

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM BÖLCSÉSZETTUDOMÁNYI KAR

PSZICHOLÓGIA DOKTORI ISKOLA

EVOLÚCIÓS- ÉS KOGNITÍV PSZICHOLÓGIA PROGRAM



**NUMERIKUS KÉPESSÉGEK TIPIKUS ÉS ATÍPIKUS FEJLŐDÉSE
ÓVODÁS KORBAN**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Györkő Enikő

Témavezető: Dr. Lábadi Beatrix

Pécs: 2015

BEVEZETŐ GONDOLATOK, A DOLGOZAT CÉLKITŰZÉSEI

Az értekezés a numerikus tudás tipikus és atipikus fejlődését és az összefüggésrendszereinek tanulmányozását célozza meg. Középpontban a számérzék és téri ismeretek kapcsolata illetve a számérzék és téri-vizuális munkamemória viszonyainak feltárása áll. A terület fejlődési összefüggéseinek megismerését fontosnak tartjuk, mert a numerikus kompetencia meghatározó képesség a gyermekkorban a tanulási hatékonyság szempontjából. Az iskolai életben a matematikai sikeresség nemcsak egy tantárgy eredményességét jelenti, hanem meghatározó más természettudományos tárgyak teljesítményére is. Továbbá ez a tudás befolyással van hétköznapi élet konvencionális területein, alapvető feltétele a technológia térnek.

Célkitűzéseink több területre fókuszálnak. Egyrészt vizsgálni kívánjuk az iskoláskort megelőző időszak numerikus teljesítmény jellegzetességeit, elkülönítve a tipikus és a koraszülött fejlődési útvonalakat. Kapcsolatot keresünk a numerikus ítéletek és a téri-vizuális tapasztalatok között. Továbbá vizsgálni kívánjuk a téri-vizuális munkamemória befolyását a numerikus eredményességre a tipikusan és az atipikusan fejlődő gyermekek körében. Ezeknek a tényezőknek a feltárása közelebb vihet annak a kérdésnek a megválaszolásához, hogy milyen összetevők segíthetik a területek pedagógiai és pszichológia fejlesztését.

Vizsgálatunkban több helyzetben teszteltük a gyermekek numerikus fejlődési sajátosságait. Egyrészt vonalfelezési paradigma két helyzetében, a horizontális és vertikális elrendezésben tanulmányoztuk a gyermekek numerikus ítéleteire ható téri-vizuális ingereket. Ezután külön választva a tipikus és atipikus fejlődés mintát vizsgáltuk a számérzék, illetve munkamemória és a számérzék kapcsolatát. Kutatási helyzeteink alkalmat nyújtanak a komplex elemzésekre: vizsgálhatjuk a téri-, és a számérzék fejlődési összefüggéseit, betekinthetünk a számérzék egyes területein mért teljesítményekbe, továbbá elemezhetjük az emlékezeti teljesítmény fejlődésének hatását számérzék összetevőire. A koraszülött gyermekek vizsgálatával egy új, eddig még hazai mintán nem vizsgált terület megismerése zajlik remélve, hogy részletesebb információhoz jutunk az atipikus fejlődési sajátosságokat tekintve.

1. A SZÁMÉRZÉK ÉS ÖSSZEFÜGGÉSEI

A számérzék olyan veleszületett potenciálunk, amivel képesek vagyunk intuitív módon megragadni a számok jelentését. A számérzék hozzá segít minket ahhoz, hogy becsléssel megítéljük a mennyiségeket, felismerjük a számosság változásait, flexibilisen kezeljük a numerikus helyzeteket és akár észrevegyük az ésszerűtlen eredményeket is (Dehaene, 2011,

Kalchmann, Moss, Case, 2001). A számérzék nem egyszerű numerikus ismeret, a mennyiségek analóg reprezentációja, hanem egy „*patchwork*” képviselője a képességeknek, egy magtudás, ami a többi kognitív képességhez kapcsolódóan összefüggésben áll a fejlődéssel és az oktatással. (Berch, 2005). A számérzék a neuropszichológiai megközelítés szerint egy speciális modul működésén alapul, amiben egy primitív számfeldolgozó egység támogatja a későbbi tanulás útján elsajátítandó matematikai ismereteket. Alapvető működése szerint felelős a mennyiségek számontartásáért, a mentálisan reprezentált mennyiségek szabályok szerinti átalakításáért és a matematikai műveletekért (Dehaene, 2003).

A kognitív-numerikus reprezentáció hierarchikus szerveződésű (von Aster, Shalev, 2007), melynek megismerése kiemelt területe lett a kognitív fejlődés-lélektani vizsgálatoknak. A vizsgálatok egyrészt pontosították a preverbális (Wynn, 1992, Xu, Spelke, 2000) és a fiatal gyermekek (Jordan, Lewin, 2009) numerikus sajátosságait, másrészt igazolni tudták a numerikus faktorok kölcsönös egymásra gyakorolt hatását (Gersten, Chard, 1999, Van Luit, 2001). Közben az is egyértelművé vált a megismert neuropszichológia tényekkel, hogy egyes kognitív tényezők, mint a vizuális észlelés, az emlékezet, a nyelv kölcsönhatásai egyértelműen jelen vannak a numerikus sikerességben (Dehaene, 2003, Geary, Hoard, Hamson, 1999, Mazocco, Myers, 2003). Összegezve tehát úgy tűnik, hogy a numerikus tudás komplex és érzékeny területe a kognitív fejlődésnek, és a számérzék tipikus és atipikus fejlődésének ismerete számos pszichológiai és pedagógiai kérdést vet fel (Jordan, Huttenlocher, Levine, 1992).

1.1 Számérzék tipikus fejlődés és atipikus fejlődése

Az új kutatások a konstruktivista elgondolással (Piaget, 1970) szemben igazolni tudták, hogy a szenzomotoros interakciókon túl a numerikus érzékenység korai évektől kezdődően jelen van és befolyást gyakorol a későbbi óvodás-, és iskoláskori teljesítményre (Siegler, 2009). A csecsemők modalitástól függetlenül képesek a mennyiségek észlelésére (Xu, Spelke, 2000, Lipton, Spelke, 2004, Wood, Spelke, 2005), és érzékenyen reagálnak a kisebb mennyiségek változására (Wynn, 1992). Feltételezhető, teljesítményük nem a vizuális érzékenységük eredménye, hanem egy *protoszámítási modul* segítségével oldják meg a numerikus helyzeteket (Dehaene, 2011). A modul működését egyrészt a *gyűjtődény modell* (Meck, Church, 1983), másrészt a *tárgy-kép modell* (Uller, 1999) magyarázza. A gyűjtődény modell szerint egy belső számláló működik, amely alkalmas folytonos, vagy diszkrét mennyiségek becslésére, míg a tárgy-kép modell a kisszámú elemek tárolásának pontos reprezentációját magyarázza. Feltételezhető, hogy a csecsemők egyrészt egy elemi számítási tároló segítségével képesek

alacsony elemszámú mennyiségek azonosítására, másrészt a mentális jelzők használatával képesek az elemek elkülönítésére. Az elsődleges preverbális alapok talján épül fel a másodlagos szimbolikus numerikus tudás és válnak képessé a nyelv verbális megjelenésével később a szubitizációra, a számlálásra, a számosság mennyiségi összehasonlítására, a mennyiség nagyság lineáris reprezentációjára és az aritmetikai műveletekre (Jordan, Glutting, Ramineni, Watkins, 2010).

A számérzék fejlődését vizsgáló kutatások egy részét az iskolában felmerülő numerikus teljesítmények sikertelenségei indukálták. A vizsgálódási előzmények szerint genetikai, neuropszichológiai és epidemiológia érvek szólnak amellet, hogy a numerikus nehézségek mögött egyrészt speciális területek sérülése másrészt egyéb sajátos tanulási nehézségekből (pl. dyslexia, dysgráfia) származó komorbiditás is szerepet játszik. A rizikófaktorok közül általánosan felmerülő tényező a kognitív képességek területei, amelyek különösen nagy figyelmet kapnak a numerikus hibák magyarázatában. A kognitív indikátorok között ott találjuk az olvasási nehézséghez hasonlóan a nyelvi terület érintettségét, mint specifikus-nyelv zavart (Hanich, Jordan, Kaplan, Dick, 2001), vagy a fonológiai tudatosság atipikus fejlődési sajátosságát (Gersten, Chard, 1999). Egyes elgondolások szerint az alacsony matematikai teljesítmény kapcsolatba hozható az egyes periférikus rendszerekkel, mint a vizuális ábrázolások észlelésével, a munkamemóriával (Reuhkala, 2001, Keeler, Swanson, 2001), a kognitív folyamatok sebességével (Geary, Hoard, et al., 2007), vagy a téri-vizuális figyelemmel, ami a visszakeresési hiányosságokban, és/vagy a proceduláris műveletek gyengeségében mutatkozik meg (Geary, Hoard, 2001). Különösen jelentősnek gondolják a munkamemóriának a numerikus képességekre gyakorolt hatását (Bayliss, Jarrold, Gunn, Baddeley, 2003).

A szerzett oki tényezők közé sorolják a perinatális faktorok szerepét. A megrövidült intrauterin stimuláció és a perinatális időszakot jellemző deprivációs hatások rontják a fejlődési esélyeket és megterhelik az éretlen idegrendszert, ami tovább nehezíti az alkalmazkodási esélyt és csökkenti későbbi tanulási potenciált (Csiky, 2006). A kutatások szerint a perinatális kockázati tényezők nem feltétlenül tűnnek el nyomtalanul és a gyermekek későbbi életében felbukkanhatnak olyan problémák, amelyeket az addig eltelt életszakaszban még nem jelentkeztek. A „*mozgó rizikó*” (Jens, Gordon, 1991), vagy az „*alvó hatás*” (Wrape, 2003) elgondolása szerint a zavarok az életkorral előrehaladva bukkannak fel és erősödnek meg. A koraszülöttek számos deficitettel rendelkeznek, amelyek befolyásolják a tanulási sikerességet. Az iskolás korosztályban neurológiai tünetektől mentes koraszülöttek körében nagyobb arányban fordul elő tanulási nehézség a normál populációhoz képest, és ez egyaránt

érintik az olvasási és matematikai teljesítményt (Saigal, Hoult, és mtsai, 2000, Taylor, Burant, Holding, 2002). Különösen fontos eredmény, hogy a koraszülött csoporton belül az extrém alacsony születési súllyal világra jött gyermekek kisiskolás korban alacsonyabb teljesítményt mutatnak az exekutív képességek és a motoros területeken egyaránt (Taylor, Klein, Drotar, Schluchter, Hack, 2006) ami meghatározó a vizuális memória teljesítményére és befolyással van a későbbi években a matematikai sikerességre (Rickards, Kelly, Doyle, Callanan, 2001). A vizsgálatok egyértelműen arra utalnak, hogy a háttérben szelektív deficit áll fenn és a kognitív gyengeség, a vizuális-téri percepció területen egyértelműen jelen van.

1.2 Számérzék és téri tapasztalatok

A számérzék és a tér összefüggése alapvetően a számosság és a téri struktúra reprezentációjában vizsgálható, ahogy egy tárgyon belül a számosság (pl. dobókocka, dominó), vagy a halmaz tárgyainak alakzata megformálódik, illetve az elemeknek kapcsolata reprezentálódik (Battista, 1999). A fejlődés során a téri tapasztalatok és a számérzék kölcsönösen hatnak egymásra. A téri szerkezet szabályszerűsége (pl. nyitott és csukott ujjak képe, mennyiséget jelölő pontkártyák), vizuális-téri támpontként meggyorsítja a numerikus feladatok végrehajtását, segíti a matematikai tanulást és megértést. (Van den Heuvel-Panhuizen, Buys, 2005).

A számérzék és a tér kapcsolatának másik összefüggése, hogy a számokhoz mennyiségi asszociációk mellett téri asszociációk is társulnak és ez a kapcsolat automatikus (Dehaene, 2003). A tér és a számok között fennálló kapcsolatot, egy belső reprezentációjú mentális számegetyenes igazolja. Ezzel a képzeletbeli egyenessel történik a számok nagyságának megértése, összehasonlítása és becslése. A téri jellegzetesség klasszikus bizonytékként a SNARC-hatást (Spatial Numerical Association of Response Code) tartják (Dehaene, Bossini, Giraux, 1993), ahol eldöntendő helyzetben, automatikusan aktiválódik a mennyiségi információ és a nagyobb számot jobbra, míg a kisebb számot balra észlelnék gyorsabban. Számos vizuális-téri kutatás szerint a felnőtteknél és gyerekeknél egyaránt automatikusan kiváltódik (de Hevia, Spelke, 2009, Lourenco, Longo, 2010). A hatás szisztematikusan megjelenik numerikus és nem numerikus sorozatoknál (Gevers, Reynvoet, Fias, 2003, Previtali, de Hevia, Girelli, 2010), szimbolikus nem-szimbolikus mennyiségnél egyaránt (de Hevia, Vallar, Girelli, 2008). A mentális számegetyenesen a mennyiségek proaktív téri orientációja nyilvánul meg. A számok rajta balról jobbra növekednek, így minden szám egy meghatározott térbeli hellyel rendelkezik és az ordinális sorozat kulturális meghatározottsága elvitathatatlan (Dehaene, 2011). Vizsgálati eredmények támasztják alá, hogy a téri kódolás

jelen van a korai évektől, de még nem aktiválódik automatikusan (Fias, Fisher, 2005), vagyis egyes vizsgálatok eredményei szerint (Berch és mtsai, 1999, Fisher és mtsai, 2003, Fisher, 2001) az aktiválódásának életkori határai vannak.

1.3 Számérzék és munkamemória

A korlátozott kapacitású munkamemória két alrendszere a verbális információk rövid idejű megőrzését szolgáló fonológiai hurok és a téri-vizuális információk megtartását célzó téri-vizuális vázlattömb, kognitív helyzetekben befolyással bír az átmenetileg tárolt információra (Baddeley, Hitch, 1974, Baddeley, 2001). A memóriakutatások jelentős figyelmet fordítottak a két alrendszer eltérő és azonos működési modellek sajátosságainak feltárására, ez alapján úgy tűnik, hogy a téri-vizuális munkamemória két önálló komponense (egy önálló téri és önálló vizuális) mellett a fonológia hurokhoz működéséhez hasonlóan egy motoros és egy ismétlési alkotórész funkcionál, amelyeknek hangsúlyos szerepei vannak az új információ elsajátításban és manipulációban (Racsmány, 2004). A memória hatékony működésében az emlékezetben tartható tételek száma és a használt stratégiák jelentős szerepet játszanak. Mindkét feltétel lineárisan fejlődik az egész gyermekkoron keresztül (Alloway, Gathercole, Pickering, 2006; Gathercole, Pickering, Ambridge, Wearing, 2004). Az emlékezet terjedelmének változását egyrészt az ismétlési mechanizmusok gyakoriságával hozták összefüggésbe (Baddeley, et al., 1986, Racsmány, 2004), másrészt az ismétlési mechanizmusok mellett a birtokolt tudás (Schneider, Näslund, 1993) és feldolgozás sebesség is befolyással bír (Baddeley, Hitch, 1974).

A fejlődés neuropszichológiai eredmények egyértelművé tették, hogy összefüggés mutatható ki a munkamemória és a területspecifikus ismeretek között. A kapcsolat a specifikus ismeretek hozzáférését, tárolását és előhívás kapacitásnövekedését befolyásolja. Ennek egyik legkutatottabb területe a numerikus ismeretek és az emlékezeti funkciók interakciója. A fejlődési vizsgálatok, amelyek a korai évektől (Dumontheil, Klinberg, 2012,) az iskoláskoron átívelnek (Bull, Espy, Wiebe, 2008, Kroesbergen, Van Luit, Aunio, 2012) a nyomon követett változásokkal, hangsúlyosan kiállnak amellett, hogy kölcsönös viszony igazolható az emlékezet, a tanulás és a numerikus tudás között.

A munkamemória-modell ma már túllépte a felnőtt és az egészséges gyermekek teljesítményére irányuló elméleti keretét és több területen deficitmintázatokat képes leírni a dyslexiások, vagy Williams-szindrómások atipikus fejlődésben (Csépe, 2002, Racsmány, 2004, Beauchamp, Thompson, Howard, et al., 2008). A koraszülöttek esetében az organikus és funkcionális rizikófaktorok egyaránt rontják a munkamemória teljesítményét (Baron,

Erickson, et al., 2010, Insausti et al., 2010). Az eredmények arra utalnak, hogy a koraszülött csoport teljesítménye jelentős elmaradást mutat a memória minden területen (Omizzolo, Scratch, et al., 2014).

2. VIZSGÁLATI PARADIGMÁK

2.1 Mennyiségérzékelés és téri hatások vizsgálata

A számok és a vizuális-téri reprezentáció kapcsolata jól demonstrálható a *vonallal megfelelő paradigma* alkalmazásával, amiben a középpontos felezés során, a horizontális vonal két végpontjain elhelyezett numerikus vs. nem-numerikus mennyiségek válnak iránymutatóvá az észlelő számára. A vonal kettéosztásakor torzítás jelentkezik a végponton elhelyezett nagyobb szám irányába, függetlenül attól, hogy a vizsgálatban arab számot, vagy nem-numerikus mennyiséget használnak (de Hevia, Spelke, 2009). A jelenség a mentális számegetes logaritmikus természetén alapul (Dehaene, 2003), ugyanis a logaritmikus tömörítés eltolja a felezőpontot a nagyobb szám felé, következésképpen a szubjektív középpont a nagyobb szám irányába tolódik (de Hevia, Girelli, Vallar, 2006).

Vizsgálatunkban két elrendezést alkalmaztunk. A gyermekek tesztelését egyrészt horizontális másrészt vertikális helyzetben végeztük. A vizsgált életkori csoportot az előzményekhez (de Hevia, Spelke, 2009) képest kibővítettük és 3-, 4-, 5 éves gyermek válaszait is bevontuk az értékelésbe. Szándékaink szerint olyan elrendezést kívántunk létrehozni ahol feltehetően megtaláljuk a spontán fejlődés fordulópontját.

Úgy gondoljuk, hogy a vizsgálat feltevései három életkori csoport összehasonlításával megfeleltethető, de emellett néhány teoretikus hipotézist is kifejtünk.

A tér és szám kapcsolat reprezentációjának hipotézisei:

Feltételezzük, hogy a fiatal gyermekek is a vonallalfelezési helyzetekben a nagyobb mennyiség irányába torzítanak.

Elgondolásunk szerint a numerikus rendszer és a téri érzék között a kapcsolat progresszív fejlődés mentén halad, a 3-, 4-, 5 éves gyermekek torzításos mintázatában eltéréseket találunk. Hipotézisünk szerint a vizsgálatban használt eltérő vizuális ingerek (területi lefedettség, elrendezés, sűrűség, irány) irányítják a gyermekek ítéleteit és informálnak a numerikus-téri ítélet fejlődéséről.

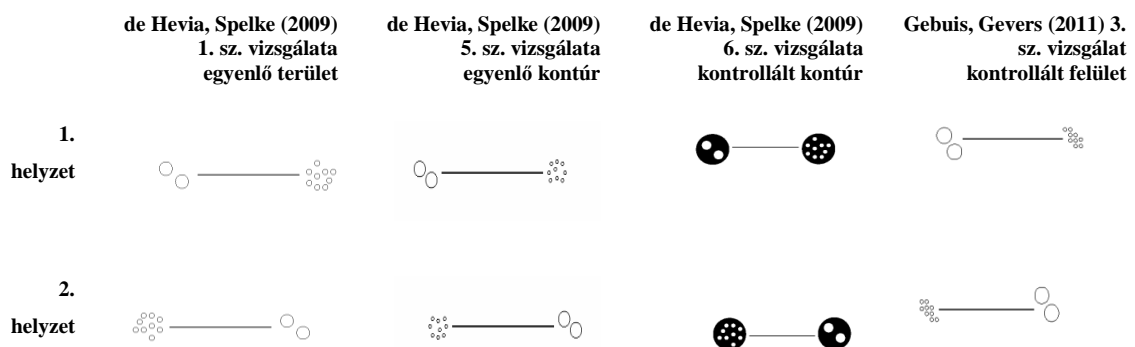
Különböző téri helyzetek és a számok kapcsolatának hipotézisei:

1. Elgondolásunk szerint a gyermekek numerikus ítéleteit nem befolyásolja a vonal megváltozott téri iránya (horizontális/vertikális), és 3-, 4-, 5-, 6 éves korban, a numerikus döntési helyzetben igazolható a fent-lent irányú elrendeződés is.
2. Álláspontunk szerint, egyenlő mennyiségek esetében megszűnik az ingerek közötti következetes összeütközés, ezért feltételezzük, hogy a hasonló mennyiségek esetében az ítéletek során nem várható nagyság-hatás.

2.1.1 Horizontális vonalfelezési paradigma (Vizsgálat I.)

Módszer

Alapvetően négy vizsgálati helyzetben mértük a gyermekek torzítását nem-szimbolikus mennyiségekkel (1. ábra). A vizsgálatok során szisztematikusan változtattuk a téri lefedettségét és téri elhelyezését az előzetes vizsgálatokat követve.



1. ábra Horizontális vonalfelezési paradigma alapvizsgálati helyzetei

Eredmények

Az elemzést két lépésben végeztük. Először összehasonlítottuk a négy vizsgálati feltételt mindegyik korcsoportban, majd külön elemeztük az eltérő vizsgálati helyzetekben az irányok hatását. Szembeállítva a négy vizsgálati feltételt, szignifikáns különbséget találtunk az irányok (a mennyiség bal/jobbs elrendezés) szerint [$F_{(3,71)} = 2.625$; $p < .05$] a post hoc elemzés alapján (LSD) az első (egyenlő terület) és a második vizsgálati helyzetünk (egyenlő kontúr) között (*Mean Difference (I-J) = -.910*; $p < .01$). Hasonló módon különbséget találtunk még az első és a negyedik vizsgálati helyzetünk között (*Mean Difference (I-J) = -.748*; $p < .025$). Nem találtunk szignifikáns hatást az életkorra [$F_{(2,71)} = .52$; $p = ns.$] tekintve a kettéosztó torzításban. Azonban interakció van a vizsgálati helyzeteink és az irányok között [$F_{(3,71)} = 8.053$; $p < .000$]. Az eredmények azt jelzik, hogy a kísérleti körülmények között a

mennyiségek elhelyezkedése befolyásolja a torzítást. A gyermekek a nagyobb mennyiség felé torzítanak, ha a mennyiség egyenlő területi lefedettségben van.

Egyenlő területi lefedettség. A főhatás a mennyiség eltérő irány elrendezésben jelent meg. [$F_{(1,71)} = 5.423$; $p < .023$]. Az eredmények azt igazolták, hogy a gyermekek a vonal kettéosztásakor a nagyobb mennyiség felé torzítottak és ez a hatás mindhárom életkori csoportban jelentkezett életkori hatás nélkül [$F_{(2,71)} = .225$; $p = .799$]. Az irányhatás nem mutatott interakciót a kettéosztott vonal hosszúságával (60 mm vs. 80 mm). Feltételezhető a felezéskor jelentkező torzítás független a vonalak hosszúságától.

Egyenlő kontúr. Szignifikáns főhatást a mennyiség irány szerinti elrendezésében találtunk [$F_{(1,71)} = 15.621$; $p < .000$] függetlenül az életkoroktól [$F_{(2,71)} = .251$; $p = .778$]. Azonban nem tudtuk megismételni de Hevia és Spelke (2009) vizsgálati eredményét 3-, és 5 év közötti korcsoportban. A gyermekek közelebb jelöltek a két pont elhelyezkedéséhez, mint a nagyobb mennyiség irányába.

Kontrollált kontúr. Ebben a vizsgálati helyzetben mindkét oldalon észlelhető kontúr egyenlő nagyságú. Eredményeink szerint nem találtunk irány-hatást [$F_{(1,71)} = 2.016$; $p = .160$]. Továbbá szintén nem találtunk fejlődési progressziót [$F_{(2,71)} = .170$; $p = .844$].

Kontrollált felület. Csekély hatást találtunk [$F_{(1,71)} = 3.366$; $p = .071$] a mennyiség jobb/bal irányú elrendezésében, amikor a vizsgált helyzetben a pont-tömbök azonos téri pozícióban és azonos felületi lefedettséggel rendelkeznek. Az eredmények azt mutatták, hogy a kísérleti helyzetben a gyermekek a kisebb mennyiség felé jelöltek a vonal kettéosztásakor. Ebben az elrendezésben sem találtunk az életkorok között különbséget a torzításban [$F_{(2,71)} = .489$; $p = .615$].

Összegzés

A kutatásunk variábilis eredményeket mutattak a kiválasztott életkori csoportokban. Nagyobb mennyiség irányába mutató torzítást egyedül a de Hevia és Spelke (2009) 1. számú vizsgálati helyzetével megegyezően találtunk, ahol egyenlő a pont-tömbök területi lefedettsége. Ezzel ellentétben a gyermekek a kisebb mennyiség felé mutatnak elfogultságot, amennyiben a pont-tömbök (2 pont) nagyobb lefedettséget mutatnak (egyenlő kontúr és kontrollált felület). Továbbá nincs irány-hatás akkor sem, amikor a fekete háttérű, zárt köröknél egyenlő nagyságú a pont-tömbök téri területe. A nagyobb mennyiség irányába mutató torzítás egyedül de Hevia és Spelke (2009) 4. vizsgálatával megegyezően jelentkezett, és nem igazolódtak a nagyobb mennyiség irányába mutató torzítás a többi kísérleti helyzetben (de Hevia, Spelke 2009, 5. és 6, vizsgálati helyzete és Gebuis és Gevers 2011, 3. vizsgálati helyzete).

Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a 3-, és 5 év közötti gyermekek használják a mennyiségi információkat, azonban az irányhatások függésben állnak az elérhető vizuo-téri információtól. Amikor a bemutatott ingerek perceptuálisan kontrollálhatóak, mint a mindkét oldalon a körök, a pont-tömbök és a vízszintes vonal között észlelhető rések, illetve a fekete kontúr kör, vagy a pontok kontrollált felülete, akkor a gyermekek nem tudták automatikusan kivonni a numerikus információkat a vizuális pont-tömbökből, mert a vizuális-téri jelzések nem támogatták a számosságot. Amíg egyéb feltételek mellett a különböző módon manipulált helyzetekben jelentkeztek az észlelhető pont-tömbök (egyenlő területi lefedettség, kontrollált felület), eltérő módon hoztak ítéletet a gyermekek, ami arra utal, hogy a torzításaikat a számosság vizuális megjelenítése befolyásolja (Longo, Lourenco, 2007; Gebuis, Gevers, 2011).

Jelentős tény az ingerek perceptuális tulajdonságai mellett a számérzék (Cooper, 1984). A gyermekek gyakran hiszik, hogy a fizikailag „nagyobb”, az önmagában „több” is. Lehetséges, hogy a téri reprezentáció potenciálisan informatívabb a számosságra vonatkoztatva a korai években. A téri információk, mint a távolság, az irány, vagy felület, képes stratégiákat mozgósítani a számosság gyors kivonására az adott környezetből.

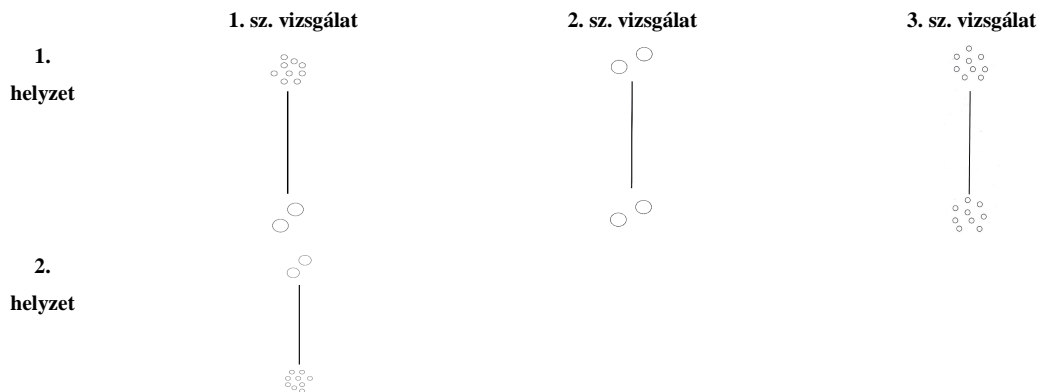
Továbbá fontos ténye a vizsgálatnak, hogy a három éves gyermekek is torzítást mutatnak a nagyobb mennyiség irányába, ha a pont-tömbök egyenlő területi lefedettségben állnak és teljesítményük hasonló téri-numerikus asszociációs mintát követnek, mint az idősebb gyermekek. Ez az eredmény alátámasztja azt az elképzelést, hogy a fiatal gyermekek is képesek kivonni a számossági információt, ha a téri-vizuálisjelzések jól szabályozzák az elérhető téri kiterjedéseket. A számosság és a tér spontán, nem-direkt leképezései alátámasztják azt az elméletet, hogy adott a gyermekek számára a numerikus reprezentáció a formális matematikai oktatás előtt és képviselt az általános mennyiségrendszerben a téri-numerikus rendszer. A különböző nagyságinformációk forrása (pontok mérete, teljes terület, kontrollált felület) eltérő torzításokhoz vezethetnek, azonban az elérhető vizuális ingerek hatása életkorral csökken.

2.1.2 Vertikális vonalfelezési paradigma (Vizsgálat II.)

Módszer

A vizsgálat három alaphelyzetre épült (2. ábra). A kísérleti helyzetben szisztematikusan változtattuk a mennyiségeket, mennyiségek irány szerinti elrendezését (lent/fent) és a téri lefedettséget (8. táblázat). Az első feltétel hasonlóan de Hevia és Spelke 2009-es tanulmányának 4. számú vizsgálatához a kísérleti helyzetünkben most vertikális helyzetben

alkalmaztuk, ahol az inger 60 és 80 mm hosszú 1 mm széles, fekete vonal, melynek két oldalán elhelyezett eltérő mennyiségű pont-tömbök vannak. Az egyik oldalon két pontból álló tömb, egyenként 10 mm átmérőjű, a szemben lévő oldalon kilenc pont-tömb, egyenként 4,71 mm volt látható. Mindkét oldalon a pontok egy virtuális, nem látható körben rendezettek, amelyik 30 mm átmérőjű és 2 mm-re helyezkedett el a vertikális vonaltól. A pontok által lefedett terület egyenlő nagyságú (Isd. egyenlő terület, eltérő mennyiséggel).



2. ábra Vertikális vonalfelezési paradigma alapvizsgálati helyzetei

Eredmények

Megvizsgálva az eltérő mennyiségekkel végzett vertikális helyzeteket összevonva minden életkori csoportot csekély hatást találtunk az irányok (mennyiség lent/fent elrendezés) szerint [$F_{(1,176)} = 3.876$; $p = .051$]. Tovább elemezve azonban interakció mutatható ki a kettéosztott vonal hosszúsága és az életkor között [$F_{(5,176)} = 8.375$; $p < .000$]. A felezéskor jelentkező torzítás függ a vonalak hosszúságától életkori viszonyban. Ezentúl interakció igazolható a hosszúság és a mennyiség irány szerinti elrendezésében [$F_{(1,176)} = 27.405$; $p < .000$]. Egyúttal interakció áll fenn a hosszúság, az irány és életkor között [$F_{(2,176)} = 3.428$; $p < .042$], az életkor és a próbák között [$F_{(15,176)} = 2.880$; $p < .000$]. Összehasonlítva az életkori mintákat, különbséget találtunk a csoportok között. A post hoc elemzést (LSD) használtunk, hogy a csoport különbségeket azonosítani tudjuk, így azt kaptuk, hogy a 3-, 4-, és 5 éves gyermekek eredményei szignifikánsan eltérnek a 6-, 7 évesek és a felnőttek eredményeitől (1. táblázat).

	p <	6 éves Mean Difference (I-J)	p <	7 éves Mean Difference (I-J)	p <	Felnőtt Mean Difference (I-J)
3 éves	.000	1,4170	.000	1,3288	.000	1,6928
4 éves	.000	1,7823	.000	1,6941	.000	2,0581

1. Táblázat 3 és 4 éves gyermekek eredményi összehasonlítva a többi vizsgált csoporthoz képest

Az egyenlő mennyiségekkel végzett elemzésben vizsgáltuk az irány (jelölés a testhez képest szaggítális irányba, közelebb/távolabb, illetve a vertikális helyzethez viszonyítva lent/fent), az életkorok, és a megfeleltetett vonalak eltérő hosszúságának hatását. Az adatokat ismertetve, több területen is jelentős különbségeket találtunk. Szignifikáns különbséget találtunk a vonal feltételezett középpontjának jelölésében [$F_{(1,176)} = 9.617$; $p < .002$]. Feltételezhető, hogy az életkor befolyásolja a torzítás irányát, mert interakció találtunk a jelölési irány és az életkorok között [$F_{(5,176)} = 14.600$; $p < .000$]. Az eredményeink alapján úgy tűnik, hogy a 3-, 4 éves gyermeknél tendenciaszerűen nagyobb értékű torzítást mértünk. 5 éves kor után lassan a tendencia megfordul és 6 éves kortól a torzítás mértéke csökken. Továbbá jelentősen hatott a kísérlet során a kettéosztott vonal hosszúsága is [$F_{(1,176)} = 9.535$; $p < .002$]. A 3 éves gyermekek nagyobb torzítással dolgoznak 80 mm hosszú vertikális vonal esetében. Fontos kiemelni, hogy a hosszúság és az életkorok között is interakció áll fenn [$F_{(5,176)} = 6.965$; $p < .000$]. Elemeztük még a hosszúság az irányok vizsgálati helyzeteit és az életkori csoportokat. Ezek a változók interakcióban állnak egymással. [$F_{(5,176)} = 4.893$; $p < .000$]. Az eltérő mintázat egyértelműen megmutatkozik a két vonal hosszúság esetében korcsoportonként. 80 mm hosszú vonalnál 7 éves kortól megváltozik irány, a testtől szaggítálishoz távolabb jelölnek, míg korai életkorban az észlelt középpont a testhez szaggítális irányba közelebb esik. Végül összehasonlítottuk az életkori csoportok közötti torzítást (2. táblázat). A három éves gyermekek torzításai jelentősen eltérnek minden életkori csoporttól. A post hoc elemzés (LSD) alapján a többi életkori minta egymáshoz viszonyított eredményei vegyes értékeket adnak.

		3 év	4 év	5 év	6 év	7 év	Felnőtt
3 év	p <		.000	.000	.000	.000	.000
	Mean Difference (I-J)		3.4013	5.2607	3.6335	5.2438	4.5426
4 év	p <	.000		.031	.793	.030	.180
	Mean Difference (I-J)	-3.4013		1.859	.2322	1.8425	1.1413
5 év	p <	.000	.031		.075	.985	.413
	Mean Difference (I-J)	-5.2607	-1.859		-1.6272	-.0169	-.7181
6 év	p <	.000	.793	.075		.073	.314
	Mean Difference (I-J)	-3.6335	-.2322	1.6272		1.6103	.9091
7 év	p <	.000	.030	.985	.073		.416
	Mean Difference (I-J)	-5.2438	-1.8425	.0169	-1.6103		-.7012
Felnőtt	p <	.000	.180	.413	.314	.416	
	Mean Difference (I-J)	-4.5426	-1.1413	.7181	-.9091	.7012	

2. Táblázat Életkori csoportok összehasonlítása az elért teljesítmények alapján

Összegzés

Eredményeink szerint a vertikális irányú numerikus feldolgozásnak életkori kikötése van. Ellentétben a horizontális helyzettel nem tudtuk igazolni minden óvodai életkorban, hogy a gyermekek a numerikus ítéleteik során a nagyobb mennyiség felé torzítanak, ha az ingerek téri lefedettsége egyenlő. A gyermekek 5 éves korig a kisebb mennyiség felé választanak, majd a torzítás iránya 6 éves kor után megváltozik és ez a hatás konstans módon igazolható a további életkorokban. Ez az eredmény abból a szempontból is fontos, hogy a 6 évesek, akik hasonló módon torzítanak a vonal felezésekor, mint az idősebb életkorú gyermekek és felnőttek, még nem vesznek részt formális matematikai oktatásban.

A kutatásunk egyik meglepő eredménye az egyenlő mennyiségek között mutatkozó vonalfelezési ítélet. A kettő vs. kettő és a kilenc vs. kilenc pontok önmagukban nem hordoznak vizuális-numerikus csapdát, ezért a felezésékor a jelelölést a középponthez a legközelebb vártuk. Az eredményink ezt 6 éves kor után igazolták. Amíg a 3-, és 4 évesek a testhez képest szaggítáisan közelebb, illetve vertikálisan tekintve lefelé torzítottak, addig ez az ítélet 5 éves kor után megváltozik és a vélt középponthez közelebb jelölnek, ami későbbi életkori csoportokban (6-, 7 évesek és felnőttek) egyértelműen igazolható.

Egyúttal az is fontos eredmény, hogy a válaszokra hatással van a megítélt vonal hosszúsága is. A mért interakció szerint a hosszúság az ítéletek irányát befolyásolja. Mivel a megváltozott válaszirány hét éves kor után jelentkezik és konzekvensen a felnőttek ítéleteiben is jelen van, ezért feltételezhető, hogy a perceptuális tanulás/vizuális képességek növekedése állhat az eredmények mögött, amely tartós változást hoz létre az észlelésben.

Paradigma vizsgálatok összefoglalása

Az eredményinket tekintve feltételezhetjük, hogy a horizontális és vertikális téri helyzetek megítélésének életkori határok vannak. Bár a kiválasztott korosztálynak a számok téri-vizuális reprezentációjára vonatkozó tudományos tapasztalatai bőven a rendelkezésünkre állnak, a fejlődési vonal megrajzolásához még mélyreható elemzések szükségesek. Elfogadott tény, hogy a számok téri-vizuális reprezentációja a humán kulturális hatások (bal/jobbs, vagy a jobb/bal irányú szerveződés) mentén alakul. Habár az óvodáskorúak nem részesülnek formális oktatásban, mégsem tekinthetjük a környezetüket homogén közegnek (mesekönyv nézegetés, számítógép billentyűzet használat). Úgy gondoljuk, hogy az óvodáskorú gyermekeknél ennek a reprezentációnak vizsgálata azért is izgalmas kérdés, mert a környezeti beágyazottság mellett a biológiai tényezők még meghatározóbbak.

Ma a gyermekek téri-numerikus ítéleteinek indoklására több elméleti megközelítés is létezik. Bár az elképzelések látszólag ellentmondásosnak tűnnek, a versenyző numerikus, téri és vizuális magyarázatok inkább életkori hatásokat/határokat fednek le. A legtöbb elgondolás szerint a numerikus- vizuális-téri válasz függvénye az észlelési rendszer fejlődése és működése. Az eredményeink tekintve mi is feltételezzük, hogy a numerikus ítéletek a vizuális korlátok szabályozása mentén haladnak. Annak ellenére, hogy a gyerekek a mennyiségi helyzetben használnak számossági információt, ítéleteik jelentős függést mutatnak az elérhető vizuo-téri információtól. A döntéseiket nemcsak a számosság vizuális megjelenítése szabályozza, jelentős szerepet kapnak a felhasználható vizuális jelzések, mint a távolság/hosszúság, kiterjedés, terület nagyság (Longo, Lourenco, 2007; Gebuis, Gevers, 2011). Egyes elgondolások szerint a korai óvodás években erősebb a vizuális hatás a numerikus befolyással szemben. Perceptuálisan megzavart helyzetekben is (*Stroop-hatás*), automatikussá válik az észlelési feldolgozás, aktívvá válnak a vizuális ingerek, a numerikus információ kivonása felfüggesztődik (Gevers, Lammertyn, 2005). Mivel a numerikus-vizuális-téri vizsgálatunkban szisztematikusan változó vizuális helyzetet észleltek a gyermekek (sűrűség, nagyság) érthető, hogy a gyermekek változó válaszokat adtak. Így az eredmények egyrészt összhangban vannak azzal a feltevésünkkel is, hogy az eltérő vizuális ingerek (területi lefedettség, elrendezés, sűrűség, irány, hosszúság) befolyást gyakorolnak minden életkori csoport döntésére. A vertikális helyzet viszont tovább pontosította az ítéletek életkori határát, mert a fiatalabbak inkább vizuális jelzéseket használnak. Úgy tűnik, hogy a numerikus jelzésekre való támaszkodás fokozatosan alakul ki, melyet a megváltozott téri pozíció befolyásolhat.

Jelentős szerepet játszik a folyamatban a numerikus modul fejlődése, melyre viszonylag sok bizonyíték áll a rendelkezésünkre. A mai elképzelések szerint a numerikus feldolgozás rendszerei, mint a mennyiség ismerete, a numerikus összehasonlítás, vagy az aritmetikai képességek összehangolt működésének szintén érési határai vannak. Elfogadva Holloway, Ansari (2009) elgondolását, igazolni tudtuk, hogy az óvodáskor vége felé haladva a rendszerek egymástól független módon működnek. Továbbá Sophian és Chu (2008) modelljét alkalmazva feltételezzük, azt is, hogy a gyermekek tudásában a szám, mint absztrakt fogalom megjelenése támogatja, hogy az ítéletek függetlenedjenek a vizuális jelzésektől. Ezt követően hat éves kortól a számossági dimenziók aktív használata segíteni fogja a döntési helyzeteket. Az ítéletek tendenciózusa a felnőtt válaszmintázatokhoz hasonlóan mérhető.

A gyermekek mennyiségi ítéleteit a perceptuális és numerikus tényezőkön túl a téri jellemzők is szervezik. Vizsgálatunkban olyan kísérleti helyzetet teremtettünk, ahol az óvodások

numerikus-téri tudását kétdimenziós helyzetben lehet tesztelni. A feladat megoldásához a versengő numerikus-téri és vizuális információk kivonásával kellett egy viszonylag numerikus/nagyság döntést hozni. Két eltérő téri struktúra használata többé-kevésbé eltérő eredményekhez vezetett. A gyermekek eltérő módon hoztak ítéletet a téri helyzetektől függően. Az eredmények szerint a téri tudás hatékonyan képes befolyásolni a mennyiségi válaszokat. Így az elvárásunkhoz képest nem tudtuk igazolni, hogy mindkét téri pozícióban (horizontális vs. vertikális) minden életkori csoportban hasonló módon jelenik meg a torzítás iránya. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a torzításnak életkori hatása van, melyben szerepet kapnak a téri jelzések.

Összességében tehát úgy tűnik, hogy az óvodáskorú gyermekek numerikus ítéleteire a vizuális-téri információ hatást gyakorol. Az életkori hatások mellett a válaszokat erőteljesen behatárolják a téri pozíciók és a numerikus képességek fejlődése.

2.2 Számérzék fejlődésének vizsgálata (Vizsgálat III.)

A hazai és nemzetközi kutatások az eredményei arra utalnak, hogy a numerikus tudás fejlődése érzékeny terület. Egy-egy képesség (megértés és produkció) atipikus fejlődése egy lehetséges kapcsolat az iskolai kudarc és a numerikus képesség között. Ezért különösen fontosnak tartottuk, hogy az iskoláskor előtti életkorokban megnézzük a számérzék fejlődési sajátosságait. Terveink szerint a kutatásunk ebben a szakaszában elsősorban információkat gyűjtöttünk a tipikusan fejlődő gyermek numerikus képességeiről és annak megismerésének lehetőségeiről. Ehhez a Jordan és munkatársai által kidolgozott (2012) Number Sense Screener (továbbiakban NSS) szűrőeljárást alkalmaztuk. Az NSS hat területen méri a számérzék fejlődését 5-, és 9 éves életkori intervallumban. A mért területek a következők: számolási képesség (*A próba*), számismeret (*B próba*), mennyiség összehasonlítása (*C próba*), nem-verbális számolás (*D próba*), szöveges feladatok (*E próba*), számkombináció (*F próba*). A vizsgálatunkban 5 és 6 éves tipikusan fejlődő gyerekek vettek részt. Célunk, hogy diszkrimináljuk a két életkori csoport teljesítményeit a számérzék egyes területein. A vizsgálatban több elméleti kérdés merült fel:

1. Elgondolásunk szerint a számlálási próba kivételével a természetes fejlődés alapján a szubtesztekben különbség várható a két életkori csoport között.
2. Feltevésünk szerint a verbális aritmetikai műveletekben a két csoport teljesítménye jelentősen eltér majd egymástól. Az összeadás és kivonási feladatok sikeressége a műveleti tagok numerikus értékeinek növekedésével változhatnak (Levine, Jordan, 1992).

3. Úgy gondoljuk, hogy a nem-verbális helyzetben jobb teljesítményt nyújt mindkét életkori csoport a szöveges és számkombinációs feladatokhoz képest, mert a fizikai környezet támogatja a sikeres műveleti megoldásokat (Jordan és mtsai,1992).
4. Feltételezésünk szerint különbség várható az aritmetikai műveleteknél a stratégia használat szerint a két életkori csoportban.

Eredmények:

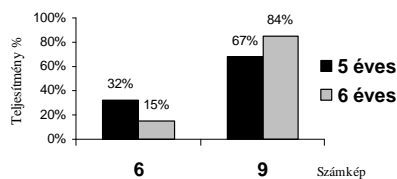
Az NSS szűrőeljárásban nyújtott teljesítményt több szempont alapján elemeztük. Először a szűrőeljárásban elért összesített pontszámokat, majd a szubtesztekben elért eredményeket hasonlítottuk össze a két vizsgált csoportban. A *Mann – Whitney U – próba* alapján 5 éves korú csoport teljesítménye szignifikánsan alacsonyabb volt a szűrőteszt összesített pontszámát tekintve ($U = 583$; $p < ,000$). Az eredmények szerint a két csoport teljesítményének fejlődése párhuzamosan halad. Elemezve a részfeladatok összesített pontszámait, mind a hat esetben a két életkori csoport teljesítménye szignifikánsan eltért egymástól (3. táblázat).

		Számolási képesség	Szám- felismer és	Mennyiség össze- hasonlítás	Nem- verbális számolás	Szöveges feladat	Szám- kombináció	Összes. pontszám
IQ	p	,003	,000	,000	,015	,000	,000	,000
	r	,288**	,472**	,414**	,234*	,454**	,547**	,589**

3. Táblázat Az NSS szubtesztjeinek és összpontszámának és az IQ korrelációs elemzés 5 és 6 éves gyermekek csoportjában

A próbákat külön is elemeztük. A számolási feladatban csoportok teljesítménye a plafonövezetben mérhető. A számlás elvárt irányában (balról, jobbra irány) a Khi-négyzet próba alapján szignifikáns különbség van ($\chi^2(1) = 11,219$; $p < ,001$) a két korcsoport között, a hat évesek már konzekvensen balról indítják az elemek megszámlolását.

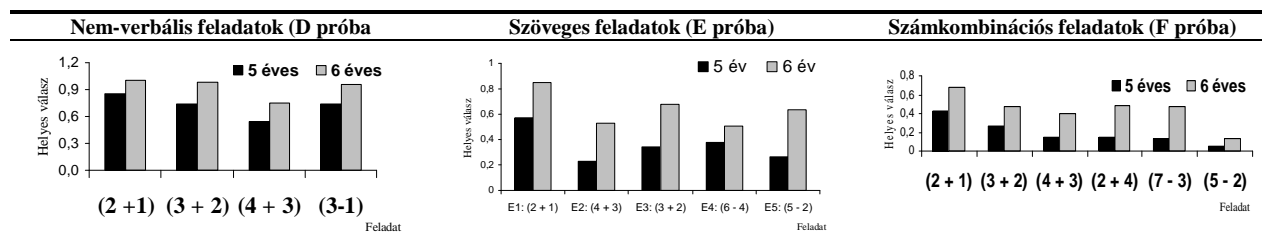
A számfelismerés próbákban eredmények szerint az egyjegyű, a kétjegyű és a háromjegyű számok mindegyik esetében szignifikánsan a különbség a két csoport között, azonban a kilences szám esetében a számkép felismerés sikeressége mindkét csoportban csökken. Gyakori jelenség volt, hogy a kilences számot a hatos számra cserélték az azonosítás során, de a hat évesek ebben már sikeresebbek voltak



3. ábra A kilences szám helyes és tévesztett azonosítása az 5 és 6 éves korcsoportban

A mennyiségek összehasonlítása során két esetben tért el a vizsgált csoportok teljesítménye egymástól. Az 5 éves gyermekek teljesítménye szignifikánsan alacsonyabb volt az következő szám (*szám után eggyel következő mennyiség*) megítélésében ($\chi^2(1) = 5,274$; $p < ,027$), és a számtani távolsági helyzet döntésében ($\chi^2(1) = 7,534$; $p < ,007$). Azonban ahol már a számot kettővel követő mennyiséget kellett megnevezni, eltérő eredményt kaptunk.

A műveleti feladatok részletes elemzése tovább diszkriminálták a két életkori csoport teljesítményét (4. táblázat). A nem-verbális feladatban, illetve a számkombinációs helyzetekben a műveleti tagok számértékének növekedése csökkentette a sikeres megoldások számát. Továbbá összehasonlítva a szöveges és nem-verbális műveleti feladatokat, Wilcoxon próbával vizsgálva szignifikáns különbséget találtunk az 5 éves ($z = -5,794$; $p < ,000$) és a 6 éves ($z = 4,410$; $p < ,000$) korcsoportokban.



4. Táblázat Nem-verbális, szöveges feladatok és számkombinációs feladatok eredményei 5 és 6 éves korcsoportban

Vizsgálataink szerint a stratégiák használatában eltérő módon reagáltak a gyerekek mind az életkort mind a feladattípusokat tekintve. A szöveges feladatok és a számkombinációs helyzetekben a gyerekek megváltoztatták a stratégiájukat és a használatban szignifikáns különbséget találtunk ($t = 25,258$; $p < ,000$). A szöveges feladatokban gyakoribb volt a pontlista használata, míg a számkombinációs itemekben az eszköz nélküli stratégiát preferálták. Az egyszempontos ANOVA próbával úgy találtuk, hogy a *szöveges feladatokban* az öt [$F_{(5)} = 2,437$; $p < ,047$] és a hat éves [$F_{(5)} = 3,006$; $p < ,021$] gyermekek csoportjában egyformán a harmadik stratégia tűnt a legerősebb hatásúnak. A *számkombinációs feladatban* ezt egyik korcsoportban sem tudtuk igazolni.

Összegzés

A számérzék fejlődéséről, a numerikus megismerésről kialakított képünk a vizsgálatunk alapján összhangban van Jordan és munkatársainak (2012) az óvodás korúakkal kapcsolatos tapasztalataival. Annak ellenére, hogy a hazai vizsgált mintánkban lévő gyermekek még nem vesznek részt a formális matematikai oktatásban, a numerikus teljesítményeik igazodnak a fejlődési vizsgálatok ismert sajátosságaihoz. Tudjuk, hogy a tipikusan fejlődő gyermekek öt éves kortól megértik és használják az aritmetikai műveleteket, stabil számfogalommal rendelkeznek. Bizonyítható, hogy a számtani tudásuk kiterjed a lineáris numerikus nagyságrendekre és alkalmazni tudják a számossági feladatokban (Opfer, Siegler, 2012). Vizsgálatunk megerősítette, hogy öt éves korban a gyermekek stabil számlálási képességgel rendelkeznek, képesek arra, hogy helyes ítéleteket alkossanak a számalapú összehasonlításokban. Ugyanakkor nagyon fontos, hogy a vizuális információ segítségével sikeresebben alkalmazzák az összeadást és a kivonást, azonban ugyanez a képesség még szöveges feladatokban, vagy számkombinációs helyzetbe ágyazott aritmetikai műveletekben bizonytalan. Eredményeink szerint az NSS szűrőeljárás diszkriminál a hazai mintán vizsgált két életkori csoport teljesítményei között.

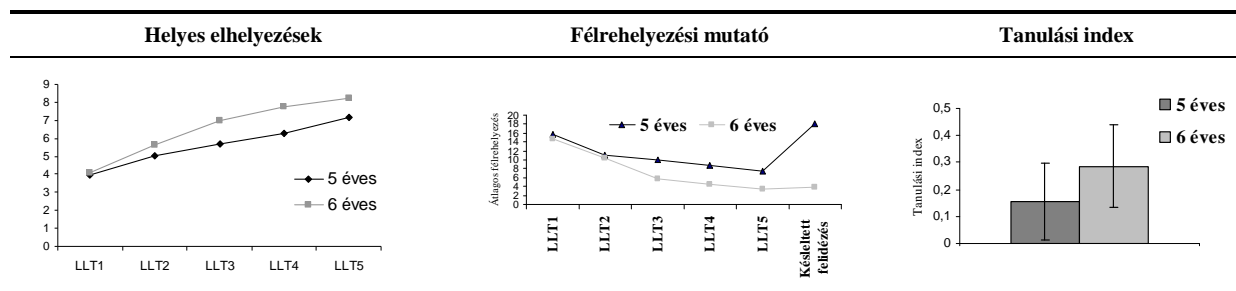
2.3 Munkamemória és a numerikus teljesítmény összefüggésének vizsgálata (Vizsgálat IV.)

Az előzetes numerikus-téri vizsgálat és számérzék vizsgálati paradigmánk során igazolódott, hogy mindkét területnek jól meghatározott fejlődési keretek vannak. A numerikus helyzetek ítéleteiben óvodás korban jelentős hatással van a vizuális-téri információ. Ebből a megfontolásokból kiindulva relevánsnak tartottuk, hogy a hazai mintán eddig még nem vizsgált óvodáskorú gyermekeknél tanulmányozzuk a numerikus teljesítmény és a téri-vizuális munkamemória kapcsolat sajátosságait. A kérdésfeltevéseinket továbbra is a két életkori csoport numerikus és memória adatainak elemzésével kívánjuk megválaszolni, de az előzetes kísérletekhez hasonlóan itt is több elméleti hipotézis is megfogalmazódott. Vizsgálatunk kizárólag munkamemória modellből a vizuális téri tanulás és a számtani sikeresség között kereste az összefüggéseket és nem vizsgáltuk a fonológia hurok működési sajátosságait. A téri munkamemória vizsgálathoz a Bucks, Willison, Byrne, (2000) által kidolgozott Location Learning Test (továbbiakban LLT) eljárást alkalmaztuk. A kutatási hipotézisünk a gyermekek teljesítményét tekintve két területre fókuszált:

- Egyrészt mérni kívántuk a téri munkamemória és a téri tanulás kapcsolatát. Feltételeztük, hogy jelentős javulás várható a tanulási próbák között, és a két életkori csoport között a teszt diszkriminál és a teljesítmények párhuzamosan haladnak.
- További teoretikus kérdéseink a késleltetés utáni teljesítményre és lokalizáció megtartására irányult. A vizsgálat végén 15 perces késleltetés után az elsajátítás és a felejtés különbözőségeit kívántuk feltárni az 5 és a 6 évesek eredményeit összehasonlítva.
- Azonkívül kerestük a munkamemória és a numerikus területek kapcsolatát. Korábbi, 7 és 14 éves korúak csoportjában végzett kutatás jelentős korrelációt igazolt a munkamemória és a matematikai teljesítmény között (Gathercole et al., 2004). Elgondolásunk szerint a számérzék valamennyi területének teljesítménye összefüggésbe hozható a munkamemória téri komponensével az óvodáskorúak körében is.

Eredmények

A Location Learning Test feladaton nyújtott teljesítményt több eltérő szempont szerint tanulmányoztuk (5. táblázat). Először Bucks és Willison (1997) alapján az öt próba helyes elhelyezéseit vizsgáltuk tanulási helyzetenként. Az eredményeink alapján úgy tűnik, hogy a bemutatások száma szerint tendenciózusan növekszik a teljesítmény a próbák között mindegyik életkori csoportban. Meghatározó eltérés azonban csak egyes próbákban jelent meg. A 6 éves korcsoport teljesítménye szignifikánsan magasabb volt a 3. próbában ($t = -2,710$; $p < ,008$), a 4. próbában ($t = -3,193$; $p < ,002$) és az 5. próbában ($t = -2,286$; $p < ,024$). A gyermekek teljesítménye tehát az első és a második bemutatás után még számottevően nem tér el egymástól. A következő lépésben összehasonlítottuk a felismerés és a késleltetett felidézés eredményeit. A felismerésben jól teljesített mindkét csoport, illetve a két vizsgált mintát, plafonhatás mutatkozott. A késleltetést követően a maximálisan felidézett legtöbb téri pozíció elemzésében már erős szignifikáns különbséget találtunk az életkori csoportok között ($t = -3,963$; $p < ,000$). A tanulási próbák félrehelyezési mutatóira az egyszempontos varianciánálizist (ANOVA) alkalmaztuk. A korábbi eredményeinkhez hasonlóan (lsd. helyes elhelyezések száma) a harmadik próbában [$F_{(1,63)} = 9,254$ $p < ,003$], a negyedik próbában [$F_{(1,63)} = 7,394$ $p < ,008$], az ötödik próbában [$F_{(1,63)} = 6,405$ $p < ,014$] és a késleltetett felidézésben [$F_{(1,63)} = 43,310$ $p < ,000$] egyaránt szignifikáns különbséget találtunk ismét a két életkori csoportok között. A félrehelyezési mutató alapján számolt tanulási indexnél, amelyik az ismétlések során bemutatott téri-vizuális tanulás súlyozott mutatója (Racsmany et al., 2007), azonban nem találtunk ($F_{(1,63)} = 2,447$ $p = ,123$) szignifikáns különbséget.



5. Táblázat Helyes felhelyezések, a félrehelyezési mutató és a tanulási index eredményei 5 és 6 éves korcsoportban

Együttjárást életkoronként az NSS részfeladatai, a LLT helyes válaszai és a tanulási index egyes helyzeteiben találtunk (6. táblázat). Az 5 éves korcsoportban együttjárás a számismeret (B. próba) a nem-verbális számolás (D. próba), a szöveges feladatok (E. próba) és az LLT egyes próbáiban megvalósult helyes elhelyezések között találtunk. A 6 éves korcsoportban ugyanezekkel a feltételekkel vizsgálva a számismeret (B. próba) és a számkombinációs feladatban találtunk korrelációt. A tanulási index kizárólag az 5 éves korcsoportban mutat kapcsolatot a számismeret (B. próba), a nem-verbális számolás (D. próba), a szöveges feladatok (E. próba), a számkombinációs feladatokban (F. próba) és az NSS összesített pontszámával.

		LLT2	LLT3	LL4	LLT5	Tanulási index	
5 évesek	Számismeret B. próba	r	,326*	,249	,347**	,279*	,363*
		p	,010	,050	,006	,029	,027
	Nem-verbális számolás D. próba	r	,048	,110	,272*	,242	,333*
		p	,715	,401	,034	,060	,044
	Szöveges feladatok E. próba	r	,702	,808	,546	,544	,383*
		p	,120	,038	,201	,232	,019
	Számkombináció F. próba	r					,401*
		p					,014
NSS összesített pontszám	r						,508**
	p						,001
6 évesek	Számismeret B. próba	r	,176	,145	,218	,292*	
		p	,237	,330	,141	,046	
	Számkombináció F. próba	r	,289*	,368*	,402**	,307*	
		p	,049	,011	,005	,036	

6. Táblázat Korrelációs mutatók a munkamemória próbái és a numerikus próbák teljesítmény között 5 és 6 éves korú korcsoportban

Összegzés

Az eredményeink azt igazolják, hogy mindkét életkori csoportban lassú bemelegedési fázis után egyenletesen nő az emlékezetből visszahívott helyes pozíciók száma. Az idősebb korcsoport magasabb elemszámmal indul és az eltérés végig megtartott. A teljesítménydiagram elemzése megerősíti, hogy a hat éves gyermekek javulási üteme jobb, és ez a különbség a 3. próba után szignifikánsan. Az öt megismételt bemutatást követően egyik csoport sem tudott több téri pozíciót felidézni, mint amekkora teljesítményhatára van a gyermeki munkamemóriának. Az eredmények mögött több tényező változásának következménye állhat a kutatások szerint. Az egyik ilyen faktor feltételezhetően az információ feldolgozási sebességének változása. A feldolgozási sebesség növekedése szintén életkorfüggő, az érés befolyása alatt áll (Siegler, 1988, Schneider, 2002). A második faktor az emlékezeti stratégiák használata. Úgy gondoljuk, hogy nem zárhatjuk ki ennek a tényezőnek hatását sem. Flawell és munkatársai (1993) szerint igazolható, hogy a szándékos emlékezeti stratégiák fejlődési határa a hat éves korra tehető. Harmadik tényezőnek a téri-vizuális helyzetben a vizuális információ fonológiai formában átkódolása, amely támogatja az emlékezeti folyamatot, habár ezzel eltérő vélemények születtek (Gathercole, Alloway, 2004, Alloway, 2006). Pickering (2001) megerősíti, hogy az inger szóbeli átcímkézése természetesen önmagában nem képes magyarázni a teljes teljesítményváltozást, az ingerek ismerete (látott képek ismertsége), a feldolgozási stratégiák, és a feldolgozási gyorsaság mellett a figyelmi kapacitást is hangsúlyos.

Az eredmények tükrében egyetértünk azokkal a véleményekkel, amelyek hangsúlyozzák, hogy az emlékezeti funkciók változása a biológiai és a környezeti tényezők dinamikus interakciójának eredője (Csépe, 2005) és az életkorral együtt járó változások mögött egyre hatékonyabb stratégiák, felhalmozott tudása áll, amelyek közösen támogatják a téri-vizuális munkamemória és a központi végrehajtó működését (Pickering, 2001).

2.4 Számérzék és munkamemória összetevőinek vizsgálata atipikus fejlődésben (Vizsgálat V. VI.)

Tudomásunk szerint eddig még nem végeztek kutatást igen kis súlyú (<1800 g) koraszülöttek számérzékének fejlődésében, olyan életkori csoportban, ahol még spontán használják a numerikustudásukat és távol vannak a didaktikus képzéstől.

Alapvető kutatási kérdéseink a következők:

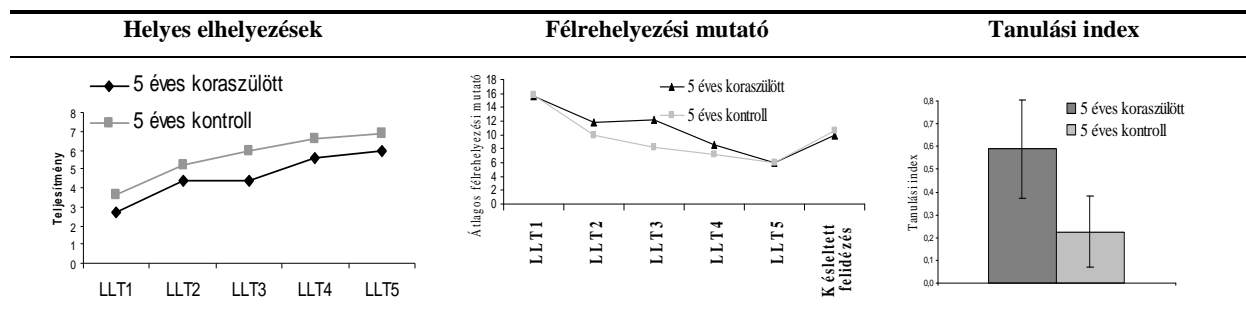
- Mely területen és milyen minőségben térnek el az öt éves koraszülöttek az NSS eljárással mért számérzék teljesítménye az illesztett mintához képest
- Van-e eltérés a választott stratégiákban az aritmetikai műveletek végzésekor a két csoport között
- Elképzelhetőnek tartjuk, hogy a munkamemória feladatban az ismételt bemutatások és a késleltetett felidézésben a koraszülöttek válaszaik számottevően elmaradnak a kontroll csoport eredményeihez képest.
- Mivel a munkamemória összefüggést mutat a numerikus sikerességgel, ezért keressük ennek a kapcsolatát a vizsgált koraszülött mintákban.
- A koraszülöttség önmagában hordozza az atipikus fejlődés kockázatát. Előző kutatásunkban (Györkö, Lábadi, Beke, 2012) összefüggést találtunk a biológiai rizikófaktorok (gesztációs hét) és a vizsgált téri-nyelvi reprezentáció között, ezért feltételezzük, egymásra hatás áll fenn a megrövidült gesztációs hét és/vagy az alacsony születési súlya a számérzék és a téri-munkamemória a neurológiai tünetektől mentes koraszülöttek teljesítménye között.

Eredmények

Az elemzések szerint a koraszülött és az időre született gyermekek egybevetett teljesítménye szignifikánsan a kizárólag a *Mennyiségek összehasonlítás* próbájában (*C próba*) jelentkezik ($t = -2,032$; $p < ,048$). A részletes vizsgálat szerint szignifikáns különbséget a kisebb ($\chi^2(1) = 4,181$; $p < ,049$), és nagyobb mennyiség összehasonlításában találtunk ($\chi^2(1) = 4,090$; $p < ,041$). Annak ellenére, hogy a számok felismerésének összteljesítményében nem mutatkozott diszkrepancia, a részletes elemzés során, egy területen mégis jelentkezett különbség. Ezt az elmaradását a koraszülötteknél, az egyjegyű számok felismerésében találtunk meg ($\chi^2(1) = 4,752$; $p < ,030$), ami nem számottevő, mert csakis egy szám (*próba2*) esetében a *4 szám* megnevezésében mutattak alacsonyabb teljesítményt. A további részletes elemzések szerint szignifikáns különbséget a szöveges feladatok második ($\chi^2(1) = 5,779$; $p < ,036$), és harmadik összeadásában ($\chi^2(1) = 8,333$; $p < ,009$) találtunk még, ahol az időre született gyermekek sikeresebbek voltak műveletek elvégzésében a koraszülöttekhez képest.

A szöveges feladatoknál és a számkombinációs helyzeteknél a stratégiák használatát tekintve nem találtunk eltérést a két csoport között. Ahogy az előzőekben láthattuk, hasonló módon a koraszülött gyerekek is a 3. (pontlista), 4.(ujjak használata), és az 5. (eszköz nélküli számolás) stratégiát használják leginkább a műveleti feladatokban.

A koraszülött gyermekek munkamemória teljesítményének értékelése (7. táblázat) hasonló szempontok alapján történt, mint az egészséges 5-, és 6 éves gyermekek csoportjánál korábban (ld. 5 és 6 évesek Location Learning Test vizsgálati eredményei). Az illesztett korcsoport a helyes felhelyezések számában, a késleltetett felismerésben és felidőzésben nem mutatott szignifikáns különbséget a koraszülöttek válaszaihoz képest ($t=-,882$; $p=,382$), függetlenül attól, hogy látszólag mindkét életkorban megfigyelhető a teljesítménynövekedés. Továbbá nem találtunk különbséget még a félrehelyezési mutatóban, azonban a tanulási indexben a koraszülöttek erősebb teljesítmény jelzett [$F_{(1,46)} = 9,687$ $p < ,003$].



7. Táblázat Helyes felhelyezések, a félrehelyezési mutató és a tanulási index eredményei 5 és 6 éves korcsoportban

A korrelációs vizsgálat szerint a téri munkamemória teszt harmadik tanulási fázisban (LLT3) találtunk együttjárást az összesen produkált helyes felhelyezések száma és a szöveges feladatok között, korrelációs együtthatója $r = ,416$ volt ($p < ,043$).

A rizikófaktorok közül, mint a megrövidült gesztációs hét és az alacsony születési súly hatását tekintve egy helyzetben találtunk gyenge korrelációs kapcsolatot. Az együttjárás, $r = ,394$ ($p < 0,05$) a gesztációs hét és a kevesebb mennyiség felismerésében igazolható.

Összegzés

Eredményeink azt mutatják, hogy az öt éves koraszülöttek számottevően nem mutatnak deficités működést a számérzék fejlődésben. Úgy tűnik, hogy a megzavart biológiai érés részleges érintettséggel jár együtt ennek a területnek a fejlődésével. Azonban néhány részterület mégis kiemelkedett az alapos elemzések során. A koraszülöttek kisebb vs. nagyobb mennyiségi összefüggések megítélésében alulmaradnak a tipikusan fejlődő gyerekekhez képest. Kevésbé jelentős mértékben, de a tipikusan fejlődő gyermekek előrébb járnak a számismeret területén is. Amíg az időre született gyermekek az egyjegyű számok közül két

számjegyet is képesek spontán megnevezni, addig a koraszülöttek esetében ez csak a kettes szám felismerésére igaz.

A vizsgálati eredményink részletes elemzésében csekély mértékben, az aritmetikai feladatokban is különbségeket találtunk. Az eltérés a nagyobb értékű műveleti tényezők kapcsán jelent meg. A tipikusan fejlődő gyermekek numerikus transzformációban sikeresebbnek bizonyultak, ami a stratégiákat tekintve viszont ez a szignifikáns különbség nem jelent meg. Amennyiben az életkori sajátosságoknak megfelelő eszközös stratégiákat vizsgáljuk, akkor azt tapasztaljuk, hogy a koraszülöttek gyakrabban alkalmazzák az ujjakon történő számolást. Ez összefügg más kutatási eredményekkel, ahol úgy tapasztalták, hogy a nehezebb absztrakciós képességek miatt a koraszülöttek jobban támaszkodnak az ujjakon történő számolásra, esetleg a tárgyak használatára alapozott stratégiára (Guarini, Sansavini, et al., 2014).

A kutatásunkban a használt memória teszttel nem tudtuk megerősíteni, sem a hipotézisünket, sem korábbi vizsgálatok eredményeit, hogy a koraszülöttség negatív hatással van munkamemória teljesítményre (Rose, Feldman, Jankowski, 2011, Molloy, Wilson-Ching, 2014). Viszont csatlakozni tudunk Luciana és munkatársai (1999) által végzett felismerési helyzet próbájának eredményéhez. A téri-munkamemória feladat késleltetett felidézésében nem találtak különbséget a tipikus és atipikus fejlődésű csoportok között. Az általunk mért eredmények szerint csekély különbség van a két minta között, viszont ez szignifikánsan nem igazolható.

Eredményeink részben megegyező, másrészt eltérő tapasztalatokkal jártak a nemzetközi kutatások viszonylatában. A kísérletek többsége iskoláskorú gyermekek ($7 < \text{év}$) vizsgálatára épültek, ahol sokáig elhúzódó fejlődési érést és lassú felzárkózást találtak. A saját vizsgálatunk életkorban egy szűk keresztmetszeti képet tárt fel, ahol egyes részterületeken mérhető elmaradás tapasztalható. Azonban ismét visszautalnánk a koraszülöttek speciális fejlődési mintázatára. Úgy gondoljuk, hogy nem zárhatjuk ki az elemzési szempontjaink közül az általánosan elfogadott „alvó hatást”. Wrape (2003) kiemeli, hogy a koraszülöttek esetében számolnunk kell azzal a ténnyel, hogy egyes fejlődési elmaradások feltehetően korábban rögzültek, de csak a későbbi fejlődés során válnak nyilvánvalóvá.

ÖSSZEGZÉS

Kutatásunk lényegi kérdését, amely az óvodás korúak numerikus képességének tipikus és atipikus fejlődésére irányult, több egymással összefüggő vizsgálati helyzetben igyekeztünk megválaszolni. Szándékunk szerint a vizsgálataink egyrészt a reprezentációk fejlődési jellegzetességeinek leírását, másrészt a jellegzetességek között fennálló lehetséges kapcsolatok tulajdonságait kereste, elfogadva, hogy a numerikus képességek szorosan összefüggenek a téri képességekkel és a munkamemória hatással van a numerikus sikerességre.

Vizsgálati eredményeink egy keresztmetszeti képet adott az óvodáskorúak numerikus-téri sajátosságaiból. Az eredmények egy része megegyező az előzetes vizsgálatokkal (de Hevia, Spelke, 2009) másik része új információkat hozott a reprezentáció fejlődéséről. A téri-numerikus modell szerint a téri-számossági reprezentációnak életkori határa van, amely mögött más reprezentációk fejlődése is meghatározó. Az észlelt irányok, a távolság és a mennyiség nagyságrendi percepciója befolyással van az életkori ítéletekre. Ez a tapasztalat csatlakozik ahhoz koncepcióhoz (Karmiloff-Smith, 1994), amely szerint egyrészt a fejlődés nagy változásai különböző területeken eltérő módon nyilvánulnak meg, másrészt a reprezentációk folyamatos újraírását követően a történik meg a környezeti ingerekkel az egybehangolás. Ez egy lehetséges magyarázat lenne a megközelítően pontos numerikus-téri ítéletek életkor függő változására és részben megindokolná a saját vizsgálatunkban megjelenő fiatal gyermekek horizontális vs. vertikális numerikus-téri válaszait. Mindezek mellett hangsúlyozzuk, hogy eredményeink nem kizárólagosak, csupán empirikus tapasztalatok, amelyek részben támogatják a téri-numerikus modellt. Azonban úgy gondoljuk, hogy az eddig feltárt adatok további longitudinális vizsgálatot igényelnének az eltérő téri-vizuális változók bevonásával, hogy tisztázódjon a vita, a numerikus-téri kapcsolatokban megjelenő ítéletek mennyiben egy kognitív illúzió ténye (Gebuis, Gevers, 2011, de Hevia, 2011).

A további vizsgálatba bevont életkori mintánk szűkítette a kutatási paradigmánkat. A hazai és rendszerint 6 – 7 évesen kezdődő formális oktatás korlátozta módszereinket, így nem vehettük például figyelembe Holloway és Ansari (2009) hipotézisét, amely szerint a gyermek szimbolikus és nem szimbolikus nagyságrendek összehasonlításában eltérő fejlődési pályát járnak be. Amennyiben kizárólag a számérzék fejlődést nézzük, vizsgálatunk alapján az életkori csoportok között hasonló módon a téri-numerikus reprezentációhoz, egy általános, lineáris fejlődési ívet látunk, függetlenül attól, hogy az eredményeinket nem viszonyíthattuk Jordan és munkatársai (2012) által megalkotott percentiliséhez. Azonban eredményink

hasonlóak voltak a számérzék természetes fejlődését leíró sarkpontokhoz, a számlálásban (Gelman, Meck, 1983, Briars, Siegler, 1984), a számosság megítélésében (Griffin, 2002) és az aritmetikai műveletekben (Levine, Jordan, 1992, Butterworth, 1999). A használt eljárással (NSS) diszkriminálni tudtuk a szűk életkori csoportok (5 év vs. 6 év) közötti teljesítményt.

Az atipikus fejlődés vizsgálatában nem tudtuk igazolni a koraszülöttek elmaradását a számérzék minden területén a tipikusan fejlődő társaikhoz képest. Amíg a nemzetközi tanulmányok nagy része általános leírást ad a numerikus teljesítményről, addig a kutatásunkban törekedtünk a képességek részletes elemzésére. A viszonyítási mérföldkő más kutatócsoport számára is nehézséget jelentett, ezért felmerül annak igénye, hogy az óvodáskorú koraszülöttek esetében lényegbe vágó lenne egy teljesebb körű keresztmetszeti kép kidolgozása (Guarini, Sansavini, et al., 2014). Ennek ellenére továbbra is átgondolásra érdemesnek tartjuk tisztázni, hogy jelen eredményink mennyiben egy „*mozgó rizikó, alvórizikó*” jelensége, vagy egy korábbi kutatási eredményünk megerősítését tapasztaljuk, és az öt éves koraszülöttek felzárkózási tendenciája nyilvánul meg a teljesítményben (Györkö, Lábadi, Beke, 2012).

A téri-munkamemória tesztet kísérleti jelleggel kívántuk bevonni a kutatásba, ezért nem szeretnénk teljes következtetést levonni a kapott eredmények alapján a numerikus teljesítmény és a téri-vizuális emlékezet egymásra hatására. Célszerű lenne a továbbiakban más, hasonló kutatásokba bevont teszteket (Corsi kocka, Térkép teszt, stb.) is alkalmazni. Ahogy a saját kutatásunknak is, úgy jó néhány téri-munkamemória vizsgálatoknak is célja, hogy ennek a képességnek a különböző reprezentációkra gyakorolt hatását elemezze, és funkcionális kapcsolatot keressen a végrehajtó funkciók, munkamemória és a numerikus képességek között (Espy, McDiarmid, et al, 2004).

IRODALOM

Alloway, T. P. (2006). Working memory and children with developmental coordination disorders. In T. P. Alloway, S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory and neurodevelopmental conditions* (161-187). New York: Psychology Press.

Alloway, T. P. (2006). Working memory and children with developmental coordination disorders. In T. P. Alloway, S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory and neurodevelopmental conditions* (161-187). New York: Psychology Press.

Baddeley, A. D. (2001). Az emberi emlékezet. *Osiris Kiadó*. Budapest

Baddeley, A. D., Hitch, G. J. (1974). Working Memory. In: Bower, G. (ed.), *Recent Advances in Learning and Motivation*. Vol. 8. *Academic Press*, New York. 47 – 90.

Baron, I. S., Erickson, K., Ahronovich, M. D., Litman, F. R., Brandt, J. (2010). Spatial Location Memory Discriminates Children Born at Extremely Low Birth Weight and Late-Preterm at Age Three. *Neuropsychology*, 24, 6, 787–794.

Battista, M.T. (1999). Fifth graders' enumeration of cubes in 3D arrays: conceptual progress in an inquiry-based classroom. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30, 417-449.

Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 4, 333–339.

Berch, D. B., Foley, E. J. Hill, R. J. Ryan, P. M. (1999). Extracting parity and magnitude from arabic numerals: Developmental changes in number processing and mental representation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(4), 286-308.

Beauchamp, M. H., Thompson, D. K., Howard, K., Doyle, L. W., Egan, G. F., Inder, T. E., Anderson, P. J. (2008). Preterm infant hippocampal volumes correlate with later working memory deficits. *Brain*, 131, 2986-2994.

Briars, D. J., Siegler, R. S. (1984). A featural analysis of preschoolers' counting knowledge. *Developmental Psychology*, 20, 607–618.

- Bucks, R. S., Willison, J. R., Byrne, L. M. T. (1997). Development and validation of the Location Learning Test (LLT): A test of visuo-spatial learning designed for use with older adults and in dementia. *Clinical Neuropsychologist*, 11(3), 273-286
- Butterworth, B. (1999). *The Mathematical Brain*. London, Macmillan.
- Bull, R., Espy, K. A., Wiebe, A. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33, 205–228.
- Cooper, R. G., (1984). Early number development: discovering number space with addition and subtraction. In: Sophian, C. (Ed.), *Origins of Cognitive Skills*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 157–192.
- Csépe V. (2002). A diszlexiakutatás dilemmái. *Magyar Pszichológia Szemle*, 3.
- Csépe V. (2005). *Kognitív fejlődés-neuropszichológia*. Budapest: Gondolat Kiadó
- Csiky, E. (2006). Koraszülöttek utóvizsgálatának eredményei. *Gyógypedagógiai Szemle*, Különszám: Magyar tudomány napja. 55.- 61.
- Dehaene, S. (2003). *A számérzék. Miként alkotja meg az elme a matematikát?* Osiris Kiadó, Budapest.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Dehaene, S., Bossini, S., Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371–396.
- Dumontheil I, Klingberg T. (2012). Brain activity during a visuospatial working memory task predicts arithmetical performance two years later. *Cerebral Cortex*, 22(5):1078-1085.
- de Hevia, M. D., Spelke, E., S. (2009). Spontaneous mapping of number and space in adults and young children. *Cognition*, 110(2): 198-207.
- de Hevia, M., D., Spelke, E., S. (2011). Sensitivity to number: replay to Gebuis and Gevers. *Cognition* 121, 253-255

de Hevia., M. D., Girelli, L., Vallar, G. (2006). Numbers and space: a cognitive illusion? *Experimental Brain Research*, 168: 254–264.

de Hevia, M., D., Vallar, G., Girelli, L. (2008). Visualizing numbers in the mind's eye: The role of visuo-spatial processes in numerical abilities. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32 . 1361–1372.

Espy, K. A., McDiarmid, M., M, Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A, Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematical skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26:465–486.

Flawell, J. H., Green, F. L. Flawell, E. R. (1993). Children's understanding of the stream of consciousness. *Child Development*, 64, 378-398.

Fias, W., Fischer, M. H. (2005). Spatial representation of numbers. In: Cambell, J. I. D. (editor) *Handbook of mathematical cognition*. Psychology Press. New York.

Fischer, M. H. (2001). Number processing induces spatial performance biases. *Neurology*, 57(5) 822-826.

Fischer, M. H. (2003). Spatial representations in number processing – Evidence from pointing task. *Visual Cognition*, 10(4) 493-508.

Gathercole, S. E., Pickering, S., J., Knight, C., Steigmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from National Curriculum assessments at 7 and 14 years. *Applied Psychology*, 18, 1-16.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Hamson, C. O. (1999). Numerical and Arithmetical Cognition: Patterns of Functions and Deficits in Children at Risk for a Mathematical Disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213–239.

Geary, D.C., Hoard, M. K. (2001). Numerical and arithmetical deficits in learning-disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *Aphasiology*, 15, 635-647.

Geary, D. C., Hoard, M. K. Byrd-Craven, J., Lara Nugent, L., Numtee Ch. (2007). Cognitive Mechanisms Underlying Achievement Deficits in Children With Mathematical Learning Disability. *Child Development*, 78, 4, 1343 – 1359.

- Gebuis, T., Gevers, W. (2011). Numerosities and space; indeed a cognitive illusion! A reply to de Hevia and Spelke (2009). *Cognition* 121, 248-252.
- Gersten, R., Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *The Journal of Special Education*, 33, 18–28.
- Gevers, W., Lammertyn, J. (2005). The Hunt for SNARC. *Psychology Science*, 47, 1.
- Gevers, W., Reynvoet, B., Fias, W. (2003). The mental representation of ordinal sequences is spatially organized. *Cognition*, 87:B87–B95.
- Griffin, S. (2002). The development of math competence in the preschool and early school years: Cognitive foundations and instructional strategies. In J. M. Roher (Eds.), *Mathematical cognition*. In series: Current perspectives on cognition, learning, and instruction.
- Guarini, A., Sansavini, A., Fabbri, M., Alessandroni R., Faldella G., Karmiloff-Smith, A. (2014). Basic numerical processes in very preterm children: A critical transition from preschool to school age. *Early Human Development*, 90. 103–111.
- Györkő E. Lábadi B., Beke A. (2012). Téri viszonyok és a nyelvi reprezentáció a koraszülötteknél. *Gyógypedagógiai Szemle*. 2.
- Hanich, L. B., Jordan, N. C., Kaplan, D., Dick, J. (2001). Performance across different areas of mathematical cognition in children with learning disabilities. *Journal of Educational Psychology*, 93:615–626.
- Holloway, I. D., Ansari D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(1):17–29.
- Insausti, R., Cebada-Sánchez, S., Marcos, P. (201) Postnatal development of the human hippocampal formation. *Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology*, .206, 1-86.
- Jens, K., G., Gordon, B., N. (1991). Understanding risk: Implications for tracking high-risk infants and making early service delivery decisions. *International Journal of Disability Development and Education*, 38(3) 211-224.

Jordan, N., C, Glutting, J., Dyson, N. (2012). Number Sense Screener. User's guide, K-1. Paul H. Brookes Publishing Co. Baltimore

Jordan, N., C, Glutting, J., Ramineni, C., Watkins, M., W. (2010). Validating a Number Sense Screener tool for use in kindergarten and first grade: prediction of mathematics proficiency in third grade. *School Psychology Review*, 39. 2, 181 -195.

Jordan, N., C., Huttenlocher, J., Levine, S., C., (1992). Differential calculation abilities in young children from middle- and low-income families. *Developmental Psychology*, 28, No. 4, 644-653.

Jordan, N., C., Levine, S., C., (2009). Socioeconomic variation, number, competence, and mathematics learning difficulties in young children. *Developmental disabilities, Research Reviews*, 15: 60 – 68.

Kalchman, M., Moss, J., Case, R. (2001). Psychological models for the development of mathematical understanding: Rational numbers and functions. In Carver, S., Klahr, D. (Eds.), *Cognition and instruction* (pp. 1–38). Mahwah, NJ: Erlbaum

Karmiloff-Smith, A. (1994). Precis of beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 693-745.

Keeler, M.L., Swanson, H.L. (2001). Does strategy knowledge influence working memory in children with mathematical disabilities? *Journal of Learning Disabilities*, 34, 418-434.

Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Aunio, P. (2012). Mathematical and cognitive predictors of the development of mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 1, 24-27.

Levine, S., C., Jordan, N., C. (1992). Development of calculation abilities in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 53. 72 – 103.

Longo, M. R., Lourenco, S. F. (2007). Spatial attention and the mental number line: Evidence for characteristic biases and compression. *Neuropsychologia*, 45, 1400–1407.

Lourenco, S. F., Longo, M. R. (2010). General Magnitude Representation in Human Infants. *Psychology Science*, 21(6) 873–881.

- Lipton, J. S., Spelke, E., S. (2004). Discrimination of large and small numerosities by human infants. *Infancy*, 5 (3), 271 – 290.
- Luciana, M., Lindeke, L., Georgieff, M., Mills, M., Nelson, Dh. A. (1999). Neurobehavioral evidence for working memory deficits in school-aged children with histories of prematurity. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 41: 521–533 521.
- Mazzocco, M. M. M., Myers, G. F. (2003). Complexities in Identifying and Defining Mathematics Learning Disability in the Primary School-Age Years. *Ann Dyslexia*, 1; 53(1): 218–253.
- Meck, W. H., Church, R. M. (1983). A mode control model of counting and timing processes. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 9, 320–334.
- Molloy, C. S., Wilson-Ching, M. Doyle, L. W. Anderson, V. A. Anderson, P. J. (2014). Visual Memory and Learning in Extremely Low-Birth-Weight/Extremely Preterm Adolescents Compared With Controls: A Geographic Study. *J. Pediatric Psychology*, 39 (3): 316-331.
- Omizzolo, C., Scratch, S. E., Stargatt, R., Kidokoro, H., Thompson, D. K., Lee, K. J, Cheong, J., Neil, J., Inder, T. E., Doyle, L. W. Anderson, P. J. (2014). Neonatal brain abnormalities and memory and learning outcomes at 7 years in children born very preterm. *Memory*, 22. 6. 605-615.
- Opfer, J. E., Siegler, R., S. (2012). Development of quantitative thinking. In *Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (Holyoak, K.J. and Morrison, R., eds), pp. 585–605, Oxford University Press
- Piaget, J. (1970). *Válogatott tanulmányok*. Budapest Gondolat Kiadó
- Pickering, S. J. (2001). The development of visuo-spatial working memory. *Memory*, 9, 423–432.
- Previtali, P., de Hevia, M., D., Girelli L. (2010). Placing order in space: the SNARC effect in serial learning. *Experimental Brain Research*, 201:599–605.

Racsmány, M. (2004). A munkamemória szerepe a megismerésben. Akadémiai Kiadó. Budapest

Racsmány, M., Albu, M., Lukács, Á., Pléh, Cs. (2007) A téri emlékezet vizsgálati módszerei: fejlődési és neuropszichológiai adatok. In: Racsmány, M. (Szerk.) *A fejlődés zavarai és vizsgálómódszerei*. Akadémiai Kiadó, 11-40.

Reuhkala M. (2001). Mathematical skills in ninth-graders: Relationship with visuo-spatial abilities and working memory. *Educational Psychology*, 21, 387-399.

Rickards, A.,L., Kelly, E.,A., Doyle, L.,W., Callanan., C. (2001). Cognition, academic progress, behaviour and self-concept at 14 years of very low birth weight children. *Developmental and Behavioral Pediatrics*, 22:11–18.

Rose, S. A., Feldman, J. F., Jankowski, J. J. (2011). Modelling a cascade of effects: the role of speed and executive functioning in preterm/full-term differences in academic achievement. *Developmental Science*, 14(5):1161–75.

Saigal, S., Hoult, L. A.; Streiner, D.A., Stoskopf, B. L., Rosenbaum, P. L. (2000). School difficulties in adolescence in a regional cohort of children who were extremely low birth weight. *Pediatrics*, 105, 325-331.

Schneider, W. (2002). Memory development in childhood. In Goswami, U. (ed.): *Childhood Cognitive Development*. London, Blackwell Publishers, 237-256.

Schneider, W., Näslund (1993). The Impact of Early Metalinguistic Competencies and Memory Capacity on Reading and Spelling in Elementary School: Results of the Munich Longitudinal Study on the Genesis of Individual Competencies (LOGIC). *European Journal of Psychology of Education*, 8, 3, 273-287.

Siegler, R., S. (1988). Individual differences in strategy choice: Good students, not-so-good students and perfectionist. *Child development*, 59, 833-851.

Siegler, R. S. (2009). Improving the numerical understanding of children from low-income families. *Child Development Perspectives*, 3, 118-124

Sophian, C., Chu, Y. (2008). How do people apprehend large numerosities? *Cognition*, 107, 460–478.

Taylor, H., G., Burant, C., Holding, P., A., Klein, N., Hack, M. (2002). Sources of variability in sequelae of very low birth weight. *Child Neuropsychology*, 8:164–178.

Taylor H., G., Klein, N., Drotar, D., Schluchter, M., Hack, M. (2006). Consequences and risks for < 1000- g birth weight for neuropsychological skills, achievement, and adaptive functioning. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 27:459–469.

Uller, C., Carey, S., Huntley-Fenner, G., Klatt (1999). What representations might underlie infant numerical knowledge. *Cognitive Development*, 14, 1–36.

Van den Heuvel-Panhuizen, M., Buys, K. (2005). Young Children Learn Measurement and Geometry. A Learning-Teaching Trajectory with Intermediate Attainment Targets for the Lower Grades in Primary School. Utrecht: Freudenthal Institute, Utrecht University.

Van Luit, J. E. H. (2000). Improving early numeracy of young children with special education needs. *Remedial and Special Education*, 21, 27–41.

Xu, F., Spelke, E., S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74 B – 1 B – 11.

Wood, J., N. Spelke, E., S. (2005). Infants' enumeration of action: numerical discrimination and its signature limits. *Developmental Science*, 8:2, pp 173 – 181.

Wrape, P. (2003). Prematurity research disproves that premies catch up by age three. <http://www.prematurity.org/research/notcatchingup2.html> Letöltve: 2015. január 20.

Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature* 358, 749 – 750.

Konferenciák:

Györkő E., Lábadi, B. (2014). Bisection paradigm in preschool children. La Conferința Internațională de Științe ale Educației, Kolozsvár

Györkő E., Lábadi, B. (2012). Relationship between numerical abilities and spatial cognition in preschool children. 5th International Conference on Spatial Cognition, Rome

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. (2010). Development of spatial language in high risk preterm children. 9th Alps-Adria Psychology Conference, Klagenfurt

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. (2010). Térí viszonyok és a nyelvi reprezentáció a koraszülötteknél. MPT Konferencia

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. (2010). A térí nyelv fejlődési sajátosságai a 3-5 éves koraszülött és normál fejlődésű gyermekeknél. Neveléstudományi Konferencia, Kolozsvár

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. (2009). A térí megismerés normál és koraszülött gyermekek fejlődésében SOTE I. sz. Szülészeti és Nőgyógyászati Klinika, Budapest

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. (2009). Térí nyelv sajátosságai a 3-5 éves koraszülött és normál fejlődésű gyermekeknél. MPT Klinikai Gyermekpszichológiai szekciója és a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Pszichológiai Intézete, Budapest

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. (2009). A térí megismerés és a nyelv koraszülött és normál fejlődésű 3-5 éves gyermekeknél. MAKOG, Budapest

Publikációk:

Györkő E., Lábadi, B. (2014). Bisection paradigm in preschool children. La Conferința Internațională de Științe ale Educației Konferencia Kötet. Szerk. Birtha-Székely Noémi (in press)

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. Györkő, E., Lábadi, B., Beke, A. (2012). Téri viszonyok és a nyelvi reprezentáció a koraszülötteknél. Gyógypedagógia Szemle. 2012 évfolyam XL -2

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. (2011), A téri nyelv fejlődési sajátosságai a 3-5 éves koraszülött és normál fejlődésű gyermekeknél. Neveléstudományi Konferencia Kolozsvár Kötet. Szerk. Demény Piroska

Györkő E., Lábadi, B. Beke, A. (2010). A téri megismerés és a nyelv koraszülött és normál fejlődésű 3-5 éves gyermekeknél. Kutatás és terápia Konferencia Kötet. Szerk. Hámori Eszter