások is mihamarabb megjelenhessenek és elterjedhessenek. Sokak szerint mindez nem feltétlenül kívánatos cél: az őszinte és nyílt vélemények megítélése nem mindig kedvező, árthat a tudomány vagy az adott kutató tekintélyének, a bizonytalanság nem kelt jó benyomást, és kevesebb konfliktussal jár eljátszani az elvárt szerepeket. Ezek az ellenérvek is érthetőek, ha a társadalmi vagy akár a szűkebb szakmai környezet felfogásának korlátait tekintjük. Nem egyszerű feladat összehangolni a helyesség, pontosság és őszinteség szempontjait a társadalmi vagy akár tudományos környezet sok esetben irreális és maladaptív elvárásaival. Mindez egy további lehetséges téma, amelyet szintén érdemes lenne részletesebben tárgyalni formálisabb keretek közt is, nem csak konferenciák kávészüneteiben vagy a kollégákkal közös vacsorák során.

IRODALOM

- Chesney, D. (2018). Numerical distance effect size is a poor metric of approximate number system acuity. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80(5), 1057–1063. DOI: <https://doi.org/10.3758/s13414-018-1515-x>
- Dehaene, S. (2003). *A számérzék*. Budapest: Osiris.
- DeWind, N. K., Adams, G. K., Platt, M. L., & Brannon, E. M. (2015). Modeling the approximate number system to quantify the contribution of visual stimulus features. *Cognition*, 142, 247–265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.05.016>
- Dietrich, J. F., Huber, S., & Nuerk, H.-C. (2015). Methodological aspects to be considered when measuring the approximate number system (ANS) – a research review. *Frontiers in Psychology*, 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00295>
- Gebuis, T., & Reynvoet, B. (2012). The interplay between nonsymbolic number and its continuous visual properties. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(4), 642–648. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0026218>
- Gilmore, C., Attridge, N., Clayton, S., Cragg, L., Johnson, S., Marlow, N., et al. (2013). Individual Differences in Inhibitory Control, Not Non-Verbal Number Acuity, Correlate with Mathematics Achievement. *PLoS One*, 8(6), e67374. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067374>
- Halberda, J., Mazocco, M. M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455(7213), 665–668. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature07246>
- Hauser, M. D. (2002). *Vad elmék. Mit gondolnak az állatok?* Budapest: Vince.
- Igács, J., Janacsek, K., & Krajcsi, A. (2008). A Numerikus Feldolgozás és Számolás Teszt (NFSZT) magyar változata. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 63(4), 633–649. DOI: <https://doi.org/10.1556/MPSzle.63.2008.4.2>
- Krajcsi, A. (2020). Ratio effect slope can sometimes be an appropriate metric of the approximate number system sensitivity. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82(4), 2165–2176. DOI: <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01939-6>
- Krajcsi, A., & Hallgató, E. (2012). Fejlődési diszkalkulia diagnózisa felnőtteknél: Az Aritmetikai Kognitív Fejlődési Képességek teszt. *Gyógypedagógiai Szemle*, 40(4), 330–342.

- Lindskog, M., Winman, A., & Juslin, P. (2013). Are there rapid feedback effects on Approximate Number System acuity? *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00270>
- Moyer, R. S., & Landauer, T. K. (1967). Time required for Judgements of Numerical Inequality. *Nature*, 215(5109), 1519–1520. DOI: <https://doi.org/10.1038/2151519a0>
- Park, J., & Brannon, E. M. (2013). Training the Approximate Number System Improves Math Proficiency. *Psychological Science*, 24(10), 2013–2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0956797613482944>
- Park, J., & Brannon, E. M. (2014). Improving arithmetic performance with number sense training: An investigation of underlying mechanism. *Cognition*, 133(1), 188–200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.06.011>
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., et al. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, 116(1), 33–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.03.012>