

Szegedi Tudományegyetem
Bölcsészettudományi Kar
Neveléstudományi Doktori Iskola

RAUSCH ATTILA

KORAI NUMERIKUS KÉSZSÉGEK ONLINE MÉRÉSE

PhD-értekezés tézisei

Témavezető:

Prof. dr. Csapó Benő
egyetemi tanár



Szeged, 2018

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJA

A matematikának kiemelkedő szerepe van a tudományok között, emellett a munka világában és hétköznapi életben is szükség van alapvető matematikai eljárások ismeretére és alkalmazására (Nunes & Csapó, 2011). Hazánkban a PISA-mérések eredményeiből világossá vált, hogy komoly problémák vannak a magyar tanulók matematikai műveltségével, az átlageredmények csökkenése mellett riasztó mértékben növekedett a leszakadók aránya (Csapó, Fejes, Kinyó, & Tóth, 2014). A tanulók jelentős része nincs tisztában, illetve nem tudja alkalmazni már az iskola alsó tagozatában tanultakat sem. Az utóbbi évtized nemzetközi kutatásai mutattak rá, hogy a problémák gyökereit érdemes már az iskolakezdés időszakában keresni, a családi háttér, az iskolai szelekció mellett, a korai matematikatanulás jelentőségére irányul egyre több figyelem (Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009). Mivel az óvoda–iskola átmenet numerikus készségeinek fejlettsége jelentős mértékben befolyásolja a tanulók későbbi teljesítményét, ezért ha a tanulók korai numerikus készségei nem kellőképp fejlettek mikor elkezdi az iskolát, akkor később komoly hátrányt szenvedhetnek el. A korai numerikus készségek olyan öröklött és szerzett, szimbolikus és nem-szimbolikus összetevők, egymással összefonódó, egymásra épülő és párhuzamosan fejlődő készségek és ismeretek rendszere, amelyek nélkülözhetetlenek az iskolai matematikatanuláshoz, a különböző matematikai tartalmi területek megismerésében fontos szerepet töltenek be. A számolási készségekbe beletartozik a számok nevének, sorrendjének és jelének megismerése, mennyiségek észlelésével, számolási műveletek végzésével kapcsolatos készségek összessége, valamint alapvető matematikai fogalmak és összefüggések megértése is. Az ezen a területeken fellépő hiányosságok gátolhatják új matematikai fogalmak megértését, az iskolai matematikatananyagban való előrehaladást. Ennél fogva fontos szerep jut a fejlesztésnek, a lemaradók felzárkóztatását célzó programoknak, amelyek hosszú távú hatékonyságát növelheti a minél korábbi kezdés. Azonban annak érdekében, hogy a gyermekek számára célirányos fejlesztéseket biztosítsunk, időben észlelnünk kell a problémákat. Mindez nem valósulhat meg olyan mérőeszközök biztosítása nélkül, amelyek minden gyakorló pedagógus számára gyorsan és könnyen használhatók, egyben pontos és megbízható képet biztosítanak a felmért gyermekek számolási készségeinek fejlettségéről. Napjainkban a felgyorsult technológiai fejlődés eredményeképpen nagymértékben tör előre a technológia alapú mérés-értékelés pedagógiai célú alkalmazása, lehetőségeit már egyre fiatalabb életkorú gyermekek körében is ki tudjuk használni (Csapó, Molnár, & Nagy, 2014). Számítógépek segítségével lehetőség nyílik a numerikus készségek elektronikus tesztelésére is. Bár a mérés-értékelés e formája rengeteg lehetőséget hordoz magában, a kutatók előtt álló kihívások köre legalább ekkora mértékű. Az ilyen eszközök széles körű alkalmazása ugyanakkor elősegítheti azt, hogy gyermekek széles körének fejlettségét felmérve, teljesítményüket automatikusan kiértékelve azonosítsuk

azokat a tanulókat, akikre az elektronikus mérésekkel megspórolt időkeretben a pedagógus több figyelmet tud fordítani. Kutatásunk során egy ilyen eszköz kidolgozására vállalkoztunk. A disszertációban egy korai numerikus készségeket vizsgáló online teszt fejlesztésének folyamatát, az ehhez kapcsolódó óvodások és első évfolyamos tanulók körében végzett vizsgálatok eredményeit mutatjuk be.

A KUTATÁSI TÉMA ELŐZMÉNYEI

A számolási készségek képezik az iskolai matematikatanulás alapját, a matematika minden részterületének megismerésében és fejlődésében szerepet játszanak. A kisgyermekkorai numerikus fejlődés leírására az elmúlt évtizedekben több modell is született. Egyes modellek különböző numerikus készségek párhuzamos fejlődését és összekapcsolódását (Aunio & Räsänen, 2016), más modellek tudáselemek és tapasztalatok egymásra épülését helyezik előtérbe (Fritz, Ehlert, & Balzer, 2013).

A korai számolás fejlődésének megértéséhez Dehaene (2003) hármas kódolás elmélete tekinthető olyan mérföldkönek, amelyre azóta számos vizsgálat épített, és amelyet többen is kiegészítettek, továbbfejlesztettek (Igács, Janacsek, & Krajcsi, 2008). Ebben nem csak a három fő komponens, a mennyiségi, a verbális, és az arab szám rendszere szerepel, hanem a mellettük numerikus fejlődésben fontos funkciót betöltő összetevők összekapcsolódása is megjelenik, a hozzájuk kötődő fogalmak, matematikai eljárások, ismeretek kiegészítésével. A verbális számolási készségek a számok nevének elsajátításával indulnak fejlődésnek. A gyermekek azok sorrendjét is elkezdik megtanulni már öt éves koruk előtt. A számlálásnak nevezett terület, a számok megfelelő sorrendjének ismeretét (előre és visszafelé), számkörök átlépésének rutinjait jelenti, melyek fontos alapjai számolási készségeknek. Ezek nélkül elképzelhetetlen az összeadás, kivonás megtanulása az iskolában (Józsa, 2014). A számolás mellett a számolási műveletek elvégzésének készségei szintén nélkülözhetetlen összetevői a korai matematikai készségeknek, melyek a kardinális számok fogalmának elsajátításával képezik az aritmetikai készségek alapját. Ezek közé sorolható a megszámlálás, a kiegészítés, az elvétel és a bontás. A számolási feladatok elvégzéséhez szükséges korai aritmetikai készségek a számok sorrendjének és a kardinalitás fogalmának megértését követően kezdenek gyorsan fejlődni a gyermekeknél. Ezekhez az összetevőkhöz csatlakoznak a számok írott jelei, az arab számok, amelyeket a gyermekeknek a már megtanult számnevekhez kell kapcsolniuk (Aunio & Räsänen, 2016; Fritz, Ehlert, & Balzer, 2013).

Mivel az iskolakezdés időszakának korai numerikus készségei jelentős hatással vannak a későbbi iskolai matematikatanulásra (Aunola, Leskinen, Lerkkanen, & Nurmi, 2004; Jordan et al., 2009), különösen fontos ezek felmérése kisgyermeknél, hogy időben észleljük a lemaradást. Erre a célra az elmúlt évtizedek alatt több mérőeszközt is

kidolgoztak. Ezek között találunk olyanokat, amelyek kutatói és pedagógiai igényeket egyaránt kiszolgálják, olyanokat, amelyek gyermekek iskolaérettség-vizsgálatának részét képezik, és olyan diagnosztikus eszközöket is, amely a pedagógusok munkáját, a gyermekek célirányos fejlesztésének megtervezését hivatottak megkönnyíteni. Kutatásunk előzményeként a holland ENT-et (Utrecht Early Numeracy Test) (Van Luit, Van de Rijt, & Pennings, 1994), egy angol-szász mérőeszközt, a WENT-et (Wright Early Numeracy Test) (Wright, Martland, & Stafford, 2006), egy német diagnosztikus tesztet, a MARKO-D-t (Mathematik und Rechnen Konzepten – Diagnose) (Ricken, Fritz, & Balzer, 2013), és a hazai fejlesztésű DIFER Elemi számolási készség tesztet (Nagy, Józsa, Vidákovich, & Fazekasné Fenyvesi, 2004) elemeztük ki részletesen. Az eszközöket hazai és nemzetközi viszonylatban egyaránt alkalmazzák gyakorló pedagógusok, neveléstudományi és pszichológiai kutatók (Friso-van den Bos, Kroesbergen, & van Luit, 2014; Józsa, 2004). Mivel magas reliabilitással rendelkeznek, a mindennapi pedagógiai gyakorlat mellett a kutatásokban összefüggések feltárásánál, fejlesztőkísérletek hatékonyságának vizsgálatánál is használatosak. Bár megbízhatóan méri a számolási készségeket, mégis hátrányuk, hogy szemtől szembeni adatfelvételhez kötöttek, nagyobb csoportok felmérése, a mérés adminisztrálása rengeteg időt és energiát vesz el a pedagógusoktól és a kutatóktól (Csíkos, András, Rausch, & Shvarts, 2018).

Napjainkban a nagymértékű technikai fejlődéssel együtt a technológia alapú mérés-értékelésben rejlő lehetőségeket is egyre jobban ki lehet használni kisgyermek körében is (Molnár, 2011; Rausch, 2016b), a technológiai fejlődés lehetőségeinek kiaknázása a hazai iskolakészültségvizsgálatok között is megjelent. Így jutottunk el kutatásunk közvetlen előzményéhez, a DIFER elektronikus változatával végzett vizsgálathoz. Csapó, Molnár és Nagy (2014) tanulmányukban a DIFER egyes tesztjeinek szemtől szembeni és számítógép-alapú változatát hasonlították össze. Miközben voltak olyan tesztek, például a DIFER beszédhanghallás tesztje, amelyek online formában megbízhatóbbnak bizonyultak, és a tesztfeladatokat jól át lehetett ültetni számítógépes platformra, az elemi számolási készség teszt nem bizonyult kellően megbízhatónak. Emellett a tesztet nem is lehetett eredeti formájában elektronikusan adminisztrálni, annak csak a manipulatív számolás és a számképfelismerés részei voltak felvehetőek online. A vizsgálat igazolta, hogy szükséges célirányosan technológia alapú mérési platformokra feladatokat fejleszteni, figyelembe véve a technikai lehetőségeket, a válaszadás módját, a kezelési felületet. A tesztfejlesztésnél pedig különösen fontos körültekintően eljárni, amikor kisgyermek technológia alapú mérése a célunk (Pásztor, 2017; Rausch & Pásztor, 2017). Ezen alapelvek mentén kezdődött meg egy online iskolakezdő mérőcsomag fejlesztése, amelynek szerves részét képezi a numerikus készségek kisgyermekkorai vizsgálata is (Csapó, Hódi, Kiss, Pásztor, Rausch, & Molnár, 2017).

KUTATÁSUNK CÉLKITŰZÉSEI

Az értekezésben bemutatott kutatásunk során egy saját online mérőeszköz kifejlesztését céloztuk meg, amely segítségével gyorsan és megbízhatóan feltérképezhető az 5-7 éves gyermekek korai numerikus készségeinek fejlettsége. Az értekezésben részletesen ismertetjük a tesztfejlesztés menetét, tesztváltozataink kialakításának szempontjait, azok felépítését, és elemezzük az ezekkel végzett mérések eredményeit. Elemzéseink során részletesen kitérünk a teszt jószágmutatóinak bemutatására és kiértékelésére, megvizsgáljuk a teszteredményeket, azok eloszlását.

A tesztfejlesztés mellett a korai numerikus készségek fejlődését, valamint azok iskolai matematikatanulásra gyakorolt hatását is fel kívántuk térképezni. Méréseink óvodai és iskolai korcsoportokat is érintettek, így lehetőségünk van keresztmetszeti összehasonlításra, ami az óvoda-iskola átmenet numerikus készségeinek fejlődéséről nyújt képet. Emellett az első évfolyamos mintán longitudinális nyomkövetést végeztünk, amelynek keretében a tanévkezdéskor felvett numerikus tesztünk adatait vethettük össze a tanulók évvégi matematika teszten elért eredményeivel. Ennek köszönhetően azonosítható, hogy az általunk vizsgált korai numerikus készségek a matematika mely részterületére vannak leginkább hatással, továbbá longitudinális méréseink a teszt prediktív validitásáról is információval szolgálnak.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Vizsgálataink mintái

Vizsgálatainkat óvodás és első évfolyamos gyermekek körében végeztük. Óvodai vizsgálataink közül az első és a második mérés az SZTE Oktatáselméleti Kutatócsoport és az MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport online iskolakezdő mérőcsomag fejlesztéséhez kapcsolódóan, a kutatócsoportok által szervezett óvodai mérések keretei között zajlott. Az első óvodai mérésen 342 gyermek vett részt, életkoruk átlagosan 5,8 év volt, a második mérésen 252 gyermeket vizsgáltunk, a minta átlagéletkora 6,4 év volt. Az óvodai validációs mérés saját szervezésben valósult meg 30 gyermek részvételével, átlagéletkoruk 5,7 év volt. Az óvodai vizsgálatok mintájának kialakításában az intézmények elérése játszott elsődleges szerepet. Iskolai méréseink az MTA-SZTE Képességkutatócsoport Longitudinális vizsgálatainak VI. mintáján végeztük (Csapó, 2014), amely országos területi reprezentativitási szempontokat figyelembe véve lett kialakítva. Ebben az iskolai bemeneti mérésen összesen 5154 első évfolyamos tanulót vizsgáltunk, majd a második mérésen, tavasszal közülük 4277 tanuló mértünk fel. Az első mérési ponton 7,1 év, a második mérésnél 7,7 év volt a minta átlagéletkora.

Eszközök

Saját fejlesztésű online korai numerikus készségeket vizsgáló tesztünk kidolgozásakor az iskolai matematikatanuláshoz szükséges numerikus készségek lefedését céloztuk meg, ami mellett figyelembe vettük a technikai lehetőségeket és a célcsoport életkori sajátosságait. Különösen ügyeltünk a tesztelés idejére, a feladatok mennyiségére és kinézetére. Tesztünk fő komponenseit, tartalmát és nehézségét az iskolaelőkészítés és iskolakezdés időszakára, 5-7 éves életkorú gyermekekre optimalizáltuk. A verbális számolási készségek fejlődésének legfontosabb alkotóelemeit, a számok nevének ismeretét és azok helyes felsorolását tesztünkben elsősorban az elemi számolásnak nevezett részteszttel vizsgáltuk. Ebben a számok sorrendjének pontos tudását ellenőriztük előrefelé és visszafelé, beleértve a számkörök átlépését. A teszt elemi műveletvégzés résztesztjében azt vizsgáltuk, hogy a gyermekek képesek-e adott elemszámú halmazokat megszámlálni, részhalmazokra bontani, illetve kiegészíteni. Egyik résztesztünk az arab számok felismerését vizsgálta, továbbá annak érdekében, hogy azt is mérjük, hogy tisztában vannak-e ezek jelentésével, egy másik résztesztben az arab számok mennyiségekhez való rendelését is mértük. A teszt megszerkesztéséhez és felvételéhez az eDia online mérés-értékelési platformot használtuk (Csapó & Molnár, 2017; Molnár, 2015). A teszt és a résztesztek pszichometriai jellemzőit részletesen az eredményeink között ismertetjük.

Kutatásunk során saját fejlesztésű eszközünk mellett további mérőeszközök alkalmazására is sor került. Validációs céllal vettük fel a második óvodai vizsgálatunkban résztvevő gyermekekkel a DIFER elemi számolási készség tesztjét (Nagy et al., 2004), amely a mi mérésünk alkalmával is megbízhatónak bizonyult (Cronbach- $\alpha=0,80$). Emellett ugyanebben a vizsgálatban szerepelt a DIFER relációszókinces tesztje is, amellyel a vizsgálatban szereplők relációszókincesnek fejlettségét kívántuk feltárni. A teszt reliabilitása elfogadható volt (Cronbach- $\alpha=0,62$). Az első évfolyamos tanulók körében végzett második mérésnél egy matematika tesztet vettünk fel, amely a Diagnosztikus Mérések Fejlesztése kutatási projekt során létrejött feladatbank egyik feladatklaszterének felhasználásával készült (Csíkos, Molnár, & Csapó, 2015). A teljes teszt és a hozzá tartozó három dimenzió (gondolkodás, alkalmazás, szaktárgyi) alszkálái is megbízhatóak voltak, a teljes teszt reliabilitása kiválónak (Cronbach- $\alpha=0,94$), a részteszteké jónak tekinthető (Cronbach- $\alpha=0,83-0,88$). Minden óvodai és iskolai vizsgálatunknak részét képezte egy számítógépes-egér használatot, illetve tablet eszközhasználatot vizsgáló teszt (Molnár & Pásztor, 2015), mivel kisgyermekkor online mérés-értékelésnél fontosnak tartottuk ellenőrizni, hogy gondot jelent-e a mérésben résztvevő gyermekek számára az eszközhasználat, a számítógépes platformon keresztül kitölthető feladatok megoldása. A teszt

megbízhatósága az egyes vizsgálatok során változó volt (Cronbach- $\alpha=0,40-0,72$), amelynek háttérében feltehetően a plafoneffektus és a gyerekek teszt közbeni fejlődése állhat. A gyermekek 90,3-95,1%-os átlagteljesítményt ($\sigma=7,5-13,4\%$) értek el a méréseken.

Eljárások

Vizsgálataink során óvodás és kisiskolás csoportokat teszteltünk. A gyermekek minden mérésnél teljesen önállóan oldották meg a feladatokat, a mérőbiztosok kizárólag technikai problémák elhárítása esetén, továbbá a tesztek elindításában segédkeztek. Online tesztjeink kitöltését minden esetben az eszközök között ismertetett számítógéphasználati feladatsor (Molnár és Pásztor, 2015) előzte meg, amely során a tanulók találkozhattak és begyakorolhatták a tesztek feladattípusait, beleértve a válaszadás módjait is. Az óvodai mérésekre az óvodák egy csoportszobájában, vagy külön fejlesztőtermében került sor. Az iskolai méréseket a résztvevő iskolák számítógépes szaktantermeiben bonyolítottuk le, és azokat az iskolák pedagógusai felügyelték. Kutatásunk tervezése, végrehajtása, eredményeink elemzése és közlése során mindvégig szem előtt tartottuk a társadalomtudományi kutatások alapvető etikai elvárásait, amely kiterjedt a mérésekben érintettek megfelelő szintű és folyamatos tájékoztatására, az anonimitás biztosítására, az adatok kezelésének és az elemzések elvégzésének alapvető követelményeire.

KUTATÁSI EREDMÉNYEK

Korai numerikus készségek online mérése az óvodában

Óvodai vizsgálataink megmutatták, hogy megbízhatóan tudjuk felmérni az óvodás korú gyermekek korai numerikus készségeit. Az első óvodai mérésen a korai numerikus készség teszt megbízhatósága magas volt (Cronbach- $\alpha=0,94$), a résztesztek reliabilitása az alacsonyabb itemszámú résztesztek esetében is elfogadható volt, azok 0,70 és 0,88 Cronbach- α értékek között helyezkedtek el, melyek közül a legalacsonyabb értéket az elemi számolás dichotóm feladatokból álló résztesztje érte el. A teszt feladatainak működését és nehézségi szintjét Rasch-elemzéssel is megvizsgáltuk, amely szerint a teszt EAP/PV reliabilitás értéke 0,92 volt. A korai numerikus készségek teszt konstrukum-validitásának ellenőrzéséhez megerősítő faktorelemzést végeztünk, amely szerint a részteszteknek megfelelően felépített 6-dimenziós CFA-modell ideálisan írja le a tesztben megjelenő faktorokat ($\chi^2=1900,82$; $p<0,001$; CFI=0,953; RMSEA=0,043), a CFI és TLI 0,95 feletti mutatói kiválóak, valamint a 0,04-es RMSEA különösen

alacsony. A faktorsúlyok a résztesztek mindegyikénél magasak, és az itemek szintjén is elfogadhatók. Az első tesztváltozatunk szerkezeti validitása az óvodai mérésen jónak tekinthető. A teszten elért átlagos teljesítmény az óvodában 57,2 %p volt, szórása 23,3 %p. Az teljesítmények eloszlása jobbra tolódott, és a Rasch-elemzés megmutatta, hogy elsősorban az alacsonyabb képességszinteket fedték le a feladataink, illetve az 1-es és 2-es képességszint között nincsenek mérőfeladatok a tesztben.

Alaposabb átdolgozást követően hoztuk létre a korai numerikus készségek második tesztváltozatát, amelyben négy részteszt került kialakításra, a további óvodai méréseink során ezt a változatot alkalmaztuk. A korai numerikus készségek teszt második változatának megbízhatósága az előző óvodai méréshez képest csökkent, de továbbra is elfogadható volt (Cronbach- α =0,83). A résztesztek többségének megbízhatósága is elfogadható volt. A teszt EAP/PV reliabilitása 0,83-ra csökkent, amely viszont továbbra is jónak tekinthető. Az átdolgozott teszt konstruktum-validitása megfelelő volt, korai numerikus készségek teszt új struktúráját leképező 4-dimenziós CFA-modellünk illeszkedése elfogadható volt ($\chi^2=1266,8$; $p<0,01$; CFI=0,907; RMSEA=0,06). A megerősítő faktorelemzés eredményei alapján a négy részteszt szorosan kapcsolódik a korai numerikus készségek közös, egy szinttel feljebb elhelyezkedő faktorához. A második tesztváltozatnál az óvodás gyermekek teljes teszten nyújtott átlagteljesítménye 62,9 %p volt ($\sigma=16,4$ %p). Rasch-elemzésünk szerint az itemek egy könnyebb, -1 körüli, és egy nehezebb, 2-höz közeli nehézségi szinten csoportosultak, a két feladathalmaz között kevés item helyezkedett el. Az eredmények alapján még szükséges a teszt további fejlesztése, hogy egyenletes arányban tudjuk lefedni a gyermekek képességszintjeit (Rausch; 2016a; 2017c).

Korai numerikus készségek online és szemtől-szembeni vizsgálatának összehasonlítása

Az eddig bemutatott vizsgálatok eredményei alapján részletesen fel tudtuk tárni a korai numerikus készségeket vizsgált online teszt megbízhatóságát, konstruktum-validitását, itemeinek működését, azonban kevés információval rendelkezünk ahhoz, hogy kiderítsük mennyiben lehet képes kiváltani a szemtől szembeni vizsgálati eljárásokat, valamint egyes készségek online tesztelési megoldásai helyettesíthetik-e a gyermekek szóbeli válaszait, hangos számolását. Ennek érdekében egy kismintás óvodai vizsgálatot végeztünk (Rausch & Pásztor, 2017), amelyben két online teszt, a korai numerikus készségek és a tablet eszközhasználat (Molnár & Pásztor, 2015) mellett, a szemtől szembeni adatfelvételhez kötött DIFER elemi számolási készség és relációszókincs tesztjeit (Nagy et al., 2004) is felvettük 30 óvodás gyermekkel. Óvodai validációs vizsgálatunk azt mutatja, hogy az online és a szemtől szembeni eszközök eredményei összefüggenek egymással, a vizsgált konstruktumok közül a két számolási készséget vizsgáló teszt között van a legerősebb kapcsolat. A korai numerikus készség teszt és a

DIFER elemi számolási készség teszt között szignifikáns összefüggés mutatható ki ($r=0,84$; $p<0,01$). A DIFER számlálás résztesztje és az online elemi számolás résztesztek között közepes erősségű korrelációt találtunk ($r=0,49$; $p<0,01$), valamint a DIFER számolvasás és az online formában mért arab számok felismerése között is erős korrelációt találtunk ($r=0,76$; $p<0,01$). A vizsgálat egy további eredménye, hogy a relációszókinces teszt szignifikánsan összefügg a tablet eszközhasználat tesztel is ($r=0,48$; $p<0,01$). A relációszókinccsel való összefüggés alapján az feltételezhető, hogy a tablet eszközhasznált nem pusztán a tableten végzett műveleteket, hanem egy általános feladatvállalást, illetve beszédértést is mérhet, amelynek alaposabb feltárása a jövőben még szükséges lehet. A szemtől-szembeni összehasonlítás bár kismintás vizsgálaton alapul, eredményei rávilágítanak, hogy az online teszt a szemtől szembeni mérőeszközökhöz hasonló becslést képes nyújtani a numerikus készségek fejlettségéről (Rausch & Pásztor, 2017).

Korai numerikus készségek online iskolai bemeneti mérése

A korai numerikus készségek online mérésének lehetőségeit egy iskolai bemeneti mérés során vizsgálatuk meg (Rausch, 2017b; Csapó, Rausch, & Pásztor, 2016). A teszt első változatával első évfolyamos tanulók körében végzett iskolai bemeneti mérésünk során a teszt megbízhatósága az óvodai méréshez képest alacsonyabb, de továbbra is megfelelő volt (Cronbach- $\alpha=0,89$). A résztesztek többségének reliabilitása az alacsony itemszám ellenére, még az elfogadható 0,7-es Cronbach- α érték közelében volt. A teljes teszt Rasch-elemzés segítségével feltárt EAP/PV reliabilitási mutatója 0,86 volt, amely jónak tekinthető. A korai numerikus készségek teszt első változatának konstruktumvaliditását az iskolai mérésen is megvizsgáltuk, a teszt hat résztesztjét leképező hierarchikus CFA-modell illeszkedése jónak mondható ($\chi^2=5089,56$; $p<0,001$; CFI=0,9283; RMSEA=0,034). Ezen kívül, az első évfolyam végi matematika teszt eredményének köszönhetően meg tudtuk nézni a teszt prediktív validitását is. A korai numerikus készségek teszt itemei és a matematika teszt átlageredménye közötti korrelációs együtthatók értékei minden esetben szignifikánsak. A résztesztek elején szereplő könnyebb feladatok azok, amelyeknek kisebb ($r=0,13-0,19$) a prediktív validitása, a résztesztek végén található nehezebb feladatok pedig magasabb együtthatókkal rendelkeznek ($r=0,19-0,42$).

Az első óvodai mérés eredményeivel keresztmetszeti összehasonlítást végezve elmondható, hogy az óvodától első évfolyamig bekövetkezett fejlődés mértéke jelentős (Cohen- $d=1,05$). A korai numerikus készségek teszten elért teljesítmény 21 százalékponttal volt magasabb az iskolások körében. Az összes részteszten elért teljesítmény 20-21%p körül, szignifikáns mértékben emelkedett. Az első évfolyamos tanulók teszten elért átlagteljesítménye 80,5 %p ($\sigma=23,5\%p$) volt. A résztesztek

tekintetében is magas átlagteljesítményeket mértünk, amelyek eloszlása a teljes teszthez igazodva erősen jobbra tolódott. Emellett a Rasch-elemzés is megmutatta, hogy a feladatok többsége túl könnyűnek bizonyult a vizsgált korcsoportban. A magasabb képességszintekről, egy-két kivételtől eltekintve teljesen hiányoztak az itemek, így a teszt az iskolai mintában a jobb képességű tanulók képességszintjét kevésbé pontosan tudta becsülni (Rausch, 2016c; Rausch, 2017b).

A korai numerikus készségek fejlettségének hatása az iskolai matematikatanulásra

Tesztünk első változatával végzett longitudinális elemzéseink eredményei megmutatták, hogy a korai numerikus készségek jelentős hatást gyakorolnak az iskolai matematikatanulásra. A korai matematikai készségek a lineáris regressziós elemzés eredménye szerint 28,4%-ban magyarázzák az első év végi matematika teljesítményt. A korai numerikus készségek iskolai matematika teljesítményre gyakorolt hatásának részletesebb vizsgálatához strukturális egyenletek modellezést (SEM) alkalmaztunk, amelynél több hipotetikus modell illeszkedését is megvizsgáltuk. Az első modellünkben a résztesztekből felépülő korai numerikus készségek hatását vizsgáltuk a matematika eredményre. A modellben, melynek illeszkedése jó volt ($\chi^2=363,4$; $p<0,001$; CFI=0,972; RMSEA=0,055), a korai numerikus készségek szignifikáns hatást gyakorolnak a matematika teljesítményre, a standardizált regressziós együttható a két fő faktor között 0,63 ($p<0,01$). A következő modellben korai numerikus készségek hatását külön-külön vizsgáltuk a három matematika részteszt eredményére. E modell illeszkedése is megfelelő volt ($\chi^2=355,73$; $p<0,001$; CFI=0,973; RMSEA=0,057). A gondolkodásnál 0,48-as, az alkalmazásnál 0,51-es, a tantárgyi dimenziónál 0,55-ös regressziós együtthatókat találtunk, amelyek mindhárom esetben szignifikánsak ($p<0,05$). Az utolsó modellünkben a korai numerikus készségek összetevőit, a hat részteszt hatását vizsgáltuk meg a matematika teljesítményre. Ez alapján elmondható, hogy bár mindegyik részteszt hatása szignifikáns, a relációk (0,37) és az elemi számolás (0,13), valamint az arab számok felismerése (0,11) résztesztek regressziós együtthatói voltak magasabbak. A modell illeszkedése kiváló volt ($\chi^2=37,48$; $p<0,001$; CFI=0,996; RMSEA=0,022). Az általunk kapott eredmények megerősítik korábbi nemzetközi vizsgálatok eredményeit (Aunio & Niemivirta, 2010; Jordan et al. 2009), rávilágítanak a korai numerikus készségek iskolai matematikatanulásban betöltött szerepére (Rausch, 2017a).

Pedagógiai relevancia

A tesztfejlesztéssel egybekötött óvodai és iskolai kutatásaink eredményeként egy olyan mérőeszköz jöhet létre, amelyet széles körben, könnyen tudnak majd alkalmazni óvodapedagógusok és tanítók a rájuk bízott gyermekek korai numerikus készségeinek felmérésére és az esetlegesen lemaradásban lévő gyermekek kiszűrésére, annak érdekében, hogy időben fel tudják őket zárkóztatni. Az online mérések eredményire alapozva tervezhetik meg matematikai nevelő-oktató munkájukat. Az online mérésekben rejlő lehetőségeket kihasználva azonnali egyéni- és csoportszintű visszacsatolást tudunk biztosítani, amely mellé a jövőben ajánlásokat is megfogalmazhatunk a fejlesztések, felzárkóztató foglalkozások tartalmának kialakításához, továbbá a pedagógusok munkáját a mérések eredményeivel összehangolt, saját fejlesztésű fejlesztőprogramok széleskörű elterjesztésével is meg kívánjuk támogatni (Rausch, 2015; Rausch, Debreczeni, & Szabó, 2014; Rausch & Turainé Toldi, 2016).

A TÉZISFÜZETBEN FELHASZNÁLT IRODALOM (SAJÁT PUBLIKÁCIÓK NÉLKÜL)

- Aunio, P., & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and individual differences*, 20(5), 427-435.
- Aunio, P., & Räsänen, P. (2016). Core numerical skills for learning mathematics in children aged five to eight years—A working model for educators. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(5), 684-704.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M. K., & Nurmi, J. E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to Grade 2. *Journal of educational psychology*, 96(4), 699.
- Csapó, B., & Molnár Gy. (2017). Assessment-based, personalised learning in primary education. In J. C., Spender, T. Gavrilova, & G. Schiuma, (Eds.), *Knowledge management in the 21st century: esilience, creativity and co-creation. Proceedings IFKAD2017*. (pp. 443–249). St. Petersburg: Petersburg University.
- Csapó, B. (2014). A szegedi iskolai longitudinális program. In J. Pál & Z. Vajda (Eds.), *Szegedi Egyetemi Tudástár 7. Bölcsész- és társadalomtudományok* (pp. 117–166). Szeged: Szegedi Egyetemi Kiadó.
- Csapó, B., Fejes, J. B., Kinyó, L., & Tóth, E. (2014). Az iskolai teljesítmények alakulása Magyarországon nemzetközi összehasonlításban. In T. Kolosi & I. G. Tóth (Eds.), *Társadalmi Riport 2014* (pp. 110–136). Budapest: TÁRKI.
- Csapó, B., Molnár, Gy., & Nagy, J. (2014). Computer-based assessment of school readiness and early reasoning. *Journal of Educational Psychology*, 106(3), 639–650.
- Csíkó, Cs., Molnár, Gy., & Csapó, B. (2015). A matematika online diagnosztikus mérések tartalmi kereteinek elméleti alapjai. In B. Csapó, Cs. Csíkó, & Gy. Molnár (Eds.), *A matematikai tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei* (pp. 15–28). Budapest: Oktatókutató és Fejlesztő Intézet.
- Dehaene, S. (2003). *A számérzék*. Budapest: Osiris.
- Friso-van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., & van Luit, J. E. (2014). Number sense in kindergarten children: Factor structure and working memory predictors. *Learning and Individual Differences*, 33, 23-29.
- Fritz, A., Ehlert, A. & Balzer, L. (2013) Development of mathematical concepts as basis for an elaborated mathematical understanding. *South African Journal of Childhood Education*, 3(1), 38-67.
- Igács, J., Janacsek, K., & Krajcsi, A. (2008). A Numerikus Feldolgozás és Számolás Teszt (NFSZT) magyar változata. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 63(4), 633-650.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early Math Matters: Kindergarten Number Competence and Later Mathematics Outcomes. *Developmental psychology*, 45(3), 850-867.
- Józsa K. (2004). Az első osztályos tanulók elemi alapkészségeinek fejlettsége - Egy longitudinális kutatás első mérési pontja. *Iskolakultúra*, 14 (11) 3–16.
- Józsa K. (2014). *A számolás fejlesztése 4–8 éves életkorban*. Szeged: Mozaik Kiadó.
- Molnár, Gy. (2011). Az információs-kommunikációs technológiák hatása a tanulásra és oktatásra. *Magyar Tudomány*, 172(9), 1038–1047.

- Molnár, Gy. (2015). A képességmérés dilemmái: A diagnosztikus mérések (eDia) szerepe és helye a magyar közoktatásban. *Génius Műhely: A magyar tehetségsegítő szervezetek szövetsége (MATEHETSZ) kiadványsorozata*, 15(2), 16–29.
- Molnár, Gy., & Pásztor, A. (2015). A számítógép alapú mérések megvalósíthatósága kisiskolás diákok körében: első évfolyamos diákok egér- és billentyűzet-használati képességének fejlettségi szintje. *Magyar Pedagógia*, 115(3), 239–254.
- Nagy J., Józsa K., Vidákovics T., & Fazekasné Fenyvesi M. (2004). *DIFER Programcsomag: Diagnosztikus fejlődésvizsgáló és kritériumorientált fejlesztő rendszer 4-8 évesek számára*. Szeged: Mozaik Kiadó.
- Nunes, T. & Csapó, B. (2011). Developing and assessing mathematical reasoning. In B. Csapó & M. Szendrei (Eds.), *Framework for diagnostic assessment of mathematics*. (pp. 17-56) Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Pásztor, A. (2017). Tanulói szintű visszacsatolás és fejlesztés: technológia alapú mérések alkalmazási lehetőségei a mindennapi pedagógia gyakorlatban. In Gy. Hunyady, B. Csapó, G. Pusztai, & J. Szivák (Eds.), *Az oktatás korproblémái* (pp. 202-212). Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.
- Ricken, G., Fritz, A. & Balzer, L. (2013). *MARKO-D. Mathematik und Rechnen – Test zur Erfassung von Konzepten im Vorschulalter* [MARKO-D. Mathematics and arithmetics – test for assessing concepts in pre-school age]. Göttingen: Hogrefe.
- Van Luit, J. E. H., Van de Rijt, B. A. M., & Pennings, A. H. (1994). Utrechtse getalbegrip toets [early numeracy test]. *Doetinchem, The Netherlands: Graviant*.
- Wright, R.J., Martland, J., & Stafford, A. (2006). *Early numeracy: Assessment for teaching and intervention (2nd Edition)*. London: Sage.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.

AZ ÉRTEKEZÉSBEN HIVATKOZOTT SAJÁT KÖZLEMÉNYEK

- Csapó, B., Hódi, Á., Kiss, R., Pásztor, A., Rausch, A., & Molnár Gy. (2017). Developing Online Diagnostic Instruments for Assessing Pupils' Skills at the Beginning of Schooling. 17th biennial conference of the European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI). pp. 508-509. Tampere, Finland, August 29-September 2, 2017.
- Csapó, B., Rausch, A., & Pásztor, A. (2016, August). Online Assessment of Early Numeracy and Reasoning. Paper presented at the EARLI SIG 1 Conference, Munich, Germany, 08,24-26, 2016.
- Csikos, Cs., András, Sz., Rausch, A., & Shvarts, A. (2018). Mathematics learning and its difficulties in Eastern European countries. In A. Fritz, V. Haase, & P. Räsänen (Eds.), *The International Handbook of Math Learning Difficulties: from the lab to the classroom*. Brazil: Springer.
- Rausch, A. (2015). Preschool training of early mathematical skills. In Cs. Csikos & Z. Gál (Eds.), *CEA 2015 – 13th Conference on Educational Assessment. Program – Abstracts*. (p. 60) Szeged: University of Szeged.
- Rausch, A. (2016a, June). Online Assessment of Early Numerical Skills in Kindergarten – Results of a Pilot Study. Paper presented at the 21st Conference of the JUNior REsearchers of EARLI, Helsinki

- Rausch, A. (2016b). Lehetőségek és kihívások a számolási készségek online mérésében In H. Misley (Ed.), *Digitális pedagógus és nemzedék konferencia - Konferenciakötet.* (pp. 61-62) Budapest: ELTE PPK Neveléstudományi Intézet.
- Rausch, A. (2016c). Online Assessment of Early Numeracy at School Entry. In C. Csíkos, A. Rausch, & J. Szityányi (Eds.), *Proceedings of 40th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Volume 1* (pp. 226). Szeged: PME.
- Rausch, A. (2017a). Számolási készségek technológia alapú mérése az óvoda-iskola átmenet időszakában. In M. Lehmann (Ed.), *Gondolkodni – más – hogy? II.: Konferencia a kisgyermekkorai gondolkodás fejlesztéséről.* (p. 34) Budapest: ELTE.
- Rausch, A. (2017b). Korai numerikus készségek online mérése első évfolyamos tanulók körében In A. Zsolnai, L. Kasik (Eds.), *Új kutatások a neveléstudományokban 2016: A tanulás és nevelés interdiszciplináris megközelítése* (pp. 193-208). Szeged: SZTE BTK Neveléstudományi Intézet, MTA Pedagógiai Bizottság.
- Rausch, A. (2017c). Technology based assessment of number word sequence. In A. Rausch & E. Dombi (Eds.), *Iffjú Pszichológiai és Neveléstudományi Kutatók Országos Konferenciája 2017: Mérés és értékelés a pedagógiában és a pszichológiában.* (p. 35) Szeged: Doktoranduszok Országos Szövetsége
- Rausch, A., & Pásztor, A. (2017). Exploring the Possibilities of Online Assessment of Early Numeracy in Kindergarten. In B. Kaur, W.K. Ho, T.L. Toh, & B.H. Choy (Eds.), *Proceedings of the 41st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Vol. 4.* (pp. 89-96) Singapore: PME.
- Rausch, A., & Turainé Toldi, D. (2016). Mina és a vakond – egy német matematikai fejlesztőprogram 4-8 éves gyermekeknek. *Óvodai Nevelés*, 69(3) 24-25.
- Rausch, A., Debreczeni, D.G., & Szabó, D.F. (2014). Training Early Mathematical Skills: Hungarian Adaptation of the Mina and the Mole. In E. Korom & A. Pásztor (Eds.), *CEA 2014 – 12th Conference on Educational Assessment. Program – Abstracts* (p. 92.) Szeged: University of Szeged.