

**Pécsi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar  
Pszichológia Doktori Iskola  
Evolúciós és Kognitív Program**

**Numerikus képességek tipikus és atipikus fejlődése  
óvodáskorban**

**Doktori (PhD) értekezés**

**Györkő Enikő**

**Témavezető:  
Dr. Lábadi Beatrix**



**Pécs, 2015**

# Tartalomjegyzék

<b>BEVEZETÉS</b> .....	4
<b>1. A SZÁMÉRZÉK ÉS FEJLŐDÉSE</b> .....	8
1.1 Elgondolások a számérzékről .....	8
1.2 Mit ért meg a gyerek a numerikus világból.....	12
1.3 Számérzék fejlődésének problémái .....	18
1.4 Számérzék és a tér kapcsolata .....	21
<b>2. MENNYISÉGÉRZÉKELÉS ÉS TÉRI HATÁSOK: VONALFELEZÉSI PARADIGMÁK</b> .....	27
2.1 Téri tapasztalatok és a numerikus tudás kapcsolata gyermekkorban .....	27
2.2 Vonalfelezési paradigmák és vizsgálati tapasztalatok .....	28
2.3 Téri numerikus ítéletek problémafelvetése, a hipotézisek megfogalmazása .....	31
2.3.1 Horizontális vonalfelezési paradigma (Vizsgálat I.).....	34
2.3.1.1 Vizsgálati módszerek: módszer, eljárás, vizsgált minta.....	34
2.3.1.2 Vizsgálati eredmények .....	37
2.3.1.3 Megvitatás .....	42
2.3.2 Vertikális vonalfelezési paradigma (Vizsgálat II.).....	45
2.3.2.1 Vizsgálati módszerek: módszer, eljárás, vizsgált minta.....	45
2.3.2.2 Vizsgálati eredmények .....	49
2.3.2.3 Megvitatás .....	53
2.3.3 Összegzés .....	57
<b>3. SZÁMÉRZÉK FEJLŐDÉSE ÉS VIZSGÁLATA 5 ÉS 6 ÉVES ÓVODÁSKORÚ GYERMEKNÉL</b> .....	60
3.1 Számérzék mérésének kérdésköre.....	60
3.2 Number Sense Screener feladatainak elméleti háttere .....	65
3.3 Number Sense Screener kapcsolatos problémafelvetés, a vizsgálati kérdések megfogalmazása .....	69
3.4 Vizsgálati módszer: vizsgálat alanyai, vizsgálat menete (Vizsgálat III.).....	70
3.5 Vizsgálati eredmények .....	73
3.6 Megvitatás .....	81
2.7 Összegzés .....	86

<b>4. MUNKAMEMÓRIA ÉS A SZÁMÉRZÉK</b> .....	88
4.1 Munkamemória és fejlődési összefüggései .....	88
4.2 Munkamemória és a numerikus teljesítmény összefüggése gyermekkorban és a hipotézis megfogalmazása.....	93
4.3 Location Learning Teszt alkalmazása óvodáskorú gyermekeknél (Vizsgálat V.) .....	95
4.4 Vizsgálati eredmények .....	96
4.5 Megvitatás .....	101
4.6 Összegzés .....	104
<b>5. KORASZÜLÖTTség ÉS A SZÁMÉRZÉK FEJLŐDÉSE</b> .....	105
5.1 Koraszülöttek atipikus fejlődésének hatása a számérzék és a téri-vizuális munkamemória teljesítményre .....	105
5.2 Számérzék és a téri munkamemória vizsgálat 5 éves koraszülött gyermekek körében és a hipotézis megfogalmazása.....	110
5.3 Vizsgálati eredmények .....	113
5.3.1 Számérzék vizsgálata (Vizsgálat VI.) .....	113
5.3.2 Téri munkamemória vizsgálata (Vizsgálat VII.).....	117
5.4 Megvitatás .....	119
5.5 Összegzés .....	123
<b>6. KITEKINTÉS</b> .....	124
<b>IRODALOM</b> .....	128
<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</b> .....	156
<b>PLÁGIUMNYILATKOZAT</b> .....	157
<b>ÁBRÁK JEGYZÉKE</b> .....	158
<b>TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE</b> .....	160
<b>MELLÉKLETEK</b> .....	162

## BEVEZETÉS

*„The integers were created by God; all else is manmade”*

(Az egész számokat az Isten teremtette, minden más az ember által alkotott)

**Leopold Kronecker**

A numerikus-tudás, a matematikai teljesítmény alapvető és meghatározó képessége minden gyermeknek és felnőttnek. A hétköznapi élet szervezésben és bonyolításában nélkülözhetetlen a matematikai ismeret. A számok segítségével válik a szűkebb és tágabb világ működése előre jelezhetővé, megérthetővé és magyarázhatóvá. Bizonyos értelemben számok világa a lényegi elemét adja az emberi működésnek, akár a technológia oldalát (tudományos kutatás és fejlesztés), akár konvencionális oldalát (kereskedelem, építészet, ipar, mezőgazdaság) vizsgáljuk.

A numerikus tudás megszerzése fejlődési folyamat eredménye, és sokoldalú használatára a gyerekeket a korai iskolai évektől folyamatosan és didaktikusan készítik fel. A számlálás, a számok sorozatának felfogása és a mennyiségek közötti összefüggések megértése kulcskérdés a matematikai teljesítményben. Ezek a képességek, melyet összefüggően számérzéknek nevezünk, vagyis a numerikus viszonyok intuitív megértése, lehetővé teszi a gyermekek számára, hogy matematikai problémákat oldjanak meg, numerikus kapcsolatokat ismerjenek fel. A számolás előre huzalozott tulajdonsága az emberi agynak, sok mindenre alkalmas svájci bicskaként funkcionál (Dehaene, 2003).

Több éves iskolai tanulás és gyakorlás mellett azonban a gyermekek egy része mégsem képes megbirkózni a matematikai feladatokkal, számolási nehézséggel vagy zavarral küzdenek. Sok gyermek fáradtságos és kudarcokkal teli időszaknak éli meg az iskolai matematikai órákat, annak ellenére, hogy alapvetően mindegyik rendelkezik az intuitív képességgel, amely segítene megérteni a számokat és a matematikát. Dehaene (2003) szerint azonos képességgel rendelkező gyerekek kiváló, vagy éppen gyenge matekosokká válhatnak, attól függően, hogy milyen érzelmi viszonyt alakítanak ki ezzel a tantárggyal. Megítélése szerint a matematika iránti szenvedély vezet a tehetséghez, melyben a tanároknak és a szülőknek egyaránt felelőssége van. A matematika iránti

elkötelezettség, vagy elutasítottság viszonya a felnőttek irányító, nevelő attitűdjén is múlik. A matematika tanulása egy asszimilációs folyamat, amihez ismernünk kell a gyermekek numerikus ismeretszerzésének folyamatát, a mentális reprezentációk szerveződésének menetét és hatását a neurális éreésre.

A numerikus teljesítmény hiánya oktatási és képzési következményekhez vezethet. Azok a tanulók, akik gyenge matematikai képességgel rendelkeznek, az alapoktatás végére nem képesek megszerezni azokat a kompetenciákat, melyek a közép és felsőfokú oktatáshoz elengedhetetlen (Sadler, Tai, 2007). Sajnos a nemzetközi vizsgálatok szerint 9-10 éves gyerekek 25 % - a érintett különböző matematikai problémákkal és ez az életkor növekedésével tovább erősödik (Jordan, Kaplan, Ramineni, Locuniak, 2009). A kutatások szerint a háttérben akár több probléma is állhat: a számolási folyamatok fejlődésének gyengesége, a numerikustényezők lassú ütemű felismerése és visszahívása, illetve a pontatlan számolás (Jordan, Hanich, Kaplan 2003). A numerikus problémák közül, mint a számolás gördülékenysége, vagy a kombinációk megértésének nehézsége (Pl.  $3+2$ ;  $2+3$ ;  $5-3$ ) eltérő formákban jelentkeznek az egyszerű számolási nehézségtől egészen a dyscalculiáig, jó intellektuális képesség ellenére.

A gyermekek numerikus vizsgálata széles kísérleti paradigmákban zajlanak, a korai évektől kezdődően egészen az iskoláskorúak sérült matematikai képességének kutatásig. A disszertáció a numerikus tudás sokoldalú pszichológiai kutatás területei közül a számérzék fejlődésének vizsgálatát tűzte ki elsődleges céljául. Időszerűségét alátámasztja, hogy a nemzetközi tanulmányok szerint a matematikai hiányosságok a korai iskolai évektől kezdődően, visszavezethetők a számérzék alapvető gyengeségére (Gersten, Jordan, Flojo, 2005), ezért a kutatás szűkebb és tágabb kapcsolatokat keres a numerikus fejlődés területén.

A szerteágazó útvonalak közül egy szűk életkori keresztmetszetben elsődlegesen a számérzékét céloztuk meg és a vizsgálatunk nem tér ki a dyscalculia területére. Kiemelt területként kezeljük életkor szerint az óvodáskorú gyermekek fejlődési sajátosságainak leírását. Ezt azért tartjuk lényegesnek, mert a sikeres matematikai tanítás ma már nem nélkülözheti az alapvető numerikus képességek fejlődésének normál, vagy attól eltérő mintázatának ismeretét. Az életkori sajátosságokhoz igazított módszerek és eszközök használata biztosítja csak az eredményes képzést, a kompetencia élményét a gyermeknek és az őket tanító pedagógusoknak.

A kutatásunk a kísérleti hagyományokhoz igazodva egy újszerű területen keres választ. A kísérlet fő célja, hogy bemutassa a tipikus fejlődéshez illesztve az atipikus

numerikusfejlődést óvodáskorú koraszülött gyermekek csoportjában. A koraszülöttek esetében meghatározó rizikótényező a rövid gesztációs hét, az alacsony születési súly, továbbá a magas prerinatális kockázati faktorok, amelyek lényegesek a későbbi a szomatomentális fejlődés szempontjából (Vida, Sárkány, Funke, mtsai., 2007). 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 és csökkenti későbbi tanulási potenciált (Csiky, 2006). A koraszülött csoportban a pszichés fejlődésben (Szanati, 2008), különösen a mozgás (Braeckel, Bos, Butcher, Geuze 2008), a nyelv (Hopkinns-Golightly, Raz, Sander, 2003) és az intellektus területén (Rose, Feldman, Jankowski, 2001) találtak elmaradást. A kutatásunk további kérdése, hogy milyen kapcsolat létezik a numerikus teljesítmény és egyes kognitív területek között. A numerikus kompetencia kibontakozását egymástól viszonylag független kognitív rendszerek támogatják. A matematikai gondolkodáson belül kritikus szerepe a munkamemóriának van. A munkamemória általában egyszerre 3-4 elem emlékezetben tartására alkalmas egy időben, mégis képesek vagyunk nagymennyiségű halmazok számosságának megítélésére és emlékezetben tartására. Ezt a munkamemória rugalmassága biztosítja, azzal együtt, hogy a tárgyak milyen téri képviseletben jelennek meg. Attól függően, hogy az elemek egyesével, kisebb csoportban, vagy halmazban fordulnak elő, feloldja a munkamemória szigorú korlátait és segíti a felidézést (Feigenson, 2011).

Azonban nehéz a matematikai tényezők gépies emlékezetben tartása anélkül, hogy érthetővé válnának a kombinációk, vagy a mentális számegyenes mennyiségi-téri viszonya. A tér és a számok között fennálló kapcsolatot, egy belső reprezentációjú, mentális számegyenes igazolja. Ez a képzeletbeli egyenes alapvető, funkcionális eleme a numerikus képességeknek. Átala történik a számok nagyságának megértése, összehasonlítása és becslése. A téri-sorrendi elrendeződés fontos szerepet játszik a numerikus és nem-numerikus sorozatok felismerésében egyaránt (Gevers, Reynvoet, Fias, 2003). A kutatási eredmények szerint a téri kódolás egyértelműen jelen van a sorozatok mentális reprezentációjában (Previtali, de Hevia, Girelli, 2010). Ezért a kutatás további területe, hogy megvizsgálja az óvodáskorú gyermekek körében a téri tudás numerikus képességekre gyakorolt hatását. A tanulmányok többsége a mentális számegyenessel kapcsolatos torzításokat vizsgálja, többségében felnőtteknél különböző kísérleti paradigmában. A gyermekek esetében az iskoláskorúak torzítási jelenségeit állítják a középpontba. Felmerül a kérdés, hogy a fiatal 3-,4-, és 5 éves gyermekek,

hogyan vonják ki a számosságra vonatkozó tudást a vizuális-téri információkból. Ezért a kísérleti hagyományokat követve, olyan módszert alakítottunk ki, amely horizontális és vertikális irányokban méri az óvodáskorú gyermekek mentális számegyenes észlelését. A vizsgálatunk során összefüggést keresünk a téri képesség és a numerikustudás között. A rövid bevezetőben demonstrált területek szerteágazó módon járják körbe az óvodáskorú gyermekek numerikus képességeit, hozzáillesztve az atipikus jelenségeket. Az értekezésünkben arra törekszünk, hogy azokat a mozzanatokat ragadjuk meg, amelyek a területek együtt járásaira és összefüggéseire világítanak rá.

# 1. A SZÁMÉRZÉK ÉS FEJLŐDÉSE

## 1.1 Elgondolások a számérzékről

A tudományos szakirodalmak általánosan elfogadott definíciója szerint a számérzék az a velünk született potenciál, amivel képesek vagyunk közvetlenül, 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).

Habár a számérzék fogalmi meghatározása mára egyértelműen körvonalazódott, korábban gondot okozott a kutatók számára, hogy a különböző kutatási területek eltérő módon használták a kifejezést a szakirodalomban, nem volt két egyforma vizsgálat, amely egzakt módon alkalmazta volna a számérzék fogalmát (Gersten, Chard, 1999). A helyzetet az is problémássá tette, hogy a kifejezéssel kapcsolatosan eltérő módon gondolkodtak a kognitív kutatók és a matematikát oktatók. Berch, (2005) gondosan áttanulmányozva a szakirodalmat a matematikai megismerést, a kognitív fejlődést és a matematika oktatás területét jelölte meg, és összeállított egy listát a számérzék feltételezett funkcióiról és a fogalmi használatáról. A meghatározások közül a következők jelentek meg: tudatosság, érzék, felismerés, ismeret, jártasság, képesség, tudásvágy, numerikus kapcsolatok érzékelése, elvárás, eljárás, fogalmi strukturálás, és mentális számegyenes. Elgondolása szerint a fő különbség számérzék meghatározásában két területen jelentkezik. Az egyik koncepció szerint úgy lehet tekinteni a számérzékre, mint egy „alacsonyabb rendű”, veleszületett (biológiai) alapú perceptuális érzékelése a mennyiségeknek, illetve egy „magasabb rendű”, megszerzett (tanult) konceptuális érzékelése a matematikai problémáknak. Ez a nézet azonban korlátozná a számérzéknek azt az elemi funkcióját, hogy képesek lennénk gyorsan és pontosan kisebb mennyiségek megítélésére, numerikus nagyságok meghatározására, számolásra, egyszerű matematikai műveletekre. Dehaene (1997) koncepciójára hivatkozva a számérzék nem egyszerűen egy képesség (mennyiségek analóg reprezentációja), hanem egy „patchwork” képviselője a képességeknek, egy magtudás, ami a többi kognitív képességhez kapcsolódik és összefüggésben áll a fejlődéssel és az oktatással. (Berch, 2005).



Annak ellenére, hogy akadtak különbségek a fogalom meghatározásában, azonban mégis több közös pont jelent meg az operacionalizáció során (1. táblázat). Ehhez elsősorban a vizsgált/mért területek kapcsolódtak, s így körvonalazódni látszott a számérzékben megnyilvánuló képességek területe. Leggyakrabban felmerült komponensek, amelyek közös területnek mutatkozott: a mennyiségi diszkrimináció (nagyság összehasonlítás), az elemek számlálása, a hangos számolás, a számazonosítás, az alapl műveletek, a becslés, a mérés koncepciójának megértése, a számprodukción és a hiányzó számok azonosítása. Akadtak olyan elgondolások is, amelyek szerint a számérzékhez közvetlenül hozzákapsolódik a számok gyors megnevezése, a vizuális diszkrimináció, a minta/alakfelismerés, vagy a munkamemória (Lago, DiPerna, 2010).

Szerzők	Képesség meghatározása
Gersten, Chard (1999)	Mechanikus számolás: tárgyak számlálása, számok szekvenciális sorolása, két szám közül a nagyobbik meghatározása, szekvenciális sorból a hiányzó szám felismerése, annak meghatározása, hogy két szám közül melyik szám áll közelebb egy harmadik számhoz, számolás egy adott számtól
Case, Sandieson (1991)	Számegyenes megértése, a számsor kétirányú ismerete, számok megfeleltetése/számok összefüggése, számosság, annak tudása, hogy egy adott tárgyak csoportja mindkét irányban összeadással és kivonással generálható, numerikus információk hasznosításának tudása
Van De Walle (1990)	Mennyiségek (több-kevesebb, egy az egy megfeleltetés, számosság, sorrendiség, számok relatív nagyságának megértése), halmaz mennyiségének becslése, halmazok méretének összehasonlítása, számolás
Baker és mtsai. (2002)	Mennyiségi diszkrimináció (nagyság összehasonlítás), számolási tudás, számazonosítás, munkamemória
Geary (2003)	Számok értéktartománya, nagyság összehasonlítás, diktálás alapján számok leírása
Mazzocco, Thompson (2005)	Egyjegyű számok olvasása, szám-állandóság, egyjegyű számok hozzáadásával végzett manipuláció, különbségtétel egyjegyű számok között nagyságtételek alkotásával
Van Luit (2000)	Számlálás számok nevének helyes sorrendben használata, egy az egy megfeleltetés, sorrendiség, számosság, számítások, párosával történő számolás) szubitizáció, összehasonlítási koncepciók (ugyanakkora, több, kevesebb) osztályozás (alosztály és osztály elrendezésének képessége) szeriación (tárgyak rangsora)
Howell, Kempt (2005)	Mechanikus számolás 10 számkörön túl, számlálás egyesével, számfelismerés 10-ig, időbeli sorozat, ekvivalens csoportok létrehozása, mennyiség és mérte megkülönböztetése, mennyiség összehasonlítása 5-ig (több/kevesebb), megnevezett számok összehasonlítása

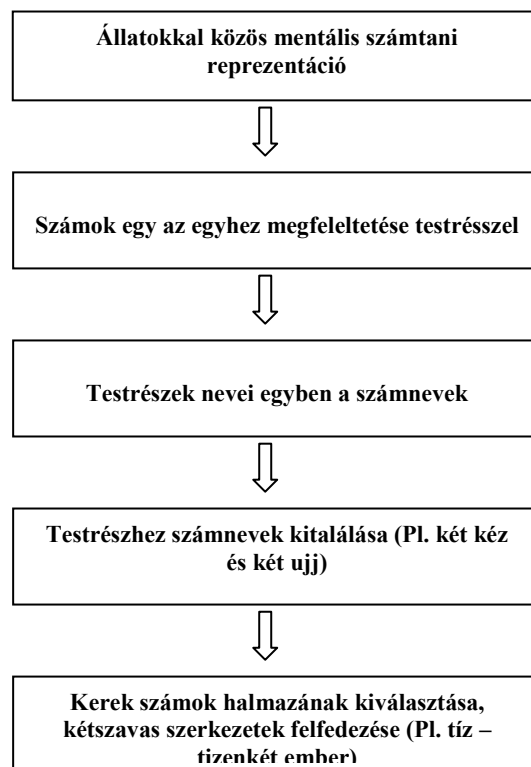
1. táblázat Számérzék fogalmának operacionalizációja (Lago, DiPerna, 2010)

A számérzék a neuropszichológiai megközelítés szerint egy speciális modul működésén alapul. Ez a mentális modul egy primitív számfeldolgozó egység, amelyik biztosítja a későbbi tanulás útján elsajátítandó matematikai ismereteket. Alapvető működése szerint felelős a mennyiségek számontartásáért. Általa lehetséges 2 – 3 – 4 elemből álló sorozatok megkülönböztetése és intuitív módon a számok jelentésének megértése. A speciális modul működteti a mentálisan reprezentált mennyiségek szabályok szerinti átalakítását, a matematikai műveleteket (Dehaene, 2003).

Számérzék egy lehetséges evolúciós kapcsolatára az állatok viselkedéses vizsgálata enged következtetni. Több kutatási paradigma igazolta, hogy kísérletileg megragadható adott állatfajoknál is a számérzék. Ahogy a preverbális időszakban a csecsemőknek is vannak fogalmaik bizonyos mennyiségekről úgy egyes állatfajoknál is figyelmet szentelnek többféle számosságnak, mint a cselekvéseknek, hangoknak, vizuális jelzéseknek, táplálékadagoknak (Dehaene, 2003). Meck és Church (1983) klasszikusnak számító vizsgálata alátámasztotta, hogy rendelkeznek olyan speciális tárolóval, amely segítségével alacsony számú mennyiséget tárolnak és ezzel képesek az elemeket egymástól megkülönböztetni. Igazolódott, hogy a főemlősök közül a csimpánzok képesek intuitív módon megérteni a különböző arányokat, de hibázásaik hasonlóak a csecsemők működéséhez, amely a számok nagyságának és egymástól való távolságának hatásával magyarázható. Ez arra utal, hogy a csimpánzok nem rendelkeznek a számok digitális, vagy diszkrét reprezentációjával, a nagyobb számok felé mozogva nő a számhatárok elmosódottsága. A belső pontatlanságuk ellenére képesek összeadni két kis mennyiséget, vagy két csoport közül a nagyobbat választani, ami arra utal, hogy bizonyos fajok feltételezhetően rendelkeznek funkcionális matematikai eszközökkel. Valószínű, hogy az evolúció során olyan összetett stratégiák alakultak ki az élelemszerzés és raktározás során, amely megerősítette néhány faj esetében a két mennyiség összemérésének egyszerű műveletét (Dehaene, 2003).

Ami a számérzék működését funkcionálisan egy emelt szintre helyezi az a numerikus tudás nyelvi szinten történő megjelenése. A mentális reprezentációk a nyelv segítségével válnak értelmezhetővé. A nyelv, mint komplex jelrendszer pontosítja a számokat, kategorizálja a mennyiségeket, általa a folytonos mennyiségek diszkrét mennyiséggé módosulnak, így a nyelvi szimbólumok egy kifinomult számjelölő rendszerként funkcionálnak (Dehaene, 2011). A számokkal történő műveletek elvégzésének, a nagyságrendek összehasonlításának, és a matematikai szabályok végrehajtásának a sikeressége is a nyelven keresztül nyilvánul meg. A nyelv a

matematikai gondolkodás fejlődésében jelentős szerepet játszik. A másodlagos szimbolikus rendszerrel az intuitív fogalmak ismerete kibővül. A numerikus szavak használatával a műveleti szabályok alkalmazása is pontossá válik. Minden nyelv ismer számokat és kultúránként hatást gyakorol a numerikus képességek fejlődésére (Pica, Lemer, Izard, Dehaene, 2004). A számnyelvek fejlődése a nagyobb számtani hatékonyság felé fordította a kultúrákat. Ehhez egy lehetséges sematikus utat vázolt fel Dehaene (2003):



A számok és nyelv kapcsolatának fejlődése jól körülírható szabályok mentén haladt, magában hordozva az emberiség evolúciós, kulturális emelkedését. A szabályosságok, jellegzetességek az emberi műveltségektől függetlenül, közel azonos módon jelentek meg, ami a közös neurális meghatározottságot erősíti meg (Dehaene, 2011).

## 1.2. Mit ért meg a gyerek a numerikus világból?

Korábban Piaget (1970) úgy gondolta, hogy a numerikus reprezentáció a logikai készségek alapjaira épül. Konstruktivista elgondolása szerint a környezetével kapcsolatba kerülő gyermekben, a szenzomotoros interakciókon keresztül egyre elvontabb mentális reprezentációk épülnek fel, amelynek segítségével képesek megérteni a számok fogalmát. Ez az elgondolás azonban nem magyarázza a preverbális kor numerikus teljesítményét. Számos kísérleti paradigma munkahipotézise irányult a fiatal gyermekek számtani tudására és egyértelművé vált, hogy a numerikus érzékenység a korai évektől kezdően jelen van és igazolódott, hogy befolyással bír a későbbi óvodás -, és a kisiskoláskor matematikai teljesítményére (Siegler, 2009).

Amennyiben a korai élet évekre irányuló vizsgálatokat vetjük össze, kitűnik, hogy a csecsemőkor kitüntetett időszak a numerikus fejlődésben. Megerősített tény, hogy már az öt hónapos csecsemők is érzékenyen reagálnak a mennyiség változására. A számtani tudásuk segítségével felismerik, hogy  $1 + 1$ , éppen  $2$ , ami nem függ a tárgyak helyének és mibenlétének pontos mentális modelljétől (Wynn, 1992, Dehaene, 2011). A későbbi vizsgálatok igazolták, hogy a mennyiségi változást relatíve nagyobb számosság estében is képesek követni. Xu és Spelke (2000) egy habituációs paradigmában hat hónapos csecsemőkkel  $8$  vs.  $16$  és  $8$  vs.  $12$  elem számú mennyiségekkel dolgozott. A csecsemők számára nem okozott problémát nagyobb mennyiségű csoportok összehasonlítása, amennyiben nagyobb volt az arány a halmazok elemszáma között. Következésképpen akkor tudtak sikeresen különbséget tenni, ha az összetevők aránya  $2:1$  volt és nem változott  $3:2$  viszonyzámmá. Ezt a tudásukat képesek alkalmazni auditív mennyiségek diszkriminációjára (Lipton, Spelke, 2004), de a tárgyak cselekvésének számát is képesek megkülönböztetni egymástól (Wood, Spelke, 2005). Mindent összevetve úgy tűnik, hogy a csecsemők nem vizuális érzékenységük alapján válaszolnak a számossági helyzet változására. Az eredmények szerint modalitástól függetlenül ténylegesen mennyiségeket érzékelnek, és a számreprezentációs képességük alapján reagálnak. Egyes értelmezés szerint ez a preverbális kor numerikus teljesítménye, egy korai számossági működési modellel magyarázható. Amennyiben ez a hipotézis igaz, feltételezhető, hogy a csecsemők a mennyiségek megértését támogató, veleszületett mechanizmussal rendelkeznének és ez a *protoszámítási modul* segítené a korai matematikai tudás elsajátítását (Dehaene, 2011).

A numerikus alapok részletes magyarázatára kétféle működési modellt feltételeznek. Az egyik lehetséges magyarázat, az *analóg- nagyság modell*, melyet korábban már Meck és Church (1983) az állatokkal végzett kísérlete kapcsán javasolt. Az elgondolásuk szerint az észlelt mennyiségek egy közös tárolóba, úgy nevezett gyűjtőedénybe kerülnek, ahol a megfigyelt mennyiség alapján zajlik a becslés. Minél magasabb benne az érték annál pontatlanabbá válik a mennyiség megítélése. A *gyűjtőedény modell* szerint egy belső számláló működik, amely alkalmas akár folytonos, vagy diszkrét mennyiségek számosságának becslésére. Feltételezhető tehát, hogy a csecsemők is egy elemi számtani tároló segítségével képesek arra, hogy azonosítsanak alacsony értékű mennyiségeket és felismerjék, hogy miképpen változik a halmazok számossága az észlelt elemek hozzáadásával, vagy eltávolításával (Dehaene, 2011).

A csecsemők numerikus képességét egy másik magyarázat szerint a tárgyak számosságának követése segíti. A *tárgy kategorizációs modell* (Uller, 1999) szerint a csecsemők nem-numerikus, vagy protonumerikus sikerességét az elemek mentális jelzőinek használata biztosítja. Igaz, hogy a gyermekek a korai időszakban képesek néhány elemszámot egymás után követni, azonban úgy tűnik, hogy az elkülönült tárgyak és a számossági információ közötti kapcsolat felismerésében a csecsemők képessége korlátozott. Egy adott időben mentálisan elérhető tárgy kategorizáció felső határa három esetleg négy elem.

Lehetséges tehát, hogy a csecsemők úgynevezett vizuális, hallási számossági detektorral rendelkeznek. Azonban nem hagyható figyelmen kívül a bemeneti modalitásokon túl a tanulásból származott információk használata sem (Dehaene, 2011). Feltételezhető, hogy az észlelt információk között a csecsemők összefüggéseket fedeznek fel, de még nem képesek olyan helyzetek megoldására, amelyekhez számolási algoritmusok szükségesek.

Úgy tűnik tehát, hogy a korai numerikus teljesítmények egy veleszületett, univerzális képesség megnyilvánulása. Ez a közvetett tudás egy *elsődleges képességnek* tekinthető, amelyik átfogja a preverbális időszakot. A fejlődés további menetében, az egyik hajtóerő a beszéd megjelenése lesz. A számtani modul működését a lexikai robbanás, a számszavak elsajátítása szélesíti, ezért nyelvelsajátítást mérföldkönek is tekintik a numerikus kompetenciák fejlődésében.

A másik hajtóerő a környezettel folytatott interakciós kapcsolat. A korai numerikus kompetenciák fejlődésében jelentősek azok a tapasztalatok, amelyek tanulás útján sajátítódnak el. A játékba ágyazott tanulási lehetőségek, mint a játékok megszámlálása,

dobókocka, vagy a dominó használata és a felnőtteket utánzó numerikus-viselkedés kiterjeszti az implicit tudást és felépülnek a *másodlagos képességek*. (2. táblázat). A preverbális numerikus-tudás megalapozza a matematikai kompetenciákat, a verbalitás pedig teret ad a másodlagos szimbolikus rendszer felépülésének (Jordan, Levin, 2009).

Elsődleges preverbális numerikus alapok	Másodlagos szimbolikus numerikus tudás
<i>Analóg – nagyság rendszer:</i> nagyobb mennyiségek megközelítő reprezentációja	<i>Verbális szubitizáció</i> (kis elemszámú halmazok számosságának gyors, pontos leképezése)
<i>Tárgy kategorizációs rendszer:</i> kis mennyiségek pontos reprezentációja (3, vagy annál kevesebb tárgy)	<i>Számlálás</i> (számnevek felsorolása azonos sorrendben 10-ig, annak megértése, hogy egy elemet csak egyszer kell megszámolni és az utolsó szám a halmaz teljes számosságát jelöli)
	<i>Számosság mennyiségi összehasonlítása</i> (annak a tudása, hogy a kettő kisebb, mint öt és az öt nagyobb, mint a négy)
	<i>Mennyiség nagyság lineáris reprezentációja</i> (annak megértése, hogy a számok nagysága lineárisan nő – mentális számegyenes)
	<i>Aritmetikai műveletek</i> (kis elemszámú halmazok összeadása, kivonása, verbális és non-verbális viszonyban)

## 2. táblázat Korai numerikus alapok fejlődési rendszere (Jordan, Levine, 2009)

A beszéd megindulásával a gyerekek hamar használni a számneveket, ismétlik számsorokat. A *számolás* során a számneveket, mint folyamatos nyelvi láncolatot használják. Ahogy a sorozat majd lassan a gyakorlás alatt szavakra bomlik, ezzel együtt a számnevek helyes, szeriális módban jelennek meg. Megszűnnek az ismétlések és a kihagyások (Fuson, 1988). A továbbiakban amint gyermekeknél a számok sorrendje automatizálódik, úgy a számsorozat utánzason alapuló ismétlését kiterjesztik konkrét helyzetekre, megszámolják egy adott halmaz elemeit és ezzel együtt felismerik a *számlálás* szerepét. Miközben a számnevek használata funkciót ölt, a gyermekek képessé válnak arra, hogy egyenként kisebb mennyiségeket osztályozzanak, és egyenként megszámoljanak egy alacsony elemszámú halmaz tagjait.

Annak a tudása, hogy a számnevek stabil, következetes rendben követik egymást és minden elemszámot csak egyszer kell megszámolni, Gelman és Gallistel, (1978) szerint nem egy numerikus tréning eredménye. Feltételezhetően ebben lényegi szerepe a preverbális reprezentációnak van. A belső gyűjtőedény segítségével fel tudják mérni a tárgyak megközelítő számát, és aktiválódik a mennyiség reprezentációja. A gyermekek

felfedezik, hogy a számolással használt utolsó kifejezés pontosan annyi, mint az adott csoport tárgyainak összessége. A gyűjtőedény a számnevek használatával együtt segítheti, hogy a számolás lassan értelmet kapjon, és valódi, pontos számlálássá váljon. (Dehaene, 2003).

A számlálás első matematikai műveletnek is tekinthető, amelyet szigorú matematikai szabályok határoznak meg, megsértése értelmetlenné teszi a numerikus helyzeteket (Gelman, Gallistel, 1978). A szabályok elsajátítása fokozatosan történik (3. táblázat).

Számlálási elvek (Gelman, Gallistel, 1978)	Életkori szintek
<i>Egy az egynek való megfeleltetés:</i> minden egyes elem egy mentális számolási egységnek felel meg, minden egyes elemhez hozzárendeljük a soron következő szám nevét és minden elemre egyszer rámutatunk	2 éves: az elemet egyszer megnevezi, és egyszerre rámutat (Potter, Levy, 1968)
<i>Számok állandó sorrendje:</i> a számlálási egységeknek meghatározott sorrendje van (egy, kettő, három).	3 és fél éves: jelzi a megfeleltetés megsértését hibakeresési feladatban (Gelman, Meck, 1983)
<i>Kardinalitás:</i> a legutolsó számlálási egység, vagyis az utoljára kimondott szám a halmaz számosságát jelenti.	3 éves: még nem érti a számlálásban betöltött szerepét (Wynn, 1990). 3 – 4 elemig segít a szubitizáció, ebben a tartományban tapasztalja meg, hogy számlálással ugyanahhoz a számnévhez jut, mint a szubitizációval (Butterworth, 2005)
<i>Absztrakció:</i> a számlálás független az elemek fajtájától, bármilyen halmazban elvégezhető	3 és fél éves: érti a szabályt, de a teljesítményt a halmaz számossága (Fuson, 1988), ingerek perceptuális sajátossága, és az ingerek bemutatásának módja is befolyásolja (Mix, 1999)
<i>Számlálás sorrendjének irrelevanciája:</i> a számlálás bármely elemtől elkezdhető, és bármely elemmel folytatható.	5 éves: helytelennek gondolja a számlálást, ha ezt az elvet megsértik (Gelman, Meck, 1983).  Óvodáskor vége: két új elv alkalmazásának téves hite: <i>standard irány és az egymásutánosság elve:</i> a számlálást a halmaz egyik végpontjánál kell kezdeni, és csak a soron következő elemmel lehet folytatni (Briars és Siegler, 1984)

### 3. táblázat Számlálási szabályok fejlődése (Jármi, 2012)

A helyes számlálási algoritmus kialakulása átíveli a teljes óvodáskort és az iskolai matematika oktatás kezdetére a tipikusan fejlődő gyermekek helyesen alkalmazzák a halmazok számosságának meghatározására (Jármi, 2012).

További fontos lépés a számérzék fejlődésében a *mennyiségi diszkrimináció*. Azáltal hogy a számlálással kibővül a halmazok számosságának meghatározása, megjelenik a mennyiségi viszonyok megértése. Tetten érhető a mennyiségi fogalmak helyes

használata, ezért négy éves kortól a gyermekek képesek megválaszolni, hogy melyik halmaz tartalmaz több vagy kevesebb elemet (Griffin, 2004).

A soron lévő fontos állomás a számfogalom fejlődésében, hogy hat évesen pontosan megértik, hogy a halmazok számossága művelettel megváltoztatható (hozzáadás, elvétel) és két halmaz akkor válik egyenlővé, ha minden egyes elemük egymással pontosan megfeleltethető, így válnak ettől a kortól az ítéletek pontosabbá (Butterworth, 1999). Lényeges szerepet kap a további előrelépésben, hogy felfogják és alkalmazzák is, hogy a számok egymást követve mindig eggyel növekednek a mentális számegegyesen:  $N$ ,  $N + 1$ ,  $(N + 1) + 1 \dots$  (Le Corre, Carry, 2007, Jordan, Glutting, Ramineni, Watkins, 2010). Ezzel együtt azt is megértik, hogy az öt nagyobb, mint a négy, de kisebb, mint a hat, egyszóval megértik a szomszédos mennyiségi viszonyokat is.

A számolási műveletek helyes használata kritikus eleme a numerikus képességek fejlődésének. A számolásnak és a mennyiségek összehasonlításának felfogása hozzá segíti a gyerekeket ahhoz, hogy spontán módon felhasználják ezt a tudást. Többségük felismeri, hogy számlálás útján kivonjon, vagy összeadjon (Dehaene, 2003). Kérdés azonban, hogy az *aritmetikai műveletek*, a halmazok elemszámának összeadása és egymásból történő kivonása mennyiben a verbális képességhez kötött teljesítmény. Sophian és Adams (1987) 14 – 28 hónapos csecsemőkkel végzett vizsgálatot, hogy rávilágítson arra, miként végeznek numerikus transzformációt a kisgyermekek. Két halmazba helyezték el a tárgyakat, majd befedték őket. A vizsgálat során arra ösztönözték őket, hogy találják meg a nagyobb elemszámú csoportot, miközben változtattak a mennyiségeken, hozzá adtak, vagy elvettek tárgyakat. A változtatást mindig csak az egyik halmazon hajtották végre, a másik halmaz elemszámán nem módosítottak. Feltételezték, hogy a gyerekek a nagyobb csoportot fogják választani, mert előtte látták a tárgyak számosságának változását. A vizsgálat eredménye szerint a gyerekek képesek voltak megérteni az átalakításokat.

Ahogy óvodáskorban internalizálódik a számosság alapelve, úgy az új helyzetekben is használják a numerikus-tudásukat, és 4 – 4 ½ éves kor körül biztonságosan alkalmazzák az összeadást és a kivonást kis mennyiségekkel (Levine, Jordan, 1992). Az aritmetikai műveletek sikeressége viszont összefüggést mutat a verbális és a nonverbális helyzetekkel. Levine és Jordan (1992) 4 –, 5 –, 6 évesekkel végzett vizsgálatot. A gyerekeknek összeadást és kivonást kellett megoldani nem-verbális helyzetben (eltakart mennyiségekkel végzett transzformáció), szöveges feladatokban és egyszerűen számtani tényezőkkel ( $1 + 2$ ), kisebb és nagyobb mennyiségekkel. A vizsgálat során



feljegyezték a gyerekek által használt stratégiákat (ujjak használata, számolás és ujjak használata, számolás, nem megfigyelhető stratégia). Eredményeik szerint a nem-verbális helyzetekben a gyerekek jobban teljesítettek mindegyik korcsoportban, de az életkor növekedésével a szöveges helyzetekben, illetve a numerikus tényezőkkel végzett feladatokban a sikeres megoldások száma tovább nőtt. Kiegészítésül érdekes eredmény, hogy a gyerekek ujjakkal végzett számolásokat szignifikánsan inkább a verbális helyzetekben használták. Azon felül eredményesebbek voltak kisebb mennyiséggel végzett műveletekkel, mint nagyobb mennyiségek esetében. Feltételezhető, hogy a fizikai környezet, mint például a non-verbális helyzetben, még ha utólag elfedett is a numerikus helyzet, relatíve támogatja az aritmetikai műveletek végzését. Jordan és munkatársai (1992) szerint a gyerekek képesek az adott helyzethez igazítani a műveleti algoritmusokat.

A másodlagos képességek fejlődése nemcsak spontán helyzetek begyakorolt eredménye. Jelentős szerepet játszik benne a tudatosan tervezett iskolai, vagy speciális fejlesztő helyzetek, ezért jelentősen kultúrafüggő. Az Egyesült Államokban prioritásként kezelik a közoktatásban a számérzék fejlesztésére épülő matematikai képzést. Folyamatos nyomon követéssel kezeli a National Council for Teachers of Mathematics és a National Mathematics Advisory Panel a szociokulturális hatásokat és az iskola fejlesztő szerepét a kimeneti szint eredményessége szempontjából. (Jordan, Levin, 2009). A hazai formális oktatásban még nem vált hangsúlyossá ennek a területnek fejlesztése.

Összefoglalva a numerikus kutatások eredményeit, úgy tűnik, hogy az egyedfejlődési folytonosságra számos vizsgálat talált bizonyítékokat. A fejlődési folyamat mélyreható elemzése nyilvánvalóvá tette, hogy a numerikus megismerés alapját két rendszer képviseli, egy megközelítően pontos, analóg, nyelv független rendszer és nyelvi-kulturális környezettől függő pontos rendszer (Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu, Tsivkin, 1999). Az elsődleges preverbális képességek, mint az analóg-nagyság rendszer és a tárgy kategorizáció több mint egy korai numerikus jártasság, „*csizmahúzóként*” szolgálhat a másodlagos szimbolikus fejlődésben, lehetővé téve a pontos számolást és az egzakt mennyiségi összehasonlítást. Ezáltal a rendszerek nemcsak alapvető reprezentációi a numerikus tudásnak, de egyben perkurzora a számossági tudás sikerességének. A számérzék fejlődésének alapos feltárása nagyon fontos ahhoz, hogy megértsük a rendszer atipikus működésének finom eltéréseit (Ansari, Karmiloff-Smith, 2002).

### 1.3. Számérzék fejlődésének problémái

Miután Okamoto és Case (1996) által megfogalmazásra került, hogy a számérzék nehéz meghatározni, de könnyű felismerni (idézi Gersten és munkatársai, 2005), kísérletet tettek a fogalom operacionalizálására. A fogalmi meghatározására tett próbálkozásuk egyidejűleg körvonalazta a protonumerikus modul fejlődési színtereit is. Meghatározásuk szerint a számérzék magába foglalja a fluens becslést, a nagyság megítélést, az ésszerűtlen eredmények felismerését, a rugalmas, mentális számolást és annak képességét, hogy a leginkább megfelelő reprezentációk kerüljenek kiválasztásra a numerikus helyzetekben. Ez a protonumerikus modul előfutára az iskolai matematikai tudásnak. A számérzék, mint magtudás fejlődésében jelentős tényezővé válik a kisiskolás korban kifejlődő területspecifikus tudás (pl. arab szám-képek ismerete). Az új ismeret a korábbi reprezentáció újraírását eredményezi, az információ explicit tudássá formálódik, melyet más terület-általános képesség is, mint a munkamemória befolyásol (Karmiloff-Smith, 2006).

A számérzék nemcsak alapjául szolgál a sikeres matematikai teljesítménynek (Gersten, Jordan, Flojo, 2005) de egyben prediktív is az iskolai numerikus eredményességet tekintve (Jordan és munkatársai, 2010). A numerikus teljesítményproblémák széles spektrumot ölelnek fel az enyhébb számolási zavartól a súlyos dyscalculiáig, vagyis a tünetana sokszínű és szerteágazó. Ennél fogva számos tradicionális fejlődési vizsgálat implicálta, hogy a numerikus teljesítményproblémák felismerésével együtt fókuszba kerüljenek a nehézségek korai felismerése, azonosítása és beavatkozása, illetve az atipikus fejlődés részletes leírása és nyomon követése.

A kutatási paradigmáknak (Gersten, Jordan, Flojo, 2005, Jordan, Kaplan, Oláh, Locuniak, 2006) köszönhetően ismertté vált, hogy a mérhető matematikai teljesítmény mögött jól körülírható numerikus faktorok állnak (4. táblázat), amelyek megalapozzák a formális matematikai fogalmak elsajátítását és bázisa az elemi matematikai oktatásnak (Jordan, 2012).

Terület	Komponensek
<i>Számlálás</i>	Számok egy az egynek való megfeleltetés (szám és számnév megfeleltetés felfogása) Sorrend tudása és megtartása a számossági elveknek megfelelően Sorozat számlálásának tudása
<i>Numerikus-tudás</i>	Mennyiségek koordinációja és diszkriminációja Mennyiségek összehasonlításának képessége
<i>Numerikus transzformáció</i>	Halmazok elemeinek összeadás és kivonása Számolási műveletek alkalmazása verbális és nem-verbális helyzetben Számolás tárgyakkal és tárgyak jelenléte nélkül
<i>Becslés</i>	Adott halmaz elemeinek megközelítő becslése Referencia pontok használata
<i>Számjegyek</i>	Számjegyek másolása Számjegyek kiterjesztése Numerikus kapcsolatok megkülönböztetése

#### 4. táblázat A számérzék legfőbb elemei kisgyermeknél (Jordan, és munkatársai, 2006)

Feltehetően a számérzék fejlődésének egyik fontos életkori mérföldköve az óvodáskor időszaka. Több egybehangzó kutatási eredmény igazolta, hogy az óvodáskor különböző időszakaszaiban (főként 4 és 5 éveseknél) mért teljesítmények előrejelzői a későbbi fejlődési mintázatoknak (Jordan és mtsai, 2010). Egy óvodai időszakban (őszi félév) mért képesség, mint a folytonos mennyiségek megítélésének képessége prediktív a következő óvodai időszakban (tavaszi félév) mért matematikai teljesítményére (Methe, Hintze, Floyd, 2008). Vizsgálatuk azt is igazolta, hogy az észlelt mennyiség felismerése ebben az életkorban korrelációban áll a téri helyzetekkel (sorrendi pozíciók). Jordan és mtsai (2009) erősen prognosztizálónak találták az óvodáskori számérzék fejlődését. Úgy találták, hogy ebben az életkorban mért teljesítmény összefüggésben áll a későbbi iskolai teljesítménnyel. Kutatásuk szerint ez az összefüggés első és harmadik osztály teljesítményében is egyértelműen kimutatható. Megerősítették, hogy a számérzék alapvető fejlődése jelentősen támogatja a komplex matematikai tanulást. A vizsgálatuk összegezéséeként a későbbiekben a következő megállapításokat tették (Jordan, et al., 2010):

- Az óvodáskorúak számérzékének fejlődése prediktív a matematikai teljesítmény növekedési ütemével első és harmadik osztály között
- A későbbi matematikai teljesítményben a számérzéken belül az összeadás és a kivonás művelete leginkább az előrejelző. Amennyiben gyenge számérzékkel hagyják el a gyermekek az óvodát, úgy olyan mértékű

hátránnyal küzdenek majd az iskolai évek alatt, mely megakadályozza a felzárkózást és egy „lépcsőzetes iskolai matematikai kudarc” alakul ki

- A szocioökonómiai státusz hatással van a numerikus teljesítményre. Az alacsony társadalmi helyzetű családokból érkező gyermekeknél, gyenge számérzék figyelhető meg az óvodáskorban és ez bizonytalan teljesítményhez vezet kisiskolás korban.

Clark és Shinn (2004) egy rövid longitudinális vizsgálatában (őszi/tavaszi félév egy adott iskolai tanéven belül) hasonlóan olyan numerikus mutatókat mért, ami bejósolta a gyermekek numerikus teljesítményét. A kutatásban első osztályos gyermekek vettek részt. A numerikus-mutatók közül a számlálás, a mennyiség azonosítás illetve numerikus sorozatból hiányzó számok felismerése jelzett korrelációt az iskolai teljesítménnyel. Különösen erős kapcsolatot a mennyiségi diszkrimináció mutatott. Úgy tűnik a vizsgálat alapján, hogy a számlálás kritikus képesség a mennyiségek felfogásában és diszkriminációjában. Ez a korai kompetencia alapja azoknak az összetett képességeknek és tudásnak (pl. helyi érték ismeret), mely a formális matematikai oktatással érhető el.

Fontos megemlíteni, hogy a számérzék működéséhez szorosan kapcsolódó kognitív struktúra specifikus deficitjei szintén korlátozzák a numerikus teljesítményt. A tipikus hibákért elsősorban a munkamemóriát tartják felelősnek, különösen a szemantikus emlékezetet, ezen kívül jelentős tényezőnek gondolják a téri-vizuális képességek hiányosságát (Geary, 1993, Geary, Hoard, 2001). A munkamemória és a szemantikus emlékezet a verbális műveletek és verbális információk emlékezetben tartását segíti. Hiányában az aritmetikai műveletekben megnő a hibázások száma, vagy gátolt a számtani tényezők előhívása. A téri-vizuális képesség veszteségénél érintetté válik a becslés, ezáltal megghiúsul a mentális számegyenes feladatainak az elvégzése, továbbá korlátozódik az olyan összetett matematikai helyzetek megoldása, mint a szöveges feladatok feldolgozása.

Annak ellenére, hogy a nonverbális számérzék általánosan korai kiindulópont a numerikus képességek fejlődésében (Wynn, 1992 Spelke, 2000), mégis az óvodás korban a szimbolikus számérzék megnyilvánulásában már egyéni különbségek tapasztalhatók. Ezek a különbségek elsősorban a megszerezhető tapasztalatokon, a tanulási lehetőségeken múlnak (Jordan és mtsai, 1992). Függetlenül attól, hogy a gyerekek rendszerint önmaguktól, intuitív módon is ráébrednek a mennyiségek és

számok közötti kapcsolatra, a számokkal megszerzett tapasztalat, a fogalmi előfeltételek nélkülözhetetlenek az eredményes numerikus-tanulásban. Ez a tudás környezeti összetevők által befolyásolt, melyet Jordan és munkatársainak (1992) sikerült igazolni. Vizsgálatukban alacsony-, és középosztálybeli családból érkezett 5 és 6½ éves gyerekekkel dolgoztak. A kutatás eredménye szerint a nem-verbális matematikai helyzetekben a gyerekek közel azonos teljesítményt nyújtottak, függetlenül a szocioökonómiai státuszuktól. A verbális helyzetekben (szöveges feladatok, számtani tényezőkkel végzett műveletek) a középosztálybeli gyerekek jobban teljesítettek az összeadásban és a kivonásban egyaránt.

Feltételezhető tehát, hogy a gyermekek numerikus tanulását és gondolkodását a preverbális időszak után erősen befolyásolja a számokkal szerzett tapasztalatok mennyisége és minősége. A numerikus tudás és teljesítmény eltérése nem egy önmagában mért képesség deficit csupán. Gyanítható, hogy a fejlődést gátló faktorok, mint a depriváló környezeti tényezők és a speciális helyzetben hiányzó kulcsingerek hátráltatják a numerikus képességek kibontakozását. A numerikus fejlődésvizsgálatok adatait célszerű kiegészíteni a biológia tényezők mellett a környezeti faktorok mélyebb elemzésével és az összefüggések feltárásával.

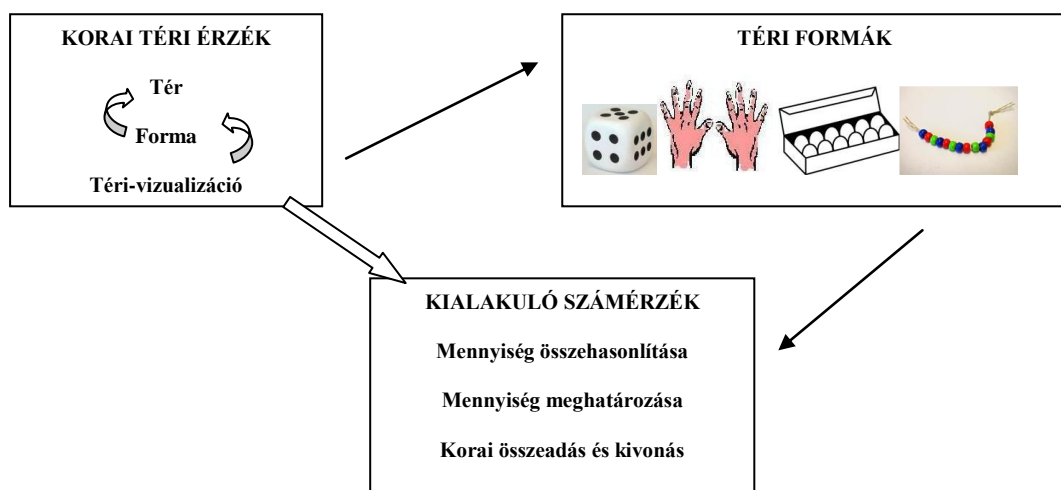
#### **1.4. Számérzék és a tér kapcsolata**

Igazolt tény, hogy a számérzékhez hasonlóan létezik egy *téri érzék* is a külső világ megragadására (Freudenthal, in National Council of Teachers of Mathematics, 1989, idézi: van Nes, de Lange, 2007). Lényegi potenciálja a téri-vizuális képesség, ami a tárgyak téri helyzetének és mozgásuk által létrehozott téri változásokat kódolja. A téri érzék és a számérzék összefüggését alapvetően a téri struktúra reprezentációja jeleníti meg, ahogy egy tárgy, vagy egy halmaz tárgyainak alakzata megformálódik, illetve az elemeknek kapcsolata reprezentálódik (Battista, 1999).

A téri szerkezet mintázatának szabályszerűsége, hozzájárul a matematikai szabályszerűség felismeréséhez. A dobókocka pont-konfigurációja, a színes gyöngyök szekvenciái, vagy az ujjképek, segítik a numerikus sorozat felismerését, és ezt a gyerekek 4-6 éves korban fel is használják a numerikus döntési helyzetekben (Papik, Mulligan, 2005). A számolási képesség fejlődése során a térbeli-, geometriai struktúrák mintázata (pl. a dominó pontalakzata) a játékos használattal egyrészt ismerőssé válnak, és a tapasztalatokkal rögzülnek a mennyiségekhez tartozó téri reprezentációk. Az

elemek helyzetéről, konfigurációjáról, mentális képek jönnek létre, amelyeket később a gyerekek téri orientációs helyzetként alkalmazni is tudnak (Newcombe, Huttenlocher, 2003). Az így kialakuló téri képzetekkel már képessé válnak a numerikus elemek mentális mozgatására, vagy a numerikus mennyiségek megváltoztatására (Clements, 2004). Elsődlegesen tárgy-alapú transzformációkat hajtanak végre, és a környezet referencia keretként szolgál. Alapvető tény, hogy a számolni tanuló gyermek sikerességét a tárgyak vizuo-téri reprezentációja támogatja (Hartje, 1987).

A fejlődés során tehát a téri érzet és a számérzet kölcsönösen hatnak egymásra (1. ábra). 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, miközben a geometriai helyzetekkel szerzett tapasztalatok tovább serkentik a téri érzéket és a numerikus-gondolkodási képességet (Van den Heuvel-Panhuizen, Buys, 2005).



1. ábra Számérzet és téri érzék kapcsolata van Nes, de Lange alapján (2007)

Alapvető tény tehát, hogy a számokhoz mennyiségi asszociációk mellett téri asszociációk is társulnak és ez a kapcsolat automatikus (Dehaene, 2003). Amikor számokat azonosítunk, vagy összehasonlítunk, közvetlenül aktiválódik egy belsőleg reprezentált téri viszony is. A tér és a számok között fennálló kapcsolatot, egy belső reprezentációjú mentális számegegyenes reprezentálja. Számok összehasonlításával automatikus asszociációként aktiválódik és segíti a számok hozzávetőleges nagyságának megítélését, összehasonlítását, méretbecslését. Mint egy képzeletbeli egyenes, funkcionális alapja a numerikus megismerésnek. A mentális számegegyenes, mint analóg mennyiség-reprezentáció, attól függetlenül funkcionál, hogy arab számokkal, vagy nem-

szimbolikus mennyiséggel történik a kódolás (Previtali, de Hevia, Girelli, 2010). A pontokból, vagy vonalakból összeállított mennyiségek ugyanúgy aktiválják a mentális számegeyenesen a nagyság azonosítását, mint a vizuális-arabszám formátum, ami felnőtteknél és gyerekeknél egyaránt igazolható (Temple, Posner, 1998, Huntley-Fenner, 2001, de Hevia, Spelke, 2009).

A mentális számegeyenesen a mennyiségek proaktív téri orientációja nyilvánul meg. A számok rajta balról jobbra növekednek, így minden szám egy meghatározott térbeli hellyel rendelkezik (Dehaene, 2011). Az ordinális sorozat kulturális meghatározottsága elvitathatatlan. Nyugati írásrendszerünk erős hatást gyakorol a számok világára, de a metrikus eszközök is hasonló szerveződésűek: bal-jobb irányú a vonalzó, a mérőszalag, a számológép billentyűzete, és a számsorozat írásakor a kis számok balra esnek, mint a lottószelvény esetében (Dehaene, 2003). A nem-numerikus sorozatok is, mint a hónapok és az évek (Gevers, Reynvoet, Fias, 2003), valamint a hét napjai (Gevers, Reynvoet, Fias, 2004) is képesek azonnal aktiválni a téri-sorrendi elrendeződést. Érdekes tény, hogy egyes magyarázatok szerint ez tény aláásná a számok nagyságrendi reprezentációjának hipotézisét (de Hevia, Girelli, Vallar, 2006).

A számok relatív nagysága és téri pozíciója közötti összefüggés igazolására számos vizsgálat sorakozott fel. Kísérleti helyzetben igazolni tudták, hogy a kis számjegyek balra, a nagyobb számok jobbra helyezkednek el a résztvevők válaszaiban (Perrone, de Hevia, Bricolo, Girelli, 2010) illetve a reakcióidő rövidebb a kisebb számok esetében, ha bal oldali az észlelés, és megnő a reakcióidő a nagyobb számoknál, ha jobb oldali az észlelés (Dehaene, 2003). A jelenség közismerten SNARC-hatás (Spatial-Numerical Association of Response Codes effect) vonult be a tudományos magyarázatba (Dehaene és mtsai, 1993). A vizsgálatok, melyek a SNARC-hatás jelenségét kutatták egyértelműen igazolták, hogy a téri-vizuális társítás során a szám abszolút mérete irreleváns, kizárólag a vizsgált helyzetben használt számtartományban betöltött relatív nagyság fontos. Továbbá a válaszadásra használt kéz is lényegtelen. Keresztezett pozícióban ugyanúgy kimutatható a számok és a tér automatikus asszociációja (Dehaene, 2003). Hasonlóképpen a téri torzításos tesztekben (Fischer, 2001), is közvetlenül aktiválódik a bal/jobbs kódolás, sőt a nagyobb szám befolyásolja a motoros kivitelezést is (Fischer, 2003).

A mentális számegeyenes egyik sajátossága, hogy a számok nagyságrendi növekedésével pontatlanná válik a mennyiségek diszkriminációja. A pontatlanság egyrészt a számok méretéből, másrészt a távolsághatásból fakad. Kisebb, de relatíve egymástól távol eső

mennyiséget pontosabban ítélünk meg, mint két nagyobb mennyiséget, vagy egymáshoz közel álló számokat. A numerikus távolsághatás magyarázatát két modell is értelmezi. Gibbon és Church (1981) szerint a mennyiségek lineárisan reprezentálódnak és a növekvő számok pontos megítélését a Weber-törvény szerint a mentális számegeyes reprezentációjának zajossága befolyásolja. Dehaene (2003) szerint a mentális számegeyes folytonosan tárolja a mennyiségeket, és egy logaritmikus skálaként működik, amely a nagyobb mennyiségeket összenyomva reprezentálja.

Amennyiben numerikus helyzet és tér kapcsolatát szeretnénk mélyrehatóan vizsgálni, érdemes körüljárni, a fejlődés során megjelenő sajátosságokat, ahogy a gyermekek a nagyságrendi információval foglalkoznak. A fejlődés-lélektani tanulmányok kapcsán vita alakult ki arról, hogy a korai numerikus diszkrimináció, a folyamatos mennyiségekkel végzett összeadások és kivonások (Wynn, 1992) a számérzék jelenlétét igazolja (Dehaene, 2003), vagy egy korai téri-vizuális képesség jelenlétére utal (Newcombe, 2002). A téri megismerés a numerikus képességekre gyakorolt hatása a gyermekek későbbi fejlődési szakaszában, számos vizsgálatban egyértelműen igazolódott. Ismerté vált, hogy a korreláció áll fenn a téri-vizuális tanulási zavar és az atipikus matematikai képesség fejlődése között (5. táblázat).

Szerző	Kutatási eredmény
Rourke, Conway, 1997	Téri-vizuális képesség és az eltérő numerikus képesség fejlődése korrelál egymással
Ansari, Donlan és mtsai, 2003	Kapcsolat a numerikus képesség és a téri képesség között Williams szindróma esetében
Simon és mtsai, 2004	Korreláció a numerikus képesség és a téri képesség között velocardiofacial szindrómások körében

**5. Táblázat. Összefoglaló táblázat atipikus fejlődésűek téri-vizuális képessége és a numerikus képesség között.**

Ezek a vizsgálatok azonban nem tisztázták a numerikus reprezentációk téri kódolását az atipikus fejlődésben. Továbbiakban ezért ebben a fejlődési-, és kulturális SNARC-hatás kutatások lehetnek iránymutatók. A korábbi vizsgálatok közül Berch és munkatársai (1999) egyenértékűséget vizsgáló tesztben mérte a gyermekek ítéleteit: „*a bemutatott szám páros, vagy páratlan*”. A kilenc éveseknél a SNARC-hatás egyértelműen jelentkezett, annak ellenére, hogy ez a paritás feladat nem ideális helyzet a SNARC-hatás vizsgálatára, ugyanis az ítéletek nem adnak érdemi, nagyság információt (Imbo,



De Brauwer, Fias, Gever, 2011). A későbbiekben Bachot és munkatársai (2005) olyan kilenc éves gyermekekkel végeztek nagyságrendi összehasonlító vizsgálatot, akik vizuo-téri fogyatékossgal rendelkeztek. Az eredményeik szerint nem találtak SNARC-effektet, szemben az illesztett kontroll mintával. Később Van Gallen és Reitsma (2008) hét, nyolc és kilenc éveseket vizsgált nagyság összehasonlítási tesztben (nagyságinformáció releváns) és detekciós tesztben (nagyságinformáció irreleváns). Hét éveseknél a nagyság összehasonlítás során már jelentkezett a SNARC-hatás, azonban detekciós helyzetben csak kilenc éves kor után tudták kimutatni.

Egy alternatív elgondolás szerint 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) a SNARC-hatás aktiválódásának életkori határai vannak. Hasonló eredményt igazolt Girelli és munkatársai (2008) egy numerikus Stroop paradigmán keresztül hat, nyolc és tíz éves gyermekeknél. A fizikai-, és a numerikus mérethatás csak az idősebb gyermekeknél jelentkezett. Ez az eredmény azt sugallja, hogy az automatikus feldolgozás fokozatosan jelenik meg a numerikus készség területén.

Függetlenül attól, hogy a térbeli tulajdonságok életkor szerint látszólag későn mutatkoznak meg a numerikus feldolgozásban, azt is érdemes figyelembe venni, hogy a matematikai tanítás hatással van a gyermekek számossági ítéleteire. Az oktatás során felhasznált didaktikus kellékek (nyomtatott bal/jobbs orientált számegeyenes), vagy a mérőeszközök (vonalzó), javítják a numerikus teljesítményt (Cooper, 1984, Simon, 1997, de Hevia és mtsai, 2008).

Érdekes tény, hogy a vizuális modalításban szerzett tapasztalatok meghatározó szerepét kétségbe vonta a vaksággal született, vagy fiatal korban látásukat elvesztett személyekkel folytatott kutatást. Castronovo és Seron (2007) olyan erős SNARC-hatást mutatott ki, a látásfogyatékos csoportban, mint a látók esetében a bimanuális osztályozási feladatban és a verbális/auditíros numerikus helyzetben.

További térbeli keretet nyújt az ujjakkal történő számolási szokás, és emellett számos érv sorakozik fel. Az ujjakkal végzett számolás univerzális művelete a számokkal való bánásmódnak (Butterworth, 1999) és azon túl a felnőttekkel folytatott ujj-számolási szokás vizsgálata még SNARC-hatást is igazol. A nyugati kultúrában élő felnőttek a számolás megkezdésekor túlsúlyban bal kéz preferenciát mutatnak (Fischer, 2008). Hasonló vizsgálatban a számok és a tér asszociációja a gyermekek körében is megfigyelhető. A gyermekek többsége a nyugati kultúrákban vizsgálva, a kisebb

elemszámú tárgyakat a bal kéz ujjainak segítségével kezdik megszámlálni, ami szintén utalhat arra, hogy a kis számok a bal, a nagyobb számok jobb oldalon helyezkednek el (Fias, Fischer, 2005).

Olykor egymásnak ellentmondónak tűnő vizsgálati eredmények ellenére tény, hogy a numerikus kódolás egyik forrása a téri-vizuális reprezentáció. A felnőtt és a gyermek vizsgálatok többsége empirikus bizonyítékok arra, hogy a téri-vizuális feldolgozás intuitív módon vesz részt a numerikus folyamatok különböző aspektusaiban, és hozzájárulnak a numerikus helyzetek kódolásához (de Hevia és mtsai, 2008).

## **2. MENNYISÉG ÉRZÉKELÉS ÉS TÉRI HATÁSOK: VONALFELEZÉSES PARADIGMÁK**

### **2.1. Téri tapasztalatok és a numerikus tudás kapcsolata gyermekkorban**

Elfogadott tény, hogy a mentális számegyenes közvetlen bizonyítéka a tér és a számok kapcsolatának. Számos vizuális-téri kutatás igazolta, hogy a felnőtteknél és gyerekeknél egyaránt automatikusan kiváltódik (de Hevia, Spelke, 2009, Lourenco, Longo, 2010). A kutatások, amelyek a mentális számegyenes jelenségének az iskoláskort megelőző időszakára orientálódtak megerősítették, hogy a formális oktatás nem előfeltétele a numerikus-téri reprezentációnak, de kulturális hatások befolyásolhatják. Chokron és De Agostini (1995) egy korábbi kutatásában óvodás (4 éves) korú francia és izraeli gyermekekkel dolgozott. A vizsgálat során különböző hosszúságú (5 cm, 15 cm, 20 cm) horizontális egyeneseket kellett elfelezni a gyerekeknek. Az izraeli gyermekek a vonal elfelezésekor jobb irányú torzítást mutattak. Egy alternatív elgondolás szerint a téri-numerikus kapcsolat fejlődése összetett hatások alatt áll. Opfer és munkatársai (2010) szerint a reprezentációt a gyakorolt olvasás iránya mellett a gyermekek vizuo-motoros aktivitása is befolyásolja, amely egyrészt kulturális alapú, (pl. számsorok ismételtetésének gyakoroltatása). Ez az elgondolás azonban még nem magyarázza a csecsemők numerikus-téri érzékenységét. De Hevia és Spelke, (2010) vizsgálatában a csecsemők nemcsak diszkriminálni tudták a számossági sorozatokat és a vonalak hosszát, de társítani tudták a pontok számosságát a vonalak hosszával. Ez az eredmény egy korai, predispozíciót feltételez a numerikus nagyság és a téri hosszúság reprezentációjában.

Több kutatócsoport foglalkozott az óvodáskorúak numerikus-téri válaszainak fejlődésével. Egy korábbi vizsgálat alátámasztotta, hogy az öt évesek vizuo-motoros (vizuális percepció koordinációja, motoros tervezés, formadiszkrimináció, látott képek visszaidézése) fejlődési szintje összefüggésben áll a numerikus teljesítménnyel, amit prediktívnek találtak a későbbi matematikai sikerességben (Kurdek, Sinclair, 2001). Más vizsgálatok a numerikus téri helyzetek iránti érzékenységet és pozitív korrelációt igazoltak a numerikus és a téri ítéletek között. A bemutatott ingerek relatív hossza és sűrűsége (Brainerd, 1977), a távolság-, (Huntley és Fenner, 2001) és a nagysághatás (de Hevia, Spelke, 2009) befolyásolja a gyermekek ítéleteit. Feltételezhető, hogy a jelenlévő a téri/numerikus interakciót a gyermekek képesek alkalmazni a válaszaikban és

birtokolják a mentális számegeyes bal/jobbs irányú mennyiségi elrendezésének intuitív tudását (de Hevia, Spelke, 2009).

Az iskoláskorúak csoportjában zajló vizsgálatok egy része a mentális számegeyes lineáris vs. logaritmikus reprezentációjának módjára fókuszált (Siegler, Opfer, 2003, Siegler, Booth, 2004). Az eredmények arra utalnak, hogy a gyermekek numerikus nagyság kódolása automatikus. Eltérőek a tapasztalatok azonban a különböző numerikus nagyságítéletek meghozatalában. Pontos becslés esetében lineáris, míg a nehezebb ítélete során a logaritmikus skálára támaszkodnak. További fontos eredmény, hasonlóan előző tapasztalatokhoz, hogy ez a működés számolási képesség fejlődésével korrelál.

Összefoglalva, a fenti eredmények arra utalnak, hogy a numerikus-téri ítéletek egy összetett fejlődési folyamat eredménye, melyben feltehetően hangsúlyos szerepe van a vizuális-téri diszkriminációnak és a vizuo-motoros fejlődésnek. Amennyiben elfogadjuk, hogy a numerikus-téri válaszok függetlenek a formális képzéstől, akkor feltehetően újabb információt fontos további elemezni azokat

## **2.2. Vonalelezési paradigmák és vizsgálati tapasztalatok**

A számok és a vizuális-téri reprezentáció kapcsolata jól demonstrálható a *vonalelező paradigma* alkalmazásával, amiben a középpontos felezés során, a horizontális vonal két végpontjain elhelyezett numerikus vs. nem-numerikus mennyiségek válnak irány mutatóvá az észlelő számára. A teszt érzékeny a motoros, a figyelmi és perceptuális teljesítményre. A kettéosztás pontossága utal a magasabb szintű kognitív folyamatokra, így egyaránt alkalmas az egészséges és a neurológiai sérült felnőttek vizsgálatára, továbbá a gyerekek mennyiségi/torzítási ítéleteinek megismerésére (Fischer, 2001, McIntosh, Schindler, Birchall, Milner, 2005, de Hevia, Spelke 2009). A vizuális-téri feladatban, a vonal kettéosztásakor torzítás jelentkezik a végponton elhelyezett nagyobb szám irányába, függetlenül attól, hogy a vizsgálatban arab számot, vagy a nem numerikus mennyiséget használnak (de Hevia, Spelke, 2009). A jelenség a mentális számegeyes logaritmikus természetén alapul (Dehaene, 2003). Ez a logaritmikus tömörítés eltolja a felezőpontot a nagyobb szám felé, következésképpen a szubjektív középpont a nagyobb szám irányába tolódik (de Hevia, Girelli, Vallar, 2006).

A gyermekekkel végzett vizsgálatok eltérő eredményeket mutattak a használt ingerek numerikus tulajdonságaitól függően. A horizontális vonal kettéosztásakor, a nagyobb mennyiség irányába megfigyelhető torzítás automatikusan jelenik meg kisiskolás gyermekek reakcióiban (de Hevia, Spelke, 2009), ahogy a felnőtteknél (de Hevia, et al., 2006). Viszont nem egységes a 7 éves gyermekek torzítása akkor, ha az inger arab szám illetve nem-szimbolikus mennyiség. Ebben az életkorban a numerikus információ kódolása még kevésbé gyors, vagy következetes, míg a nem szimbolikus mennyiségek kódolása automatikus. Feltételezhetően háttérben a numerikus tudás és a tér kapcsolatának spontán fejlődése áll, melyet az öt évesek eredményei igazolnak. Teljesítményük azt sugallja, hogy a numerikus mennyiség és a téri reprezentáció közötti kapcsolat spontán kialakult, a mennyiségek felismerése és a tér numerikus kölcsönhatása automatikus, független a formális matematikai oktatástól (de Hevia, Spelke, 2009).

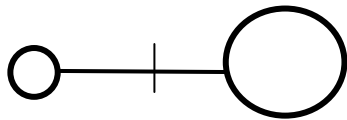
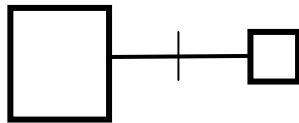
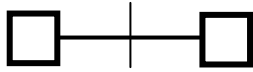
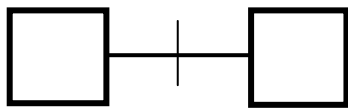
Érdekes tény azonban, hogy a hétköznapi életben használt technikai eszközök információ közvetítése nem mindig illeszkedik a fent említett elvhez és olykor eltérő ingereket továbbítanak, azonban mégsem zavarják meg a felhasználót. Amíg a zsebszámológépek a számok nagyságának elrendezésében a lentől felfelé történő sorrendiségét követik, addig a telefonok a fordított helyzetet képviselik. Ambivalens a hatás a versenyek rangsorbeli kijelzésének is. Az első helyezett fent helyezkedik el a többiekhez képest, ellenben a pozícióhoz magasabb pontszám társul (Schwarz, Keus, 2004). Úgy tűnik, hogy képesek vagyunk ezekben a helyzetekben a rugalmas alkalmazkodásra? Az empirikus módszerek elsődlegesen horizontális helyzeteket vizsgáltak, azonban mérlegelni kellett, hogy a torzítás feltehetően függőleges iránnyal is társulhat. A vizsgálati feltevések között megjelent egy feltételezett, függőleges téri metafora, hogy a kisebb számok a lent a nagyobb számok a fent helyezkednek el (Dehaene, 2003).

Ito és Hatta (2004) vertikális helyzetben tudták igazolni azt, amit Dehaene és munkatársai (1993) horizontális helyzetben találtak. A paritás vizsgálatukban japán felnőtteket teszteltek. A kísérleti személyek vertikális helyzetben felfelé asszociálták a nagyobb, lefelé a kisebb számokat. Hung és munkatársai (2008) kínai felnőtteket vizsgáltak. Horizontális helyzetben bal-jobb irányú hatást találtak arab számok esetében. Amikor a vizsgálatban kínai karaktereket használtak a számok lejegyzésekor, akkor lent asszociálták a kisebb számokat és fent asszociálták a nagyobb számokat. Vertikális helyzet hatását igazolta Schwarz és Keus (2004) a szem szakkádikus

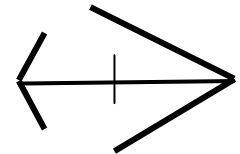
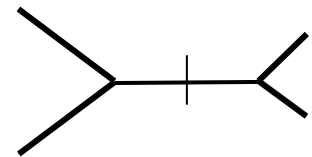
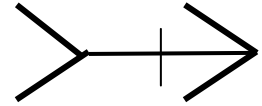
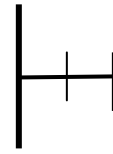
mozgásának vizsgálatával. A szemmozgások előbb indultak meg az alsó célhely felé, ha lent kisebb szám állt a nagyobb mennyiség helyett, vagy a felső célhely felé, ha fent nagyobb szám állt a kisebb szám helyett. A kutatások arra utalnak, hogy a korábbi egydimenziós koncepciót fel kell váltania egy kétdimenziós elrendeződésnek és feltételezhető a mentális számegyenes egy vertikális, fent-lent szerveződése is (Dehaene, 2003). Ezt támasztja alá baloldali neglekt szindrómában szenvedő felnőttek horizontális és vertikális mentális számegyenes vonal megfelelő paradigmájának vizsgálata. A kutatás igazolni tudta a konzekvens torzításokon keresztül a mentális számegyenes horizontális és vertikális elrendeződését (Cappelletti, Freeman, Cipolotti, 2007). Egy közelmúltban végzett vizsgálatban nagyságrendi összehasonlításokat elemeztek szintén horizontális és vertikális helyzetben ujj-számolási szokásokkal kiegészítve. A vizsgálatban igazolni tudták az ujj-számolási szokások és a SNARC-hatás kapcsolatát vízszintes és függőleges téri elrendezésben (Fabbri, 2013).

További vitatott kérdés a vonalfelezési paradigmákban a bemutatott ingerek téri-vizuális tulajdonságai. Ebben főként a nem numerikus mennyiségekkel végzett vizsgálati helyzetek kerültek fókuszba, ahol az ingerek sűrűségének és téri elhelyezésének hatását vitatták. A vizuális inger téri reprezentációja, mint a kontúrok észlelés és annak nagysága (kiterjedése), vagy az absztrakt mennyiségek téri elrendezése befolyásolja a torzítás irányát (Gebuis, Gevers, 2011, Gebuis, Reynvoet, 2011, de Hevia, et al. 2011). Úgy találták, hogy konstans a torzítás a nagyobb kvantitás irányába, ha a két végponti mennyiségek téri területének lefedettsége azonos. Azonban, ha a lefedettség nagyságát szisztematikusan változtatják és a nagyobb mennyiség kisebb téri területet foglal el, akkor a torzítás iránya megváltozik (Gebuis, Gevers, 2011). A kutatók között vita alakult ki, miszerint nem a numerikus nagyság, hanem a vizuális jelzések befolyásolják az ítéleteket. Közismert tény a Baldwin-illúzióban (Baldwin, 1895), hogy a két nagy négyzet közötti távolságot kisebbnek, míg a két kicsi négyzet közötti távolságot nagyobbak érzékeljük (2. ábra).

### Geometriai formák



### Vonalak



## 2. ábra Baldwin-típusú figurák vonal hosszúsági illúziója

A torzításos ítélet akkor is megjelenik, ha egy kisebb és egy nagyobb négyzetet összekötő horizontális vonal középpontos elfelezése után a két félegyenes szakasz hosszúságát kell megítélni. A válaszok szerint a középponthoz képest a kisebb négyzet felé eső szakaszt hosszabbnak, míg a nagyobb négyzet felé eső szakaszt rövidebbnek ítélik meg. A torzítást a fizikai nagyság észlelésével kapcsolják össze (Pressey, Smith, 1986), vagyis a téri méret befolyásolja a kettéosztás ítéletét.

### 2.3. Téri-numerikus ítéletekkel kapcsolatos problémafelvetés a hipotézisek megfogalmazása

A fenti megfontolások alapján tény, hogy a felnőtt korban igazolható a számok vizuális-téri reprezentációja. A kapcsolat befolyásolt a numerikus-téri tapasztalattól, a kulturális hatásoktól, vagy instrukciótól (de Hevia, Spelke, 2009). Ez a mentális reprezentáció a korábban idézett vizsgálatokkal, horizontális és vertikális irányban egyaránt igazolható. Fontos tény, hogy a kisiskolás korban a numerikus ingerektől függően (arab szám vs.

nem-szimbolikus mennyiség) igazolható a numerikus-téri kölcsönhatás. Lényeges kérdés, hogy megtaláljuk a spontán fejlődés fordulópontját, amelytől igazolható a számok és tér kapcsolatának reprezentációja. Jelenleg olyan 5 éves gyermekek numerikus ítéleteiről származnak tapasztalatok, akik formális oktatásban már részt vettek (de Hevia, Spelke, 2009), így felmerül, hogy a fiatal 3-, 4-, és 5 éves gyermekek, hogyan vonják ki a számosságra vonatkozó tudást a vizuális-téri információkból. Ez a korosztály hazánkban még nem részesül matematikai és írás/olvasás oktatásában. A numerikus megismerésben szűk, vizuális tudással rendelkeznek, még nem használják *vizuális-arab szám formátumot* és nem alkalmazzák azokat az általános mérőeszközöket, mint a vonalzó, a számegyenes, vagy mérőszalag, amely befolyásolná a bal-jobb irányú szerveződést. A számosságról alkotott tudásuk kizárólag a nem szimbolikus mennyiségen keresztül mérhető, folytonos, vagy diszkrét mennyiségek által. Továbbá a 4-7 éves gyermek numerikus képességében jelentős mérföldkő az is, hogy a mennyiségek ismerete, az aritmetikai tudása és a nem szimbolikus mennyiségek összehasonlításának képessége egymástól független (Soltész, Szűcs, Szűcs, 2010), és ez még 8 éves gyermekeknél is megfigyelhető (Holloway, Ansari, 2009).

Tapasztalatink szerint a korábbi kutatások eddig még nem vizsgálták az iskoláskort megelőző korosztályok numerikus-téri ítéleteit vízszintes és függőleges orientációhoz kapcsoltnak, különös tekintettel a 3-, 4 éves korú gyermekek körében. A hiányzó eredmények miatt lényegi kérdésnek tartjuk, hogy tapasztalatokat gyűjtsünk fiatal gyermekek mentális számegyenes kétirányú reprezentációjáról. A kutatásunk során ezért mindkét téri helyzetben vizsgálni fogjuk a numerikus ítéletek és a tér kapcsolatát eltérő számossági és téri változókkal, hogy részletes ismeretet szerezzünk a korosztályi sajátosságokról. Az első vizsgálati helyzetben horizontális egyenes mellett elhelyezett eltérő nem-numerikus mennyiségek (2 vs. 9) között kell ítéletet alkotni a gyermekeknek. A második helyzetben  $90^\circ$  - ban elfordítottuk az egyenest és vertikális helyzetben kellett ítéletet alkotni a középpontról, eltérő (2 vs. 9), illetve azonos mennyiségek (2 vs. 2 ; 9 vs. 9) között.

A vizsgálatunk elsődleges célja a numerikus ítéletek torzítási mintázatának összehasonlítása és elemzése a tipikusan fejlődő óvodáskorúak csoportjában. A vizsgálat feltevései három életkori csoport összehasonlításával megfeleltethető, de emellett néhány teoretikus hipotézist is kifejtünk.



*A tér és szám kapcsolat reprezentációjának hipotézisei:*

1. A numerikus-téri megismerés fejlődésben kérdés, hogy a szám és a tér valóban spontán kapcsolódásban állnak egymással. Amennyiben ez a feltételezés fenn áll, akkor a felnőttekhez és az iskoláskorú gyermekekhez hasonlóan a formális oktatást megelőzően is hasonló választ várhatunk az óvodás gyermekektől a vonalfelezési paradigma helyzetekben (de Hevia, Spelke, 2009). Feltételezzük, hogy a fiatal gyermekek is a vonalfelezési helyzetekben a nagyobb mennyiség irányába torzítanak.
2. A hipotézisünk és az irodalmi adatok szerint a numerikus rendszer és a téri érzék között a kapcsolat progresszív fejlődés mentén halad, ami a nem-numerikus információkkal feltehetően vizsgálható. Kérdés, hogy a 3-, 4-, 5 éves gyermekek torzításos mintázata mennyiben hasonló és a kiválasztott életkori csoportok között.
3. A Baldwin-illúzió (Baldwin, 1895) szerint a vizuális ingerek befolyásolják a nagyság ítéleteket. Feltételezhető, hogy a nem-numerikus vizuális jelzések, nem izolált reprezentációk hozzájárulnak a számossági információ kivonásához (de Hevia, 2011). 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. A kutatások alátámasztották, hogy a felnőttek esetében a vertikális téri helyzetű válaszokban egyértelműen megjelenik a számok fent-lent szerveződése. 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. Feltételezzük, hogy a függőleges irányú reprezentációban az óvodáskorúak minden életkori csoportjában mérhető a nagyobb mennyiség irányába mutató torzítás a vonal kettéosztásakor.

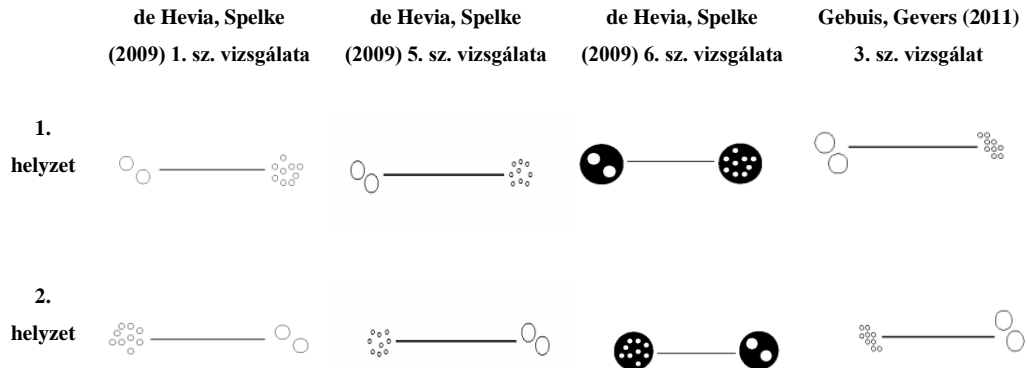
2. Álláspontunk szerint, egyenlő mennyiségek esetében megszűnik az ingerek közötti következetes összeütközés, ezért feltételezzük, hogy a hasonló mennyiségek esetében az ítéletek során nem várható nagyság-hatás. Az óvodások ítéleteik során megközelítően a vonal feltételezett középpontjához jelölnek majd a kettéosztáskor.

### 2.3.1 Horizontális vonalfelezési paradigma (Vizsgálat I.)

#### 2.3.1.1. Vizsgálati módszerek: módszer, eljárás, vizsgált minta

##### *Módszer*

Alapvetően négy vizsgálati helyzetben mértük a gyermekek torzítását nem-szimbolikus mennyiségekkel (3. ábra). A vizsgálatok során szisztematikusan változtattuk a téri lefedettségét és téri elhelyezését (6. táblázat), az előzetes vizsgálatokat követve.



#### 3. ábra Horizontális vonalfelezési paradigma alapvizsgálati helyzetei

Az első feltétel de Hevia és Spelke 2009-es tanulmányának 4. számú vizsgálata, ahol az inger 60 és 80 mm hosszú 1 mm széles, fekete horizontális vonal, melynek két oldalán elhelyezett eltérő mennyiségű pont-tömbök vannak. Az egyik oldalon két pont, egyenként 10 mm átmérőjű, a szemben lévő oldalon kilenc pont, 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 horizontális vonaltól. A pontok által lefedett terület egyenlő nagyságú (Isd. egyenlő terület).

Második feltétel de Hevia és Spelke 2009-es tanulmányának 5. számú vizsgálata, ahol az egyik oldalon elhelyezett két pont-tömb egyenként 9 mm átmérőjű pontokból állnak és a szemben lévő oldalon kilenc pont látható tömbbe szervezve, egyenként 2 mm átmérőjűek. Virtuális körök kerülete mindkét esetben 56,5 mm. A pontokat körbefogó virtuális kontúr egyenlő nagyságú (Isd. egyenlő kontúr).

Harmadik feltétel de Hevia és Spelke 2009-es tanulmányának 6. számú vizsgálata, ahol a pont-tömbök fekete körben helyezkednek el. A pontok mérete és elhelyezése megegyezik az 1. számú vizsgálat elrendezésével. A pontok egy látható, kontrollált kontúrban helyezkednek el (Isd. kontrollált kontúr).

Negyedik feltétel Gebuis és Gevers 2011-es vizsgálatának 3. számú teszhelyzete. Az egyik oldalon elhelyezett két pont egyenként 9 mm átmérőjű a szemben lévő oldalon kilenc pont, egyenként 2 mm átmérőjű. A kilenc pont csoportosítva, egymáshoz közel helyezkedtek el. A pontok elhelyezésének iránya és a lefedettség felülete mindkét mennyiségben azonos (Isd. kontrollált felület).

	Pontok átmérője		Teljes felszín terület		Teljes kontúr		Teljes lefedett terület	
	2 pont	9 pont	2 pont	9 pont	2 pont	9 pont	2 pont	9 pont
1. vizsgálati (egyenlő terület)	10 mm	4,71 mm	157 mm <sup>2</sup>	157 mm <sup>2</sup>	62,6 mm	133,1 mm	<	
2. vizsgálati (egyenlő kontúr)	9 mm	2 mm	127 mm <sup>2</sup>	28,2 mm <sup>2</sup>	56,5 mm	56,5 mm	<	
3. vizsgálati (kontrollált kontúr)	10 mm	4,71 mm	157 mm <sup>2</sup>	157 mm <sup>2</sup>	62,8 mm	133,1 mm	=	
4. vizsgálati (kontrollált felület)	9 mm	2 mm	127 mm <sup>2</sup>	28,2 mm <sup>2</sup>	56,5 mm	56,5 mm	=	

**6. Táblázat A vizuális elrendezések téri kiterjedés változói a horizontális helyzet, különböző vizsgálati módjaiban**

## *Eljárás*

A próba 16 helyzetet tartalmazott (2 vonal hosszúság x 2 oldal elhelyezett nagyobb mennyiséggel: jobb/bal orientációval). A 16 helyzetet kétszer ismételték a gyerekek. A helyzetek egyesével, egymást random módon követték. A vonal közepét érintő kettéosztás a testre szaggítáls irányban történt irónnal.

Mielőtt a vizsgálat elkezdődött a kísérletvezető egy próba lapon modellezte a vizsgálatot és azt mondta: „*Nézd, ezzel az irónnal középen kettévágom ezt a vonalat. Próbáld meg te is!*”, majd egy próbafelezésre invitálta a gyermeket. Miután a kísérletvezető megbizonyosodott róla, hogy a gyermek megértette a feladatot, ezt követően indult a vizsgálat. Minden gyermek befejezte a teljes sorozatot. A kísérlet során a gyerekek bátorítást és pozitív visszajelzést kaptak a felnőttől a megoldott feladat után.

A kettéosztó jelet egy milliméteres vonalzóval mértük, ahol a kettéosztás metszette a horizontális vonalat. Az eredmények előjele a nagyobb mennyiség téri helyzetétől változott. Pozitív előjelű volt a torzítás, ha az objektív középponthoz képest a nagyobb mennyiség felé mutatott a torzítás. Negatív előjelű volt a torzítás, ha az objektív középponthoz képest a kisebb mennyiség felé mutatott a torzítás. A statisztikai próbában kevert mintás variancia analízist használtunk.

## *Vizsgált minta életkorának kiválasztása*

A vizsgálat során több szempontot vettünk figyelembe az életkor kiválasztásakor:

- Az ismert kutatások eddig nem mérték a 3-, 4-, és 5 éves óvodai korcsoportot, így új célcsoportot kívántunk bevonni a horizontális vonalfelezési paradigmába
- A téri-numerikus fejlődés szempontjából ez az életkori csoport szenzitivitást mutat
- Olyan korcsoportban kívántuk mérni a paradigma hatását, amelyik még nem részesült formális oktatásban

A megfontolások alapján tehát a 3-, 4-, 5 éves kor közötti időszakban a gyermekek alkalmasak a vonalfelezési paradigma vizsgálatához, numerikus ítéleteik mentesek a formális oktatás hatásaitól. Ebben az életkorban a szám és a tér spontán módon,

matematikai instrukciók nélkül fejlődik, így közvetlenül mérhetőek a numerikus- téri ítéletek (de Hevia, Spelke, 2009).

### *Minta jellemzése*

A gyermekek kiválasztása a PTE IGY Gyakorlóiskola, Művészeti Iskola és Gyakorlóóvoda óvodásai közül történt a szakvezető óvónők segítségével a szülők beleegyezésével. Minden család önként vett részt. Életkor szerinti válogatásban törekedtünk a korcsoportok létszámában kiegyenlített mintát választani (7. sz. táblázat). A mintába választás kritériuma a tipikus fejlődési menet és kizárható, ismert részképesség fejlődési zavar (pedagógus interjú alapján), így nem vettek részt azok a gyermekek a vizsgálatban, akik részképesség fejlesztésben részesültek. A gyermekek középosztálybeli családból érkeztek.

	N	Fiú / lány	Átlag életkor	Szórás	Range
3 éves	18	8 / 10	3,1	,42839	1,50
4 éves	25	10 / 15	3,8	,40311	1,40
5 éves	26	15 / 11	4,9	,443205	1,40

**7. Táblázat Horizontális vonalfelezési paradigma 3-, 4-, 5 éves életkori csoportjainak részletes jellemzése**

A vizsgálatban résztvevő gyerek mind jobb kezesek, normál, vagy korrigált látással rendelkeznek. Törekedtünk a minta nemek szerinti kiegyenlítettségére, az arányos megoszlást a lehetőségek nem tették lehetővé. Minden gyermek egyszer vett részt a vizsgálaton, a tesztet egy ülésben vettük fel a gyermekekkel, külön-külön az óvoda egy csendes környezetében.

### **2.3.1.2. Vizsgálati eredmények**

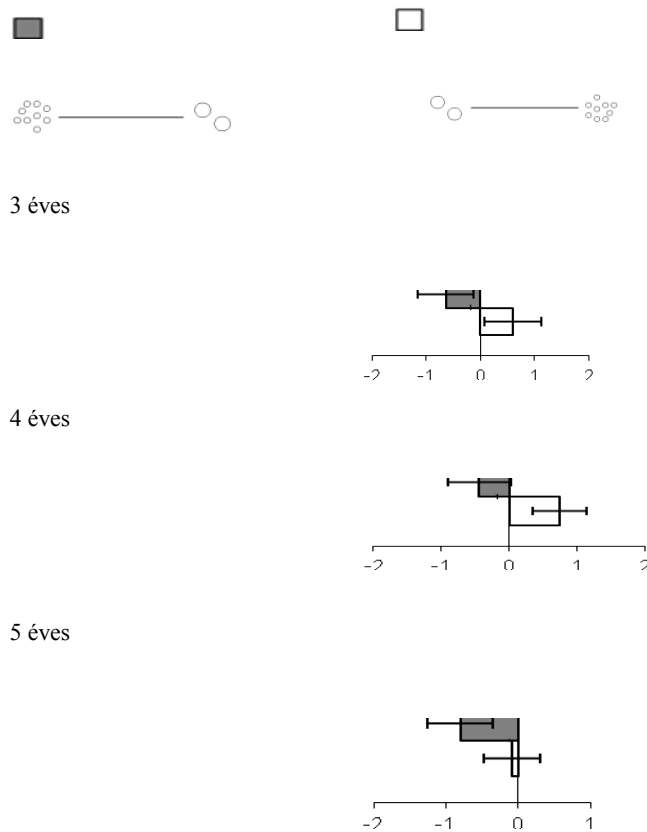
Az elemzést két lépésben végeztük. Először összehasonlítottuk a négy vizsgálati feltételt mindegyik korcsoportban, majd külön elemeztük az eltérő vizsgálati helyzetekben az irányok hatását. Mind a négy vizsgálati helyzetben a korábban leírt módon a számosság állandó volt, miközben a pontok tömbjeinek vizuális tulajdonságait

szisztematikusan változtattuk. Az eredményeket Repeated measures of ANOVA (kevert mintás varianciaanalízis) eljárással elemeztünk a négy vizsgálati helyzetben, a két eltérő mennyiségi pont-tömb (2 vs. 9) elrendezéssel, és három életkori csoporttal. Összehasonlítva 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 helyzet (egyenlő kontúr) között (*Mean Difference (I-J)* = -.910;  $p < .01$ ). Hasonló módon különbséget találtunk még az első és a negyedik vizsgálati helyzet között (*Mean Difference (I-J)* = -.748;  $p < .025$ ). Nem találtunk szignifikáns hatást az életkorra [ $F_{(2,71)} = .52$ ;  $p = \text{ns.}$ ] tekintve a kettéosztó torzításban.

Azonban interakció van a vizsgálati helyzetek 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 (4. ábra).* 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 [ $F_{(2,71)} = .225$ ;  $p = .799$ ].

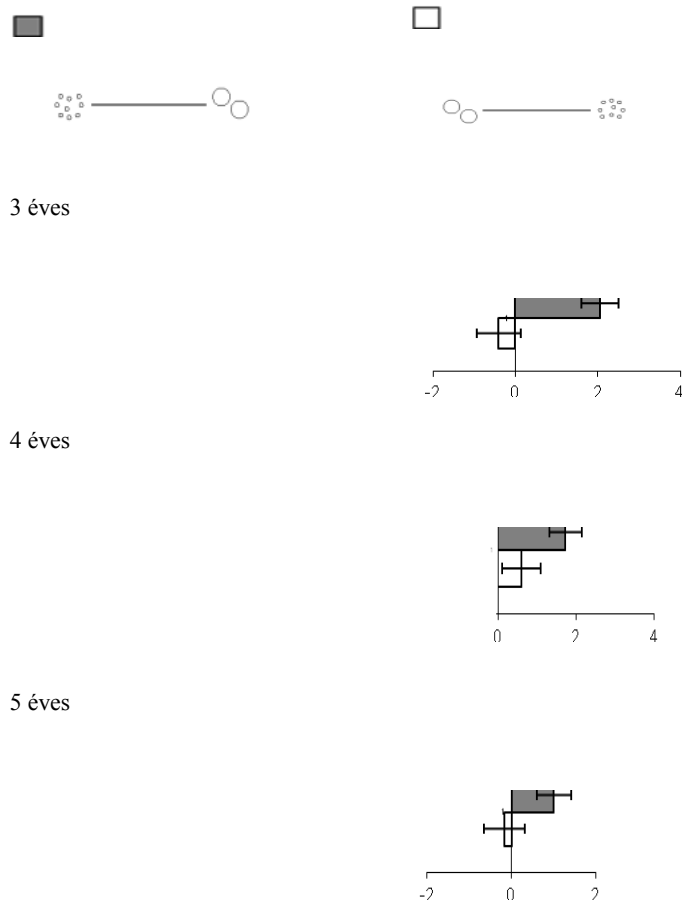
Az irányhatás nem mutatott interakciót a kettéosztott vonal hosszúságával (60 mm vs. 80 mm). Feltételezhető a felezéskor jelentkező torzítás független a vonalak hosszúságától.



4. ábra Egyenlő terület esetében létrejövő torzítás a vonal kettéosztásakor életkoronként

*Egyenlő kontúr* (5. ábra). 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.



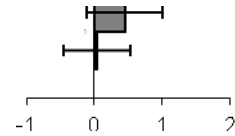
**5. Ábra Egyenlő kontúr esetében létrejövő torzítás a vonal kettéosztásakor életkoronként**

*Kontrollált kontúr (6. ábra).* 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 [ $F_{(2,71)} = .170$ ;  $p = .844$ ].

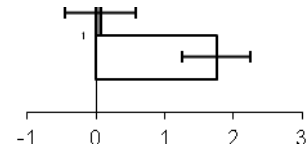




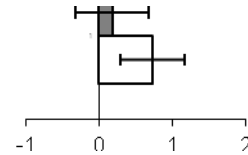
3 éves



4 éves

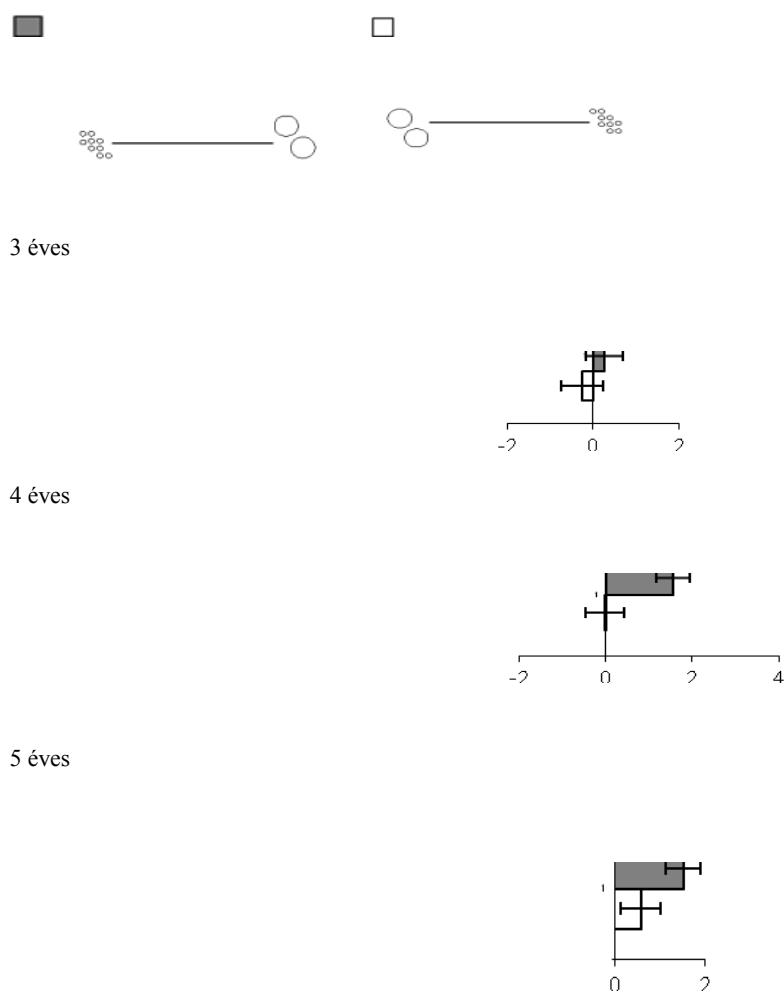


5 éves



**6. ábra** Kontrollált kontúr esetében létrejövő torzítás a vonal kettéosztásakor életkoronként

*Kontrollált felület (7. ábra).* 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 [ $F_{(2,71)} = .489$ ;  $p = .615$ ].



7. ábra Kontrollált felület esetében létrejövő torzítás a vonal kettéosztásakor életkoronként

### 2.3.1.3. Megvitatás

A jelen kísérleti helyzeteinkben a mennyiségek téri elrendeződés leképeződésének spontán fejlődését vizsgáltuk olyan életkori csoportokban, akik még függetlenek a didaktikus matematikai képzéstől. A korábbi tanulmányok (de Hevia, Spelke, 2009, Gebuis, Gevers, 2011) egymással ellentétes eredményekhez vezettek. A megnyitott viták (de Hevia, 2011) elsősorban a vizuális-téri információk szerepét elemezték a számossági információ feldolgozásában. de Hevia és Spelke (2009) vizsgálatukban a nagyobb mennyiség irányába mutató torzítást felnőttek és gyermekek esetében egyaránt demonstrálni tudták. Az eredmények egyrészt a kognitív illúzió magyarázatával indokolható (de Hevia, Girelli, Vallar, 2006). Ez az alternatív elgondolás szerint az

észlelt nagyság különbség arra ösztönzi a válaszolókat, hogy a szubjektív középpontot a kettéosztási helyzetben a nagyobb mennyiség felé tolja.

A másik elképzelés szerint a válaszokban a nagyobb mennyiségű pont-tömb felé mutató relatív növekedést a tér és a számok nagyságának integrált reprezentációja indokolja. Igazolódott, hogy a mentális számegeyes természete alapján a logaritmikusan kompresszió konzekvensen eltolja a középpont észlelését a nagyobb mennyiség irányába, így közvetlenül a nagyobb szám irányában jelenik meg a torzítás (Dehaene, Mehler, 1992; Longo, Lourenco, 2007).

További vonalfelezési vizsgálatok vitatják de Hevia és Spelke eredményeit (Gebius, Gevers, 2011) és hangsúlyozzák, hogy a számossági hatással következetesen nem magyarázhatók az eredmények. Amennyiben a mennyiségek által lefedett területet, mint kísérleti ingert kontrollálják, akkor kizárólag a vizuális hatás befolyásolja a felnőttek torzításos válaszait. Gebius és Gevers tanulmánya felhívta a figyelmet arra a fontos tényre, hogy a nem-szimbolikus ingerek esetében a vizuális jelzések, mint a távolság/hosszúság, a kiterjedés, a lefedett terület nagysága befolyásolja a számossági információ kivonását.

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. Eredményeink konzisztensek. 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 helyzet* és Gebuis és Gevers 2011, *3. vizsgálati helyzet*).

Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a 3-, és 5 év közötti gyermekek használják a mennyiségi információkat, azonban az irányhatások közvetlen függésben állnak az elérhető vizuo-téri információtól. Amikor a bemutatott ingerek perceptuálisan kontrollálható voltak, 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 torzításukat a számosság vizuális megjelenítése befolyásolja (Longo, Lourenco, 2007; Gebuis, Gevers, 2011).

Hasonlóképpen kapcsolódik az ingerek perceptuális tulajdonságaihoz a számérzék (Cooper, 1984). Ugyanis a gyermekek gyakran hiszik, hogy a fizikailag „nagyobb”, az önmagában „több” is (mint ahogy a több elemből álló csoport, nagyobb területet foglal el). 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 a kijelölt környezetből.

Ahogy azt Sophian és Chu (2008) javasolta, a számérzék, diffúz fogalomként kell kezelni, amely magába foglalja a nem-numerikus dimenziókat is (hosszúság, nagyság stb.). Amint a gyermekek megértik a számot, mint absztrakt fogalmat, úgy a nem-numerikus dimenziók az életkori fejlődéssel függetlenné válnak a vizuális jelzésektől. Átszínezi az eredményeket az a tény is, hogy az összehasonlítási vizsgálatok moduláris elgondolása szerint a számreprezentációs képesség a korai életkorban jelen van (Wynn, 1995; Starky, Spelke, Gelmann, 1990) és ez a proto-számtani modul segíti a numerikus helyzet feldolgozását (Dehaene, 1997). Tény, hogy a fiatal gyermekek képesek a számosság méret és téri lokalizáció diszkriminációjára. A numerikus reprezentáció prototipikusan absztrakt, de úgy tűnik, hogy a folyamatban inkább megalapozottan több és alapvető perceptuális mechanizmus is szerepet játszik (Longo, Lourenco, 2007). Kérdés azonban, hogy a korai numerikus diszkrimináció (Wynn, 1992) a számérzék jelenlétét igazolja (Dehaene, 2003), vagy egy korai téri-vizuális képesség jelenlétére utal (Newcombe, 2002). Egy alternatív elgondolás szerint a téri kódolás ugyan jelen van a korai évektől, de még nem aktiválódik automatikusan (Fias, Fisher, 2005), vagyis a SNARC-hatás aktiválódásának életkori határai vannak (Berch és mtsai, 1999, Fisher, 2003, Fisher, 2001).

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,

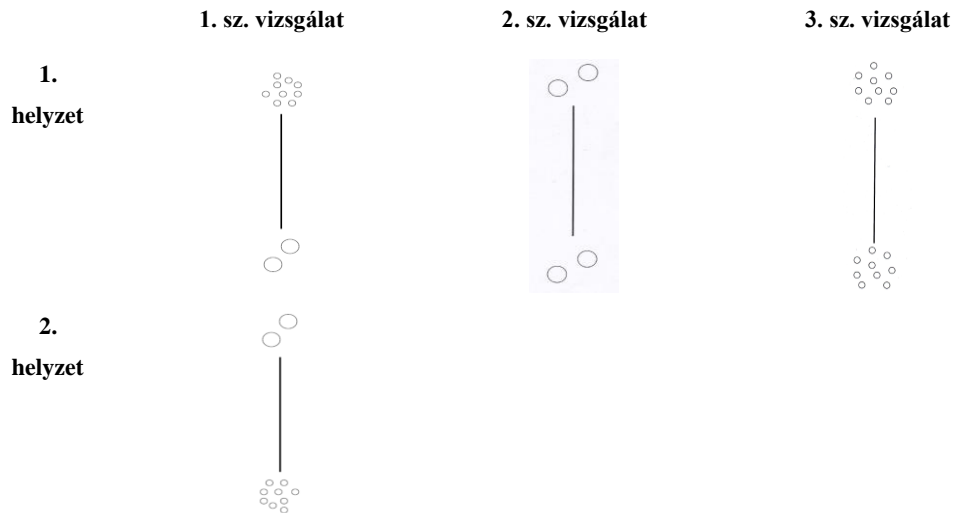
hogy a fiatal gyermekek is képesek kivonni a számossági információt, ha a téri-vizuálisjelzések jól szabályozzák az elérhető téri kiterjedéseket. A számosság és a tér spontán, nem-direkt leképezései alátámasztják azt az elméletet, hogy adott a gyermekek számára a numerikus reprezentáció a formális matematikai 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.

### **2.3.2. Vertikális vonalfelezési paradigma (Vizsgálat II.)**

#### **2.3.2.1. Vizsgálati módszerek: módszer, eljárás, vizsgált minta**

##### *Módszer*

A vizsgálat három alaphelyzetre épült (8. 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 (lsd. egyenlő terület, eltérő mennyiséggel).



8. ábra Vertikális vonalfelezési paradigma alapvizsgálati helyzetei

Második feltételben egyenlő és kis mennyiségek állnak. Mindkét oldalon szemben 10 mm átmérőjű két-két pont-tömbben elhelyezett mennyiség van. A vertikális vonalak hossza 60 illetve 80 mm hosszú. A pontokat körbefogó virtuális kontúr egyenlő nagyságú (lsd. egyenlő terület kevés mennyiséggel).

Harmadik feltétel egyenlő és nagy mennyiségekkel megrajzolt kísérleti helyzet. Vertikális vonaltól, kilenc elemszámú pont-tömbök helyezkednek el, ahol a pontok egyenként 4,71 mm átmérőjűek (lsd. egyenlő terület nagy mennyiséggel).

	Egyenlő terület eltérő mennyiségek		Egyenlő terület kevés mennyiség		Egyenlő terület nagy mennyiség	
	2 pont	9 pont	2 pont	2 pont	9 pont	9 pont
Pontok átmérője	10 mm	4,71 mm	10 mm	10 mm	4,71 mm	4,71 mm
Teljes felszín terület	157 mm <sup>2</sup>	157 mm <sup>2</sup>	157 mm <sup>2</sup>	157 mm <sup>2</sup>	157 mm <sup>2</sup>	157 mm <sup>2</sup>
Teljes kontúr	62,6 mm	133,1 mm	62,6 mm	62,6 mm	133,1 mm	133,1 mm
Teljes lefedett terület	<		=		=	

8. Táblázat. A vizuális elrendezések téri kiterjedés változói a vertikális helyzet, különböző vizsgálati módjaiban

## *Eljárás*

A próba 8 helyzetet tartalmazott (2 vonal hosszúság x 2 oldal elhelyezett nagyobb mennyiséggel, lent/fent orientációval, és egyenlő mennyiségekkel). A 8 helyzetet négyszer ismételtük a vizsgálatban résztvevőkkel. A helyzetek egyesével, egymást random módon követték. A vonal közepét érintő kettéosztás a testre frontális irányban történt írónnal. A vizsgálat instrukciója és módja hasonlóan zajlott mint a horizontális vonal esetében.

A kettéosztó jelet egy milliméteres vonalzóval mértük, ahol a kettéosztás metszette a vertikális vonalat. Az eredmények előjele a nagyobb mennyiség téri helyzetétől változott. Pozitív előjelű volt a torzítás, ha az objektív középponthez képest a nagyobb mennyiség felé mutatott a torzítás. Negatív előjelű volt a torzítás, ha az objektív középponthez képest a kisebb mennyiség felé mutatott a torzítás. Egyenlő mennyiségek esetében pozitív előjelű volt a torzítás, ha a vonal objektív középpontjához képest a test szaggitális síkjához közelebb mutatott a jelölés. Negatív volt a torzítás, amennyiben az objektív középponthez képest test szaggitális síkjához távolabb állt a jelölés. A statisztikai próbában kevert mintás variancia analízist használtunk

## *Vizsgált minta életkorának kiválasztása*

A vizsgálat során több szempontot vettünk figyelembe az életkor kiválasztásakor:

- Az ismert vertikális helyzetű numerikus kutatások eddig nem mérték a 3-, 4-5-, és 6 éves óvodai korcsoportot, így új célcsoportot kívántunk bevonnia a vertikális vonalfelezési paradigmába
- A téri-numerikus fejlődés szempontjából ez az életkori csoport szenzitivitást mutat, hiszen a horizontális helyzetben már a 3 éves gyermekek is egyenlő vizuális-téri helyzetben (lsd. fent, horizontális vonalfelezési paradigma) képesek a numerikus információ kivonására
- Olyan korcsoportban kívántuk mérni a paradigma hatását, amelyik még nem részesült formális oktatásban
- Mivel a vertikális-numerikus helyzet kevésbé vizsgált terület ezért kontroll csoportként 7 éves első osztályos gyermeket és felnőtteket vontunk a vizsgálatba

A megfontolások alapján 3-, 4-, 5-, és 6 éves kor közötti időszakban a gyermekek alkalmasak a vonalfelezési paradigma vizsgálatához, numerikus ítéleteik mentesek a formális oktatás hatásaitól és érzékenyek a numerikus információ kivonására, megfelelő vizuális-téri hatások között. Továbbra is azt gondoljuk, hogy ebben az életkorban a szám és a tér spontán módon, matematikai instrukciók nélkül fejlődik, így közvetlenül mérhetőek a numerikus- téri ítéletek (de Hevia, Spelke, 2009).

### *Minta jellemzése*

Az óvodáskorú gyermekek kiválasztása két óvodában zajlott. Az egyik intézmény a PTE IGY Gyakorlóiskola, Művészeti Iskola és Gyakorlóóvoda a másik a szekszárdi Szent Rita Katolikus Óvoda. Az iskolás gyermekek a PTE IGY Gyakorlóiskola, Művészeti Iskola első osztályos tanuló voltak. Ebben a kutatásban is az óvónők és a tanítónők segítségével válogattuk a gyermekeket, akik szülői beleegyezéssel vettek részt a vizsgálatunkon. Életkor szerinti válogatásban törekedtünk a korcsoportok létszámában kiegyenlített mintát választani (9. sz. táblázat). A felnőttek a PTE IGY Kar óvodapedagógus hallgatói voltak.

	<b>N</b>	<b>Fiú / lány</b>	<b>Átlag életkor</b>	<b>Szórás</b>	<b>Range</b>
<b>3 éves</b>	27	12 / 15	3,2	,24548	,80
<b>4 éves</b>	33	20 / 13	4,0	,32326	1,39
<b>5 éves</b>	29	11 / 18	4,10	,26172	1,00
<b>6 éves</b>	26	14 / 12	6,4	,30617	,90
<b>7 éves</b>	31	13 / 18	7,4	,41478	1,89
<b>Felnőtt</b>	30	30 nő	20,4	1,37297	6,00

**9. Táblázat Vertikális vonalfelezési paradigma 3-, 4-, 5-, 6-, 7 éves és felnőtt életkori csoportjainak jellemzése**

A mintába választás kritériuma a tipikus fejlődési menet és kizárható, ismert részképesség fejlődési zavar (pedagógus interjú alapján). Itt sem vettek részt azok a gyermekek a vizsgálatban, akik részképesség fejlesztésben részesültek az óvodákban és az iskolában. A gyermekek középosztálybeli családból érkeztek.



A vizsgálatban résztvevő gyerek és felnőttek mind jobb kezesek voltak, normál, vagy korrigált látással rendelkeztek. Törekedtünk a gyermekminta nem szerinti kiegyenlítetttségére, az arányos megoszlást a lehetőségek ebben az esetben sem tették lehetővé. A felnőttek esetében a pedagógusképzés sajátossága miatt a nemek szerinti homogenitást elfogattuk. Minden gyermek és felnőtt egyszer vett részt a vizsgálaton. A tesztet egy ülésben vettük fel a gyermekekkel, külön-külön az óvoda az iskola és az egyetemi kar egy csendes környezetében.

### **2.3.2.2. Vizsgálati eredmények**

Az elemzést több lépésben végeztük. Először összehasonlítottuk az eltérő mennyiségek során fellépő torzításokat mindegyik korcsoportban, majd külön elemeztük az eltérő mennyiségi pont-tömbökhöz kapcsolódó az irány (lent/fent a nagyobb mennyiség), és a hosszúság-hatásokat (60 mm vs. 80 mm vonalhosszúság). Továbbá analizáltuk az azonos mennyiségek (2 pont-tömb/ vs. 2 pont-tömb és 9 pont-tömb vs. 9 pont-tömb) során fellépő hatásokat.

Az eredményeket Repeated measures of ANOVA (kevert mintás varianciaanalízis) eljárással elemeztünk az összes vizsgálati helyzetben. 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, több helyzetben interakciót találtunk. Így 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.

Továbbá 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 [ $F_{(15,176)} = 2.880$ ;  $p < .000$ ].

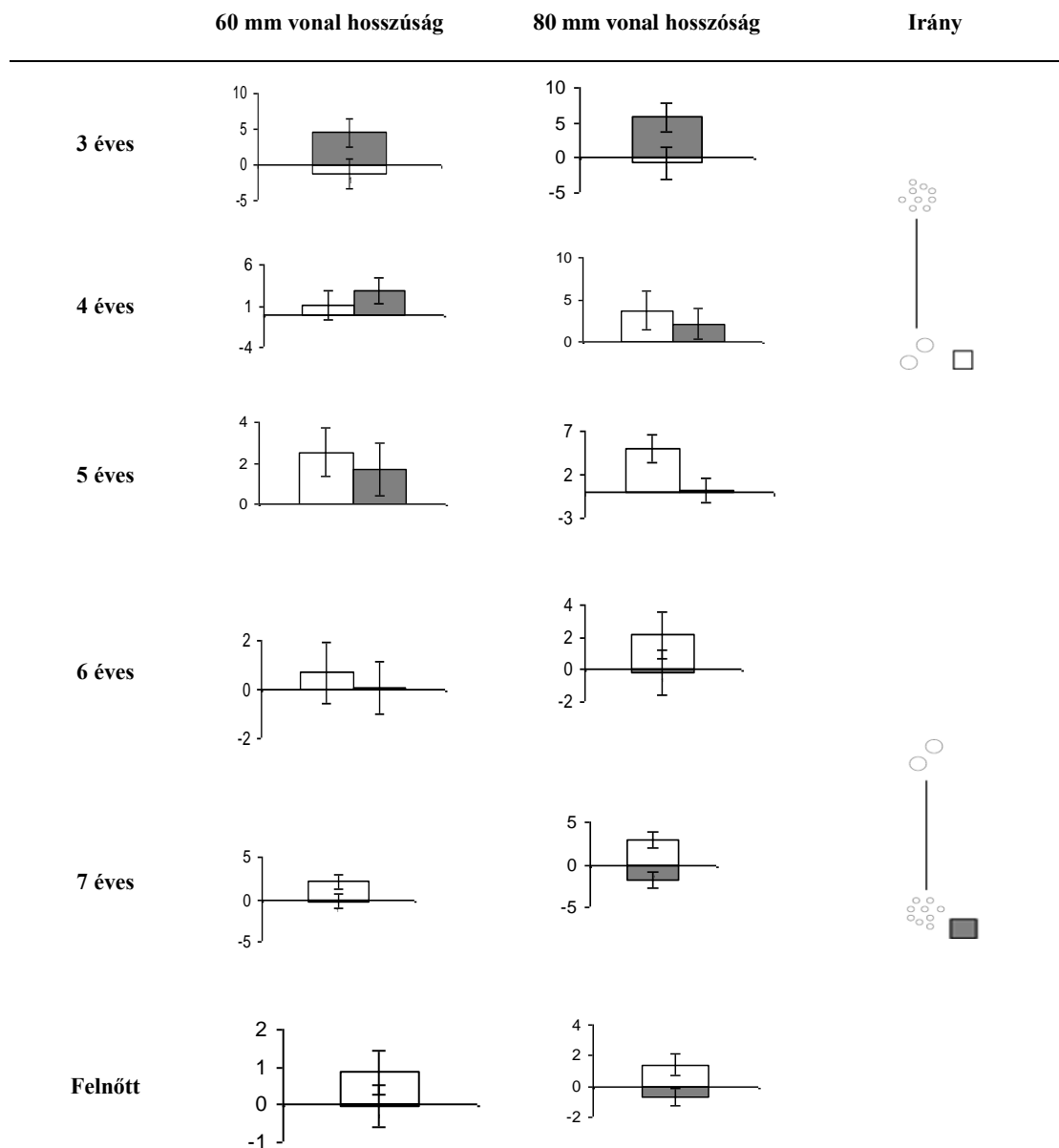
*Életkor szerint elemzés (9. ábra).*

A pont-tömbök mennyiség/irány/torzítás összefüggés elemzése során talált csekély hatás, implikálta, hogy részletesen vizsgáljuk meg a korcsoportok közötti összefüggéseket. 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 (10. 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

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

A várakozásunktól eltérően az eredmények egyértelműen azt igazolják, hogy a vertikális vonal kettéosztásakor a nagyobb mennyiség felé eső torzításnak életkori határa van. Annak ellenére, hogy a kísérleti inger téri nagysága megegyezik a horizontális vonalfelezés vizsgálatunk első próbájával (egyenlő felület), mégsem tudtuk megismételni a nagyobb mennyiség irányába mutató torzítást az óvodás csoport első három korcsoportjában. Fontos tényként kezeljük, hogy a tendenciaszerű eltérés igazolhatóan még az óvodáskorban megváltozik és 6 éves kortól a gyermekek torzításai és hasonlónak válnak az iskolás-, és a felnőtt korú csoport eredményeihez.

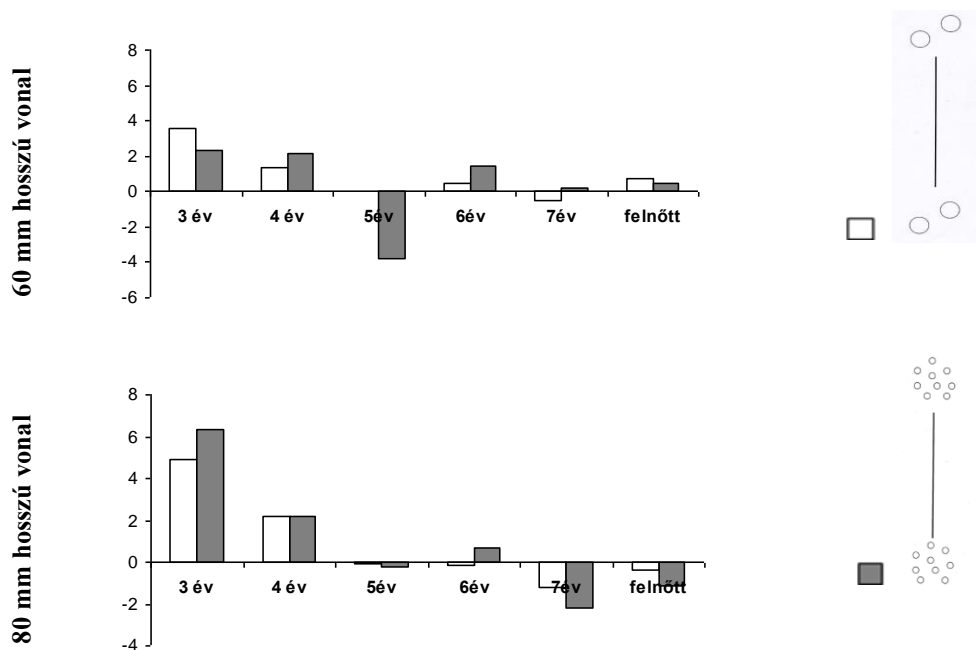


**9. ábra eltérő mennyiségekkel vizsgált vertikális vonalfelezés torzítási eredményei minden korcsoportban 60 mm és 80 mm hosszú egyenesek esetében**

*Egyenlő mennyiségekkel végzett próbák.*

Az egyenlő mennyiségekkel végzett elemzésben vizsgáltuk az irány (jelölés a testhez képest szaggitális irányba, közelebb/távolabb, illetve a vertikális helyzethez viszonyítva lent/fent), az életkorok, és a megfeleztet vonalak eltérő hosszúságának hatását. Az adatokat ismertetve, több területen is jelentős különbségeket találtunk. A főhatás az

irányok területén mutatkozik. 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 (10. ábra).



**10. ábra** Egyenlő mennyiségek torzítási átlagai 60 mm és 80 mm hosszú vonalaknál minden életkori csoportban

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 szaggitálisan távolabb jelölnek, míg korai életkorban az észlelt középpont a testhez szaggitális irányba közelebb esik (9. ábra).

Végül összehasonlítottuk az életkori csoportok közötti torzítást (11. 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	

11. Táblázat Életkori csoportok összehasonlítása az elért teljesítmények alapján

### 2.3.2.3. Megvitatás

A korábbi kutatások több fontos szempontra hívták fel a figyelmet. Az egyik jelentős eredmény, hogy a horizontális helyzet vizsgálatai során igazolódott, hogy a tér és numerikus információ interakciója a gyermekeknél is feltételezhető és a szubjektív középpont eltolódása fiatalabb gyermeknél is igazolható (de Hevia, Spelke, 2009). A másik fontos tényező, hogy vertikális helyzetben létezik a mennyiség kisebb/nagyobb elrendeződése lent/fent iránnyal. Ahogy horizontális helyzetben, úgy vertikálisan is automatikusan aktiválódik a válasz az összehasonlítási kísérletben. Úgy tűnik, hogy a tér és számok összefüggése fogalmilag kibővül és a *számegyenes* (number line) fogalma helyett egy *számtérkép* (number map) fogalmat kell konceptualizálni (Schwarz, Keus, 2004, Gevers, Lammertyn, 2005).

Kérdéses, hogy ez a reprezentáció igazolható-e korai évektől. 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.

A meglepő eredménnyel feltételezhető, hogy vertikális helyzetben életkori hatás áll fenn. Úgy tűnik, hogy a 3-, 4-, és 5 éves korban a numerikus helyzet még nem befolyásolja a torzítást, a gyermekek közelebb jelölnek a két pont-tömbhöz, mint a nagyobb mennyiséghez. 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.

Az előző horizontális paradigmák (de Hevia, Spelke, 2009, Gebuis, Gevers, 2011) vitatták a numerikus, téri és vizuális információk hangsúlyát. A kérdés, ahogy korábban már kifejtettük, elsősorban arra irányult, hogy a nem numerikus ingerek, mennyiben informatívak, illetve meghatározóak a vonal kettéosztási ítéletben. Gebuis és Gevers (2011) az eredmények magyarázatát elsődlegesen a vizuális ingerek kölcsönhatásában látta. Ezért úgy gondoltuk, hogy a vertikális vizsgálati helyzetben is át kell gondolnunk a nem numerikus információk hatását az ítéletekre vonatkozóan.

Az eredményeink értelmezésében elsődleges elgondolásunk, hogy a vizuális-téri információ a vertikális helyzetben is hatást gyakorol a numerikus információ feldolgozásra. Korábban a horizontális vonal vizsgálati helyzeteiben szisztematikusan változtatott téri-vizuális tulajdonságok befolyásolták a gyermekek ítéletit. Abban az esetben jelent meg numerikus-téri hatás, ha egyenlő téri lefedettséget észleltek a gyermekek. Fontos tény, hogy a gyermek vizsgálatában Halberda és Feingenson (2008, idézi Gebuis, Gevers, 2011) igazolni tudta, hogy a vizuális jelzések hatása az életkorral csökken, de nem tűnik el teljesen. Egyúttal az is igazolódott, hogy amíg a gyermekek válaszait a kiemelkedő vizuális jelzések irányítják, addig az életkor előrehaladtával a mérési/becslési folyamatok is pontosabbá válnak (Gebuis, Gevers, 2011).

A felnőttek paritás vizsgálataiban érdemesnek tartották, hogy *numerikus konfliktus* feladatban a SNARC-hatással szemben vizsgálati szempontok közé vonják a Stroop hatást, amelyről a későbbi elemzések során igazolódott az additív hatása (Gevers, Lammertyn, 2005). Ez az additív viszony érdekes kutatási kérdésnek tűnt az óvodáskorúak numerikus ítéleteinek vizsgálatában is. A nagyság összehasonlító teszt (Rousselle, Palmers, és Noël, 2004) és a numerikus Stroop paradigma (Rousselle, Noël,

2008) egyaránt igazolta, hogy a három-, négy éves gyermekek numerikus ítéleteit megzavarja a perceptuális hatás. Az eredmények azt sugallják, hogy a számosság automatikus feldolgozása mellett fejlettebb az automatikus perceptuális feldolgozás. A vizuális információra való támaszkodás az, óvodás korban még meghatározó, mert a mennyiségek ismerete, az aritmetikai tudás és a nem szimbolikus mennyiségek összehasonlításának képessége még egymástól függetlenül működik, amely a kisiskolás korig meghatározó (Holloway, Ansari, 2009). Továbbá fontos tény az is, hogy a vizuális hipotézis elmélete szerint a nem-numerikus helyzetekben megnő a vizuális jelzések használata. A korábbi kutatások szerint a halmazban elhelyezkedő mennyiségek észlelhető térfogata, területe és hosszúsága hatással van az ítéletekre, ami egyértelműen megmutatkozik a kisgyermekek és az óvodáskorúak mennyiség diszkriminációjában (Mix, Huttenlocher, Levin, 2002).

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.

Módszertani elgondolás szerint, amint egyes funkció adott életkorhoz kapcsoltn megjelenik, egy azonos feladatban összehasonlítva kell értelmezni egy idősebb, vagy felnőtt mintával. Mivel a vizsgálati mintáink a felnőttekhez viszonyítva életkori határt igazolt, ezért kerestük az eredményink fejlődéssel összefüggő kapcsolatát. Egyik elgondolásunk szerint a fent említett hatásokat vizuális képességek fejlődési sajátossága is okozhatja. A látás fejlődésében a lokális ingertulajdonságok (orientáció, mozgás, mélység) és a téri integráció megjelenése eltérő fejlődési ütemet tükröz. A lokális folyamatok viszonylag korán kialakulnak, azonban a téri integráció lassabban fejlődik

(Kovács, 2005). Amíg sztereo látás és rácsminta élesség 2 éves korra éri el a felnőtt szintet, addig a vonal megtörésének érzékelése (vernier élesség) 5 éves korra jelenik meg (Zanker, Mohn, Weber, mtsai, 1992, Carkeet, Levy, Manny, 1997). Hasonlóan lassú ütemű fejlődést figyeltek meg a vizuális téri integrációban. A kontúrintegrációs feladatban a gyerekek csak 5-, és 14 éves kor között mutatnak jelentős javulást. Ez a lassabb fejlődés nem tulajdonítható figyelmi, motivációs folyamatoknak, mert a háttérben specifikusan hangolt észlelési mechanizmusok állnak (Kovacs, Kozma, Feher, Benedek, 1999, Kovacs, Feher, Shankle és mtsai, 1999, Kovács, 2005). Az eredmények többek között azt is igazolták, hogy a gyerekek „perceptuális világában” a hosszú távú neurális kapcsolatok éretlensége hatással van a geometriai illúziók észlelésére is. Az Ebbinghaus-illúzió (Titchener-körök) bemutatásakor a 4 éves gyerekek általában nem tapasztalnak illúziót. Az illúzió-benyomásban a középső kör, mint lokális inger akkor tud befolyással lenni, ha az összes inger-elem téri integrációja megtörténik, ezért a 4-5 éves gyermekek észlelési illúziójának hiányát az integráció hiányával hozták összefüggésbe (Kaldy, Kovács, 2003, Kovács, 2005). Egybevéve a lokális tulajdonságokat, a koherens egészzé integráló hálózatok később szilárdulnak meg (Kovács, 2005).

A vizuális magyarázaton túl további elgondolásunk, hogy a vizsgálati eredményekre a mennyiségi reprezentáció érettsége is befolyással bír. A mennyiségi diszkrimináció alapja, a mennyiségi viszonyok megértése. Négy éves kortól képesek a halmaz elemszámára irányuló „több vs. kevesebb” kérdését megválaszolni (Griffin, 2004). Siegler és Booth (2004) szerint 6 éves kortól integrálódik a globális preverbális mennyiségi szenzitivitás, a számolási séma a mentális számegyenes használatához, és ennek eredményeként jobban értik meg a „mennyiségi világokat” (Griffin, 2002, Griffin, 2007).

A két vizsgálati helyzet eredményeit tekintve fontos kiemelni egy másik elgondolás szempontjait is. A közelmúltban Marzoli és munkatársai (2014) egy teoretikus munkában kapcsolatot feltételeznek az arcok aszimmetrikus észlelése, a jobb kezesség és különböző téri-vizuális észlelési (pontok lokalizációja, vizuális terület észlelése) sajátosságok között. Megerősített hipotézisük szerint a vizuális térben a figyelem a szemben álló jobb keze felé terelődik és ez a figyelmi és észlelési asszimetria az egészséges jobbkezes embereknél egyértelműen jelen van. A megfigyelő szempontjából a baloldali észlelési hajlam filogenetikus, evolúciós, szociális magyarázattal is értelmezhető, mert a szemben álló, másik személy domináns jobb oldala és jobb keze



felől várható a gesztusok és az agresszió kifejeződése. Véleményük szerint az aszimmetrikus észlelés egyaránt hatással van a szociális és téri információ feldolgozásra. A balra redukált figyelem előnyt kövacsol a kommunikációban, hatékonyabb monitorizálást eredményez. Ez a lehetséges funkcionális kapcsolat önmagában hordozza azt a kérdést, hogy a jobb oldali specializáció vezetett az arcok észlelésében a torzításhoz, vagy a megfigyelő oldaláról tekintve a balra irányuló torzítás alakította a jobb oldali specializációt, a féltekei aszimmetriát. Marzoli és munkatársai (2014) szerint ez nem lehet véletlen, mert a másik arc jobb oldalának figyelt előnye igazolható az ebbe az irányba irányuló gyakori szemmozgásoknak (Butler, et al., 2005), a mozgás/akció téri orientációjának (Gardner, Potts, 2010, Marzoli et al., 2011). Továbbá igaz a balra torzítás jelensége az emberi környezetben, vagy laboratóriumban nevelt kutyáknál és majmokban (Guo et al., 2009, Dahl et al., 2013) is, amelyek az emberek között szerzett tapasztalatokból eredeztethető. Úgy tűnik, hogy az ontogenetikus fejlődésben ez a kitétség igazolható. Életkori határa 5 éves korra tehető, mely fokozatosan nő és 10 éves korra éri el a felnőtt életkori szintet (Taylor et al., 2012). Habár a korai és késői megjelenésére is egyaránt vannak adatok, azonban ezek az eltérések elsődlegesen a módszerbeli eltérésekre vezethetők vissza (Marzoli et al., 2014). A saját vizsgálatunk alapján megerősíteni tudjuk, hogy az észlelési asszimmetria hatással van a téri-numerikus ítéletekre, melynek életkori határai vannak.

### **2.3.3. Összegzés**

A vizsgálatunk fő irányvonalát abban jelöltük ki, hogy demonstráljuk a téri-vizuális képesség és a numerikus helyzet kapcsolatának fejlődését. Habár a vonalfelezési paradigma vizsgálatok, elsődlegesen a felnőtt ítéletek mérését célozzák, a kutatásunk során bízunk benne, hogy egy egységes kép alakul ki a számok téri-vizuális reprezentációjának fejlődéséről. 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). A fejlődés során megjelenő vizuális képességek (látásélesség fejlődése, ambivalens perceptuális ingerek pontos észlelése) lehetővé teszik óvodáskor végére, hogy egyre pontosabb téri-vizuális ítéleteket alkossanak. Mivel az észlelés neuro-anatómiai rendszere fejlődése eltart öt éves korig (Kovács és mtsai, 1999), ezért a pontos észlelésre még nem képes fiatalabb gyermekek nem tudnak az idősebbekhez hasonló téri-vizuális ítéleteket alkotni a nem-numerikus helyzetekben.

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 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 számassági dimenziók aktív használata segíteni fogja a döntési helyzeteket. Az ítéletek tendenciózusa a felnőtt válaszmintázatokhoz hasonlóan mérhető.

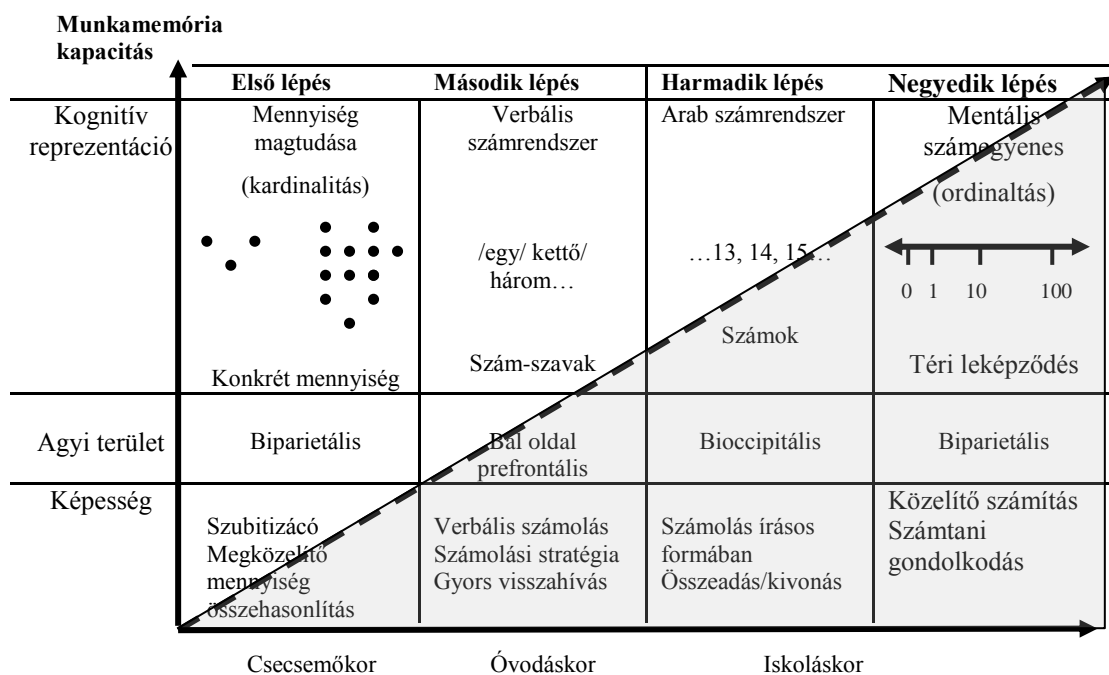
A gyermekek mennyiségi ítéleteit a perceptuális és numerikus tényezőkön túl a téri jellemzők is szervezik. Vizsgálatunkban olyan kísérleti helyzetet teremtettünk, ahol az óvodások numerikus-téri tudását kétdimenziós helyzetben lehet tesztelni. A feladat megoldásához a versengő numerikus-téri és vizuális 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.

### 3. SZÁMÉRZÉK FEJLŐDÉSE ÉS VIZSGÁLATA 5 ÉS 6 ÉVES ÓVODÁSKORÚ GYERMEKEKNÉL

#### 3.1 Számérzék mérésének kérdésköre

A számérzék fejlődését vizsgáló kutatások egy részét az iskolában felmerülő numerikus teljesítmények sikertelenségei ösztönözték. A numerikus teljesítménydeficit vizsgálatok többnyire egy speciális tartományban, a dycalculia területén keresték a tüneti hatásmechanizmusokat. Összetett okok és számos tényező együttjárását tételezték fel. Így felmerült a tanulási problémák spektruma zavara, a perinatális kockázati tényezők, a szociális környezet deficitje és depriváció hatása, a stressz hatások (érzelmi szabályozás zavara, szorongás), vagy a genetikai diszpozíció, mint az ADHD, illetve a nyelvi hiányok. von Aster és Shaley (2007) szerint a neuropszichológiai alapokon nyugvó *Négy – lépéses fejlődési modell (four-step developmental model)* (11. ábra) jól magyarázza a teljesítmény deficitek mögött meghúzódó, veleszületett számérzék hiányosságok okait, és prediktív a lehetséges atipikus fejlődési utakat tekintve. A modell további előnye, hogy a kognitív-numerikus reprezentáció hierarchikus szerveződésére épít, ezáltal segítséget nyújthat a lehetséges terápiás módok kidolgozásához is.



11. ábra Numerikus-kognitív terület négylépéses modellje. A szaggatott vonal alatti árnyékolt terület: „növekvő munkamemória teljesítmény” (von Aster., Shaley, 2007)

A kutatási előzmények szerint genetikai, neuropszichológiai és epidemiológiai érvek szólnak amellett, 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). Az eredmények szerint a nyelvi érintettség legtöbbször a számnév hozzáférési nehézségével, a komplex számok szintaxisának problémájával, vagy az arab számmal jelzett mennyiségek szóbeli megnevezésének problémájával társul (Geary, Hoard, 2001). A kognitív területen a deficitek halmazából az általános kognitív képességekben belül meghúzódó hiányosságok (Geary, Hoard, Hamson, 1999), a téri-vizuális képességek jelenségek, vagy a munkamemória és/vagy végrehajtó funkció zavara körvonalazódott (Mazzocco, Myers, 2003). Az újabb eredmények szerint a problémamegoldó képesség és a figyelem viselkedés (behavioral attention) jegyeit is sikerült azonosítani a numerikus hiányosságokban (Tolar, Fuchs, et al., 2014).

A kutatások másik iránya az alapvető numerikus képességek fejlődésén belül kereste a választ. A tapasztalatok szerint az alapvető numerikus képességek közül a számlálás többnyire érintetlen terület az atipikus fejlődésben. Ez alól csak a neurológiai deficittel rendelkező egyének kivételek. A nehézségek a számlálás során a mennyiségek az egyszerű történi szisztematikus mutatózásban és megnevezésében jelentkeznek, illetve Gelman és Gallistel (1978) által azonosított kardinalitás elvének megértésében és alkalmazásában figyelhető meg (Seron, Deloche, 1991). Azonban a matematikai képességzavarral diagnosztizált első és második osztályos gyermekek számára problémát jelent a számszomszédok és az irreleváns rangsor felismerése (Geary, Hoard, Hamson, 1999, Geary, Hamson, Hoard, 2000), vagy a kettesével történi számolás (Geary, Bow-Thomas, Yao, 1992 Geary, et al., 1999). A numerikus teljesítmény kudarcá alól nem kivétel a mennyiségeket összehasonlító helyzetek sem. Rousselle és Noël (2007) olyan matematikai tanulási nehézséggel küzdő gyermekeket vizsgált, akiknél kizárták a komorbid olvasási zavart. Az elemzésükben a gyerekeknek szimbolikus (arab szám) és nem-szimbolikus mennyiségeket kellett összehasonlítani, amelyet Stroop paradigmatával egészítettek ki (arab számok fizikai méretének

változtatása). Az eredményeik szerint a matematikai nehézséggel küzdő gyermekek numerikus összehasonlító teljesítménye kizárólag arab számok esetében romlott szemben a nem-szimbolikus mennyiségekkel végzett műveletekkel. Más kutatási eredmények szerint a számkombinációs feladatok elvégzése szintén kritikus terület. A részletes eredmények a procedurális-, és az emlékezeti visszahívási folyamatok sajátosságait tették ezért felelőssé. A procedurális deficitek mögött általában a gyermekek rosszul értelmezik az aritmetikai helyzeteket, vagy nem képesek a numerikus folyamatok követésére. Az okok között többnyire érési késés, hosszútávú kognitív deficit (long-term cognitive deficit), elégtelen munkamemória húzódik meg (Geary, et al., 1992, Geary, Brown, 1991, Russell, Ginsburg, 1984). A feltárt tények között Geary és munkatársai (1992) az általuk vizsgált első osztályos gyermekeknél az önellenőrzés elmaradását és a saját hiba észlelésének hiányát is tapasztalták.

A longitudinális vizsgálatok populációs kutatásai különösen nagy hangsúlyt fektettek a komorbiditás összefüggéseinek feltárására. Ostad (1998), Lewis és munkatársai (1994) régebbi kutatásai két klinikailag releváns altípusát különítették el a numerikus zavaroknak. Véleményük szerint a dyslexia és az ADHD összefüggésbe hozható a diszfunkcionális számfeldolgozással és a számolási zavarral. von Aster és kollégáinak (2007) vizsgálata szerint a dyslexia 4,2 % -os prevalenciát jelez.

Összegezve az eredmények arra utalnak, hogy a numerikustudás fejlődése érzékeny terület. Egy-egy képesség atipikus fejlődése (megértés és produkció) egy lehetséges kapcsolat az iskolai kudarc és a numerikus képesség között. A fejlődési vonások idő előtti felismerése szükségszerű, ezért nemzetközi szinten hangsúlyosnak tartják a számérzék korai, elemi szintű vizsgálatát és fejlesztését a közoktatásban. Magyarországon erre vonatkozóan a 3/2002. (II. 15.) OM rendelet 2. számú melléklete tett említést a számérzékre vonatkozóan. A rendelkezés a közoktatás minőségbiztosításáért és minőségfejlesztéséért megcélózva kizárólag a 6., 8., és a 10. évfolyamra vonatkozóan az országos matematikai kompetencia mérés tartalmi keretét határozta csak meg. A számérzéken belül a számábrázolás, az előjeles számok, a számok közötti kapcsolatok (közönséges és tizedes törtek), a számhalmazok és kapcsolatuk, számok a számegyenesen, a nagyság szerinti rendezés és nagyságrendi becslések területein belül jelölte meg. A kompetenciamérésen keresztül azt várták a diákoktól, hogy a fent említett képességekkel életszerű szituációk problémáit matematizáltnan oldják meg, vagy kommunikálják a megoldást. Azóta ezt a mellékletet 2012 szeptemberében hatályon kívül helyezte a Nemzeti Erőforrás Minisztériuma. Az

óvodáskorúak esetében az Óvodai nevelés országos alapprogramja rendelkezik, és a következőképpen határozza meg a gyermekek numerikus fejlesztését:

*„A gyermek a környezet megismerése során matematikai tartalmú tapasztalatoknak, ismereteknek is birtokába jut és azokat a tevékenységeiben alkalmazza. Felismeri a mennyiségi, alaki, nagyságbeli és téri viszonyokat: alakul ítélőképessége, fejlődik tér-, sík- és mennyiségsszemlélete”*(2013).

Habár hazánkban, a matematikai didaktikában még kevésbé hangsúlyos a számérzék fejlesztése, de kísérlet van a számérzék vizsgálatára, vagy a számolási zavar diagnosztikájára (Dékány, 1999, Krajcsi, 2010, Jármí, 2012). A rendelkezésre álló hazai és nemzetközi tesztek többnyire a számolási zavar diagnosztikáját célozza meg és eltérően fókuszál a mérni kívánt képességek területeire (Jármí, 2012).

A kutatásunkban szűkebben a számérzék mérésének módszertani kérdésével kívánunk foglalkozni. Az elsődleges célunk, az volt, hogy kiválasszuk és átvizsgáljuk a terület mérésére szolgáló vizsgálati eljárást és alkalmazzuk az kisiskoláskort megelőző életkori csoportokon belül. Továbbiakban a mérésre koncentráltan szeretnénk körbejárni, hogy az általunk választott szűrőeljárás

- a számérzék mely területeinek mérése alkalmas a hazai mintákban, különösen a kiválasztott életkorokban
- milyen mutatókat és következtetéseket lehet alkotni az egyes itemekben
- milyen akadémiai összefüggések jelennek meg a számérzék elemzett területein

A teszt kiválasztása előtt áttekintettük a lehetséges eljárásokat. Összehasonlítottuk a szűrők paramétereit. Szempontjaink között az életkor, a mérni kívánt képességterületek, és a tesztfelvételi időintervallum szerepelt (12. táblázat). A vizsgálati paradigmáknak a legoptimálisabbnak a lehetséges eljárások közül a Number Sense Screener (továbbiakban NSS) tűnt. Az előzetes elvárásunk szerint a szűrőeljárás diszkriminálja a számérzék azon területeit, melyek alapja a sikeres iskolai matematikai teljesítménynek.

	DÉKÁNY TESZT	TEDI-MATH	NUCALC	NUMBER SENSE SCREENER
<b>Életkor</b>	5 éves	4-8 éves	7 éves	5-9 éves
<b>Tesztidő</b>		45 perc	20-30 perc	15-20 perc
<b>Területek</b>	Tájékozódás	•		
	Soralkotás	•		
	Számlálás	•	•	•
	Mennyiség azonosítás	•	•	•
	Arab szám ismeret	•	•	•
	Számemlékezet	•		
	Aritmetikai műveletek	•	•	•
	Becslés		•	•

## 12. Táblázat Numerikus képességeket mérő eljárások összehasonlítása

Az NSS, a számérzék vizsgálati módszerének kidolgozása Nancy C. Jordan, Joseph J. Glutting és Nancy Dyson (2012) nevéhez kötődik. A kutatók alapvető célkitűzése elsősorban arra irányult, hogy a korai időszakról, vagyis óvodáskortól (5 év) és az első iskolai évekkig (9 év) rendelkezésre álljon egy teljes szűrőeljárás a számérzék és később a matematikai teljesítmény előrejelzésére. A standardizált eljárást úgy alakították ki, hogy használható legyen minden olyan szakember számára (pszichológus, fejlesztőpedagógus, tanár), akik az iskolai nevelés folyamatában részt vesznek (Jordan et al., 2012). A NSS 29 itemet tartalmaz. Egyéni tesztfelvételi módjával és rövid felvételi idejével (15 – 20 perc) gyors megismerésre alkalmas. A szűrőeljárás egyik előnye, hogy a vizsgálatban résztvevő gyermek számára nincs időkorlát, továbbá egyéni megoldási stratégiák használata is megengedett (ujjak használata, pontok, számegyenes, rajz, stb.), így következtetni lehet az egyéni megoldási metódusokra és a gondolkodási folyamatokra.



A szűrő magas prediktivitása miatt jól használható életkorhoz és szocioökonómiai státuszhoz kapcsolatosan óvodáskortól (nagy csoport – kindergarten) az iskola harmadik évfolyamáig (Jordan et al. 2009, Jordan et al. 2006). Diagnosztikai hatékonyságát igazolja, hogy a korai időszakban vizsgált teljesítmény hasonlóan megegyezik a későbbi iskolában mért eredménnyel (Jordan, Glutting, Ramineni, 2009).



A szűrőeljárás alkalmas longitudinális elemzésre is. Az alkotók eredeti szándéka szerint a gyermekek numerikus képességeit őszi/tavaszi félévben méri, így az itt elért percentilis pontok válnak iránymutatóvá a fejlődést tekintve. A vizsgálatunk során eltekintettünk a megadott percentilisek használatáról, mert nem tekintettük standard értéknek a hazai mintánkhöz képest.

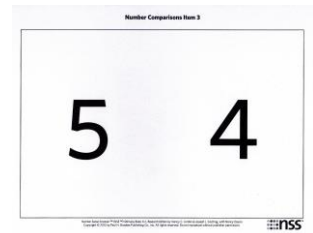
### 3.2 Number Sense Screener elméleti háttere

Az NSS körébe a következő numerikus területek tartoznak (13. táblázat): a számlálás, a számismeret, a mennyiségek összehasonlítása, a nem-verbális számolás, a szöveges feladatok (szöveg környezetbe ágyazott numerikus helyzetek: összeadás/kivonás) és a számkombináció (numerikus tényezőkkel végzett feladatok). Az NSS elsősorban arra alkalmas, hogy átfogó képet nyújtson a gyermekek számérzékéről (2. sz. melléklet). Azonban a szerzők kiemelik, hogy a gyermekek képességeinek erősségit és gyengeségeit, további vizsgálatok kell, hogy véglegesítsék (Jordan et al., 2012).

Területek	Feladatok	
A. próba Számolási képesség	<p>Számlálás:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elemek megszámlálása miközben minden elemet külön-külön megérint</li> <li>2. Megszámolt elemszám utólagos megnevezése</li> </ol> <p>Számolás:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Számsor produkciója. Számolás ameddig tud. Számolás legalább 10-ig, legfeljebb 20-ig</li> </ol>	
B. próba Számismeret	<p>Megmutatott számképek megnevezése: egyjegyű, kétjegyű, háromjegyű számkörben (2, 4, 9, 13, 37, 82, 124)</p>	

C. próba  
Mennyiség összehasonlítás

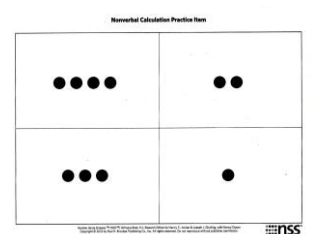
1. Melyik szám követi a megnevezett mennyiséget eggyel, illetve kettővel
2. Nagyobb mennyiség megnevezése
3. Kisebb mennyiség megnevezése
4. Nagyság lineáris reprezentációja



5.

D. próba  
Nem-verbális számolás

Nem-szimbolikus mennyiségekkel végzett számtani műveletek nem verbális helyzetben, takarással ( $2 + 1$ ;  $3 + 2$ ;  $4 + 3$ ;  $3 - 1$ ).



E. próba  
Szöveges feladatok

Fizikai tárgyak nélkül végzett számtani műveletek szituációba ágyazottan ( $2 + 1$ ;  $4 + 3$ ,  $3 + 2$ ;  $6 - 4$ ;  $5 - 2$ ). Számolási stratégiák használata megengedett Pl. ujjak, pontok, számegyenes, stb.

F. próba Számkombináció

Leírt számjegyekkel számtani műveletek végrehajtása, melyet a vizsgálatvezető megnevez. ( $2 + 1$ ;  $3 + 2$ ;  $4 + 3$ ;  $2 + 4$ ;  $7 - 3$ ;  $5 - 2$ ) Számolási stratégiák használata megengedett Pl. ujjak, pontok, számegyenes, stb.



---

### 13. Táblázat NSS feladatsorai

#### *Számolási képesség*

A számlálás általános és lényeges feladatnak tekinthető. Az elveinek helyes alkalmazását már az óvodás gyermekektől elvárják, hiszen a tipikusan fejlődő gyermekek biztosan képesek használni. A testben a gyermekek horizontális elhelyezéssel, homogén kollekciónban, alacsony elemszámmal egy az egynek való megfeleltetéssel alakzatokat (csillagokat) számlálnak. A számlálás elvárt iránya balról jobbra mutató (Jordan et al. 2012). A számlás helyességének mértéke, hogy a gyermekek képesek követni mozgással a megszámlolt tagokat, vagyis a kimondott számnév szinkronban van megérintett elemmel.

Járulékos képesség a számossági elv alkalmazása, vagyis annak megértése, és használata, hogy egy elemeket csak egyszer kell megszámlálni és az utolsó kimondott számnév a halmaz teljes számosságát jelöli (Jordan, Levine, 2009). Amennyiben a

gyermek a vizsgálatvezető kérdésre: „*Mennyit számoltál az imént?*” újra számlálni kezdenek, feltételezhető, hogy anélkül számlálnának, hogy értenék a számossági elvet. Végül fontos, képesség még a számsor produkciója, vagyis számlálással a számnevek helyes sorrendben történő felsorolása, legalább a 10-ig, maximálisan 20-ig. Előfordulhat ebben a helyzetben, hogy a gyermekek nem ismerik a számneveket, vagy nem képesek tartani a megfelelő szekvenciát.

#### *Számismeret*

Arab számok kiolvasása feltételezi, hogy kialakult a kapcsolata a vizuális-verbális rendszer között. Dehaene (1992) *hármás kód modell* értelmében a számok megnevezése szemantikus úton történik a vizuális verbális kódolás segítségével. Ezt a képességet a gyermekek tanulás útján érik el és egyben utal a nyelvi képességek működésére is. Jordan és mtsai (2012) szerint az óvodás kor végére a gyermekek képesek 1 – 10 között felismerni a számképeket, azonban 11 – 19 közötti számok megnevezése a nyelvi sajátosságok miatt már nehézséget okozhat a korosztálynak. Ésszerűnek megoldásnak tartották pszicholingvisztikai megfontolásból, ha ebben a helyzetben az óvodáskorú angol nyelvű gyerekek tíz-egy, tíz-kettő, tíz-három stb. módon nevezték meg a számokat.

#### *Mennyiségek összehasonlítása*

Hallott és látott számok mennyiségének összehasonlítási alapja, hogy a gyermekek megértik a számok lineáris elrendeződését (Baroody, Eiland, Thompson, 2009), használni tudják a mentális számegyenessel kapcsolatos tudásukat, ami szintén kapcsolatos a matematikai teljesítménnyel (Both, Siegler, 2006). Ahogy megértik a számok egymás utáni elrendeződését, értelmet nyer a számok érték szerinti kategorizálódása, vagyis egy szám eggyel több, mint az előtte álló és eggyel kevesebb az utána következőnél. Ez bázis képesség a számérzékekben, mert alapja lesz a számtani műveleteknek, annak a tudásának, hogy összeadáskor tényezőkhöz viszonyítottan a mennyiség növekedni, kivonáskor pedig csökkenni fog.

Egyúttal az is fontos fejlődési kritérium a képességben, amikor a gyermekek az összehasonlítási ítéletet látható fizikai mennyiség nélkül is képesek már helyesen megtenni (Jordan, et al. 2012). Ennek egyik megelőző képessége a „*szám után következő*” tudása. Néhány gyermek már óvodás korban is képes megnevezni a soron következő számot (az adott számtól jobbra következőt), amihez segítség lehet, hogy elszámolnak magukban a kívánt számig. Azonban ettől nehezebb feladat, amikor „*szám*

*után kettővel*”, a következőt számnevet kell megnevezni, mert itt már a mennyiséget kell társítani (Jordan, et al. 2012). A legnehezebb feladat ebben a szubtesztben a számtani távolság meghatározása: „*Melyik szám áll közelebb az 5-höz, a 6, vagy a 2?*” Ennek megoldásához nélkülözhetetlen a számok lineáris reprezentációjának tudása.

### *Nem-verbális számolás*

A nem-verbális számolási feladatban a gyerekek anélkül oldják meg a számtani műveleteket, hogy használnák a verbális numerikus kifejezéseket. A feladat összetettsége abban rejlik, hogy a többszörös felelet-választás mellett a mennyiség manipulációja mindvégig takarás alatt áll, továbbá a nagyobb mennyiség esetében ( $2 + 3 = 5$ ) a gyermekeknek szükségük van a szubitizációs képességre is. A legtöbb óvodáskorú gyermek képes arra, hogy a feladatot kisebb mennyiség esetében ( $2 + 1$ ) könnyedén megoldja. Nagyobb értékeknél ( $4 + 3 = 7$ ) viszont már több a mennyiség, mint amivel a gyerekek képesek lennének szubitizációra. Kis számosságok szubitizációja gyorsan és hibátlanul lezajlik, de nagyobb mennyiség és elemszám növekedés esetében nő a hibázások száma (Jármi, 2012).

### *Szöveges feladatok*

Óvodáskortól egyértelműen megfigyelhető, hogy a gyerekek a számtani műveletek során stratégiákat használnak elemek összeadására. A leggyakoribb mód az ujjaik használata, ami fogalmilag egyszerű, de lelassíthatja az algoritmust. Fejlődési útvonalluk szerint az iskolai oktatás előtt eljutnak a „*minimumstratégiáig*”, vagyis két szám összeadásakor a nagyobb számtól számolnak tovább, addig amennyi a kisebb szám értéke. Tehát már öt évesen intuitív módon értik a kommutativitás szabályát (Dehaene, 2003).

### *Számkombinációk*

Ebben a helyzetben számképeket látnak a gyerekek. A számtani művelet végrehajtásához nem állnak rendelkezésre tárgyak, még képzeleti szinten sem. Általában az előző, szöveges feladatban használt stratégiák lesznek a célravezetők. Esetek többségében a memorizált tényezőket használják („*Anyukám tanította*”) a megoldásaikban anélkül, hogy megértenék a műveletet (Jordan et al., 2012).

### **3.3 Number Sense Screener kapcsolatos problémafelvetés, a vizsgálati kérdések megfogalmazása**

Az NSS teszttel történő számérzék vizsgálata a nemzetközi kutatásokban kizárólag előzetes, formális képzésben (preschool) részesült gyermekek csoportjaiban zajlottak. A hazai óvodáskorúak számérzék fejlődése azonban tevékenységbe ágyazottan, kötetlen didaktikai keretben folyik és a fejlesztés nem fordít külön hangsúlyt a számérzék fejlesztésére (Óvodai nevelés országos alapprogramja, 2013). Véleményünk szerint ebben az életkori csoportban elsődlegesen a számok intuitív megértését tudjuk mérni, ami előfutára az iskolai matematikai ismereteknek (Dehaene, 2003). Az előzetes numerikus fejlődési kutatások eredményeiből kiindulva feltételezzük, hogy a hazai óvodáskorú gyermekek alkalmasak lesznek az egyes próbák elvégzésére és sikeres teljesítményt nyújtanak majd a számlálás, a mennyiség megítélés és nem-verbális műveletek szubtesztjeiben.

A számérzék vizsgálatunk célja így több területen került megfogalmazásra. Elsődleges célunk az volt, hogy tapasztalatot szerezzünk hazai mintán a tipikusan fejlődő öt és hat éves gyermekek teljesítményének sajátosságairól és megismerjük az egyes szubtesztekre adott tipikus válaszokat. Az előzetes elvárásunk szerint továbbra is fenntartjuk, hogy a szűrőlejárás alkalmazásával diszkriminálni kívánjuk a számérzék területein nyújtott teljesítményeket életkori csoportok szerint. A számérzék vizsgálatunk második szakaszában majd az atipikusan fejlődő öt éves koraszülöttek számérzék fejlődési sajátosságait is mérni kívánjuk.

A tipikusan fejlődő két életkori csoport vizsgálatában több elméleti kérdés is felmerült:

- Elgondolásunk szerint a számlálási próba kivételével a természetes fejlődés alapján a szubtesztekben különbség várható a két életkori csoport között. Elvárásunk alapja, hogy a számlálás már fiatalabb életkorban stabilizálódik, így a kis elemszámú halmaz tagjainak megszámlálása és a 10-es számkörben történő elszámolás mindkét korcsoport számára teljesíthető feladat lesz (Csépe, 2005).
- 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).

- 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).
- Feltételezésünk szerint különbség várható az aritmetikai műveleteknél a stratégia használat szerint a két életkori csoportban. Az életkorral haladva a gyermekek megértik a műveletek lényegét (Csépe, 2005), hat éves kor után számolási algoritmusok intenzíven fejlődnek, új számolási stratégiákat próbálnak ki (Dehaene, 2003).

### **3.4 Vizsgálati módszer: vizsgálat alanyai, vizsgálat menete (Vizsgálat III)**

#### *Vizsgált minta életkorának kiválasztása*

A kiválasztás szempontjai közül a következőkre fókuszáltunk:

- az NSS szűrőteszt 5 éves kortól méri a számérzék területeit
- az óvodáskor a numerikus képességek fejlődésének egyik fontos időszaka (Gelman, Meck, 1983, Briars, Siegler, 1984), továbbá kitüntetett periódus a fejlesztés szempontjából is, mert hangsúlyossá válik az óvodai nevelésben ettől az életkortól az iskolai előkészítés
- mivel nem áll rendelkezésünkre magyar standard percentilis érték, ezért szükséges gondoltuk legalább két életkori csoport válogatása

Terveink szerint a kutatásunk ebben a szakaszában elsősorban információkat gyűjtöttünk a tipikusan fejlődő gyermek numerikus képességeiről és annak megismerésének lehetőségeiről. Amint azt korábbiakban már jeleztük az érvényben lévő Óvodai nevelés országos alapprogramja (2013) szerint a matematikai képesség a *Külső világ tevékeny megismerés* témakörébe ágyazottan játékos formában előirányzott. Hangsúlyozottan tevékenységbe ágyazottan irányozza elő a mennyiségi, az alak, a nagyságbeli-, és téri viszonyok ismeretét. Elsődlegesen a szemléletformálást és az

ítéletalkotás képesség fejlesztését célozza meg és mellőzi a numerikus-tudás didaktikus átadását. Ezt figyelembe vettük a szűrő feladatnál a gyermekek válaszaiban.

#### *Minta jellemzése*

A vizsgálatban a gyermekek kiválasztásában az intézmények pedagógusai segítettek. A kiválasztásban főbb szempontjai:

- életkor
- normál intellektus
- neurológiai tünetektől mentes
- eltérő urbanizáció
- középosztálybeli családok

A vizsgálatot a szülők a tájékoztatás után önként vállalták és engedélyezték gyermekek szűrését. A minta összetétele a következőképpen alakult: 5 évesek 61 fő, átlag életkoruk 4,9 év, és 6 évesek 47 fő, átlag életkoruk 6,2 év (14. táblázat).

	N	Fiú /Lány	Életkor átlag	Szórás	Range
5 évesek	61	27 /34	4,97	,24454	,80
6 évesek	47	22 /25	6,16	,39624	1,20

**14. Táblázat vizsgálatban résztvevő óvodáskorú csoport jellemzői**

#### *Módszer*

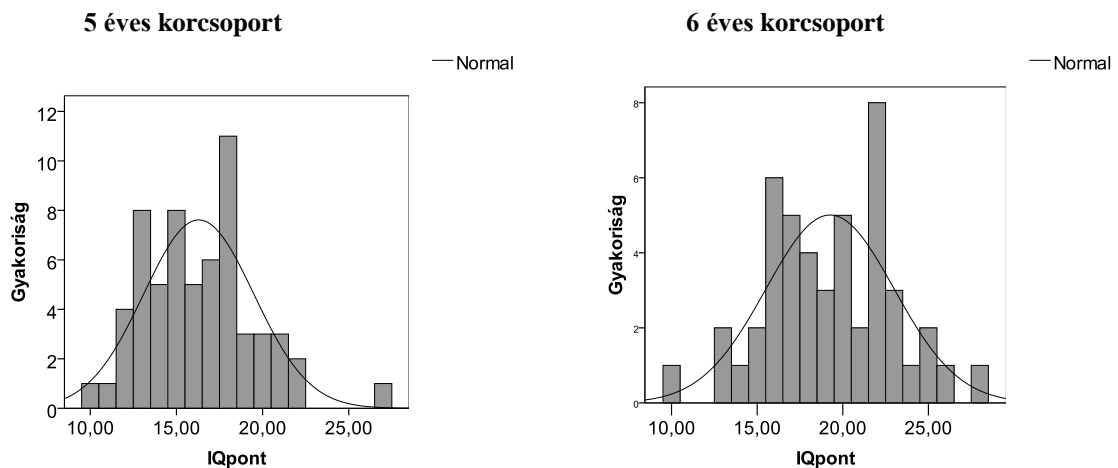
A numerikus képesség mérése az NSS szűrőeljárással 15-20 percet vett igénybe, egyéni teljesítőképesség függvényében. A vizsgálatához kiegészítésként szükséges volt elkészíteni 10 db 2 cm átmérőjű fekete zsetonokat, a nem-verbális számoláshoz, a numerikus helyzet takarására egy 20 x 30 x 5 cm magas doboztetőt, rövidebbik oldalán háromszög formájú nyílással, illetve egy 20 x 30 cm nagyságú dekorgumiból készült fehér lapot a zsetonok elhelyezésére. Minden gyermek számára biztosítottunk grafitceruzát és azt a fénymásolt lapot, amelyen horizontálisan elhelyezett fekete korongok illetve számegyenes volt látható eredetileg a tesztalkotó ajánlásával. A vizsgálatban használt teszthez egyelőre nincs rendelkezésre álló hazai standard. A NSS szűrőeljárást kizárólag óvodáskorúak számérzék képességének mérésének kipróbálására alkalmaztuk az alkotó hozzájárulásával.

Az intelligenciakomponenst a *Színes Raven Progresszív Mátrixok* teszt használatával mértük. A perceptív, nem-verbális teszt induktív feladatai az általános intelligencia (g – faktort) két összetevőjét az edukatív és reprodukatív képességét méri (Raven, 2000). A teszt megoldása komplex logikai műveletet kíván, a mintázat szabályosságának felismerésével, a sorrendezési elvek megértésével és az egységek mérlegelésével. Az intellektus vizsgálatát a szűrőeljárás alkalmazása előtt végeztük el (15. táblázat).

	Raven pontszám	SD	Min.	Max
5 éves	16,29	3,1955	10	27
6 éves	19,21	3,5195	13	28

15. Táblázat Raven teszt statisztikai adatai 5 és 6 éves korcsoportban

Az életkor és az IQ adatok eloszlásának normalitását a vizsgált létszámtól függően ( $N < 50$ ) *Kolgomorov-Szmirnov* és a ( $N > 50$ ) *Shapiro-Wilk* statisztikai próbával ellenőriztük (10. ábra). Az eredmények szerint az öt éves ( $D_{(61)} = ,965$ ,  $p = ,200$ ) és a hat éves ( $W_{(47)} = ,985$ ,  $p = ,818$ ) korcsoportban egyformán magas szignifikancia értéket kaptunk, ezért mindkét életkori mintánk az intellektust tekintve normál eloszlásúnak tartjuk (12. ábra)..



12. ábra Intellektus és az életkor eloszlásának vizsgálata 5 és 6 éves korcsoportban



### 3.5 Vizsgálati eredmények

Az elemzés első lépéseként megvizsgáltuk az intelligencia értékeit az NSS összesített pontszámára és a szubtesztokban elért teljesítményre vonatkozóan. Az együttjárás minden vizsgált helyzetben fennáll (16. táblázat). A legerősebb korreláció a *nem-verbális számolás* kivételével minden helyzetben jelen van. Az együttjárás a Pearson és a nem parametrikus korrelációval egyaránt igazolható.

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

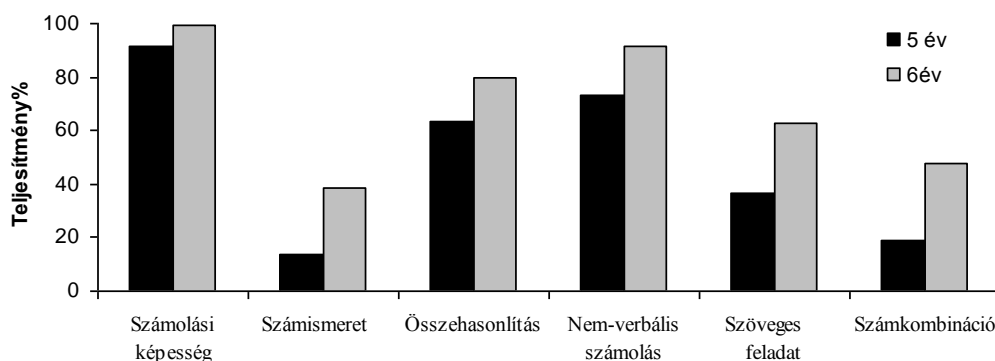
**16. Táblázat** Az NSS szubtesztjeinek és öszpontszámának és az IQ korrelációs elemzés 5 és 6 éves gyermekek csoportjában

Az adatok további elemzése előtt elvégeztük az eredmények normál eloszlásának vizsgálatát. Hasonlóan, mint az intellektus és az életkor vizsgálatánál itt is a létszám függvényében a ( $N < 50$ ) *Kolgomorov-Szmirnov* és a ( $N > 50$ ) *Shapiro-Wilk* statisztikai próbákat alkalmaztuk (17. táblázat). Az eredmények szerint egyik feladatban sem tudtuk a normalitás feltételét igazolni (1. sz. melléklet), ezért a továbbiakban az NSS összesített eredményeinek és részfeladatainak összehasonlításában a *Mann – Whitney U – próbát* alkalmaztuk.

	5 éves korcsoport	6 éves korcsoport
<b>Számolási képesség</b> A próba (max: 3 pont)	M = 2,7869 SD= ,52009 D <sub>(61)</sub> = ,460, p < ,000	M= 2,9787 SD= ,114586 W <sub>(47)</sub> = ,131, p < ,000
<b>Számfelismerés</b> B próba (max: 4 pont)	M = ,5574 SD = ,97510 D <sub>(61)</sub> = ,631, p < ,000	M = 1,5532 SD = 1,47159 W <sub>(47)</sub> = ,826, p < ,000
<b>Összehasonlítás</b> C próba (max: 7 pont)	M = 4,4590 SD =1,65905 D <sub>(61)</sub> = ,940, p < ,000	M = 5,5957 SD = 1,32959 W <sub>(47)</sub> = ,845, p < ,000
<b>Nem-verbális számolás</b> D próba (max: 4 pont)	M = 2,9180 SD = 1,08467 D <sub>(61)</sub> = ,843, p < ,000	M = 3,6596 SD = ,56247 W <sub>(47)</sub> = ,621, p < ,000
<b>Szöveges feladat</b> E próba (max: 5 pont)	M = 1,7869 SD = 1,48453 D <sub>(61)</sub> = ,904, p < ,000	M = 3,1489 SD = 1,75671 W <sub>(47)</sub> = ,862, p < ,000
<b>Számkombináció</b> F próba (max: 6 pont)	M = 1,1311 SD = 1,61736 D <sub>(61)</sub> = ,732, p < ,000	M = 2,8723 SD = 2,23234 W <sub>(47)</sub> = ,881, p < ,000
<b>Összes pontszám</b> (max:29 pont)	M = 13,6885 SD = 4,92457 D <sub>(61)</sub> = ,922, p < ,000	M = 19,8085 SD = 5,59751 W <sub>(47)</sub> = ,949, p < ,038

**17. Táblázat Az NSS szűrőeljárás teljesítményének adatai a normalitás vizsgálat tekintetében mindkét életkori csoportban vizsgálva**

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. *13. ábrán* látható, hogy a felvétel során a jelentős eltérés mutatkozik a két életkori csoport pontszámai között. Az 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 zajlik.



13. ábra 5 és 6 éves gyermekek teljesítménye az NSS szubtesztjeiben. (Számolási képesség: A próba, Számismeret: B próba, Mennyiség összehasonlítása: C próba, Nem-verbális számolás: D próba, Szöveges feladat: E próba, Számkombináció: F próba: számkombináció)

Elemelve a részfeladatok összesített pontszámait, mind a hat esetben a két életkori csoport teljesítménye szignifikánsan eltért egymástól (18. táblázat).

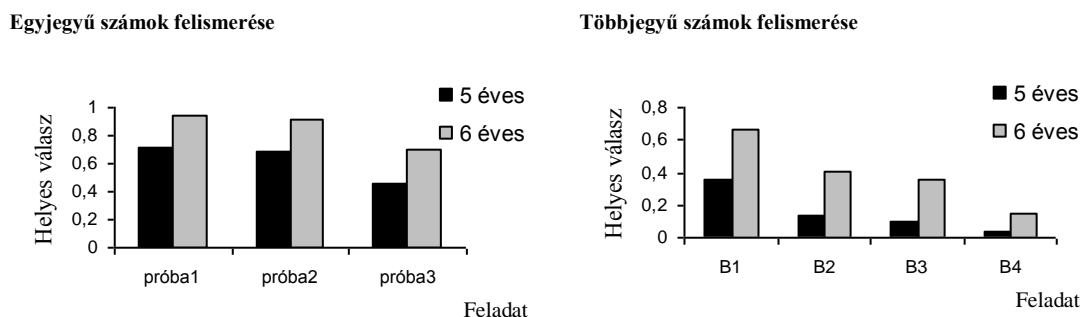
	Számolási képesség A próba	Számfelismerés B próba	Összehasonlítás C próba	Nem-verbális számolás D próba	Szöveges feladat E próba	Számkombináció F próba
<b>p &lt;</b>	,015	,000	,000	,000	,000	,000
	1227,5	850	844,5	855	803,5	788,5

18. Táblázat Az NSS szubtesztjeinek teljesítményének összehasonlítása

A következő lépésben a próbákat külön is elemeztük. Az első, számolási feladatban mindkét korcsoport helyesen használta a számossági elvet és a számsor produkcióban is teljesítették az elvárt szintet. A 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 megszámlálását.

A számismeret próbában külön elemeztük az itemeket. A feladatban az első három tétel gyakorlati próba, melyet a tesztalkotó nem értékelt a felvétel során. A feladat próbagyakorlatai kizárólag egyjegyű számokat tartalmaznak (próba1: [2]; próba2: [4]; próba3: [9]), az értékelt feladatok kétjegyű számokra (B1: [13]; B2: [37]; B3: [82]) és egy háromjegyű számra (B4: [124]) terjed ki. Mivel a mintánkban csakis óvodáskorú gyermekek vettek részt, akik formális keretben még nem ismerkednek a számképekkel,

ezért ebben a próbában külön hasonlítottuk össze az egyjegyű számok és többjegyű számok felismerését (14. ábra).



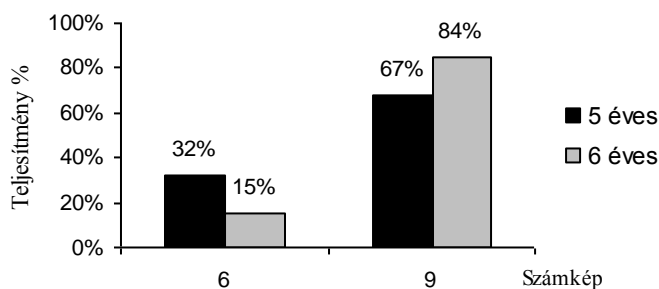
**14. ábra** Egyjegyű és kétjegyű számok felismerésének sikeressége 5 és 6 éves korcsoportban: próba 1: (2); próba 2: (4); próba 3:(9); B1: (13); B2: (37), B3: (82); B4: (124)

Az eredmények szerint az egyjegyű, a kétjegyű és a háromjegyű számok mindegyik esetében szignifikánsan eltér (19. táblázat) a két életkori csoport teljesítménye a felismerés és megnevezés tekintetében.

	5 év		6 év		Szig. ( $\chi^2$ )
	átlag	szórás	átlag	szórás	
<b>próba1</b>	,7213	,45207	,9362	,24709	,005
<b>próba2</b>	,6885	,46694	,9149	,28206	,005
<b>próba2</b>	,4590	,50245	,7021	,46227	,018
<b>B1</b>	,33607	,48418	,6596	,47898	,003
<b>B2</b>	,1311	,34036	,4043	,49605	,002
<b>B3</b>	,0984	,30027	,3617	,48569	,002
<b>B4</b>	,0328	,17956	,1489	,35987	,039

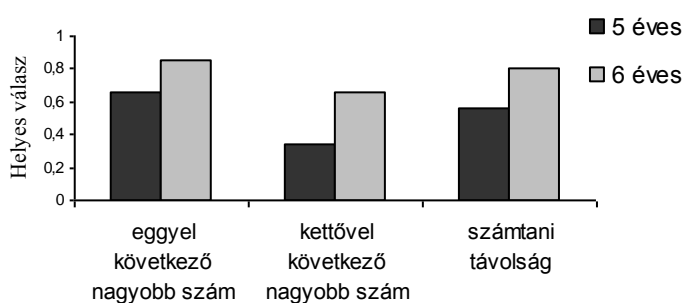
**19. Táblázat** Az egyjegyű számok (próba1, próba2, próba3) és a többjegyű számok (B1, B2, B3, B4) felismerésének és megnevezésének teljesítménye

Érdekes eredménynek tűnik, hogy a kilences szám esetében a számkép felismerés sikeressége mindkét csoportban csökken (15. ábra). A vizsgált válaszokban gyakori jelenség volt, hogy a kilences számot a hatos számra cserélték az azonosítás során. A csoportok teljesítményét százalékosan átszámolva, a 6 éves gyermekek nagyobb arányban neveztek helyesen a számot, kisebb százalékban azonosították hatosnak.



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

Elemztük a számérzék bázisképességét, a mennyiségek összehasonlítását. Azon túl, hogy a kisebb és nagyobb mennyiségeket kellett egymáshoz viszonyítani a gyermekeknek, ebben a feladatban még további három kritikus próbában mértük őket. Az egyikben az egyszerű összehasonlítás megelőző képességet vizsgáltuk, vagyis a „szám után következő mennyiség” tudását, a másodikban a mennyiség társítást „szám után kettővel” ismeretét és a harmadikban a számtani távolság meghatározását: „Melyik szám áll közelebb az 5-höz, a 6, vagy a 2?”. Az eredmények szerint (16. ábra) két esetben tért el a vizsgált csoportok teljesítménye egymástól. Az 5 éves gyermekek teljesítménye szignifikánsan alacsonyabb volt az *szám után eggyel következő mennyiség* megítélésében ( $\chi^2(1) = 5,274$ ;  $p < ,027$ ), és a számtani távolsági helyzet döntésében ( $\chi^2(1) = 7,534$ ;  $p < ,007$ ),

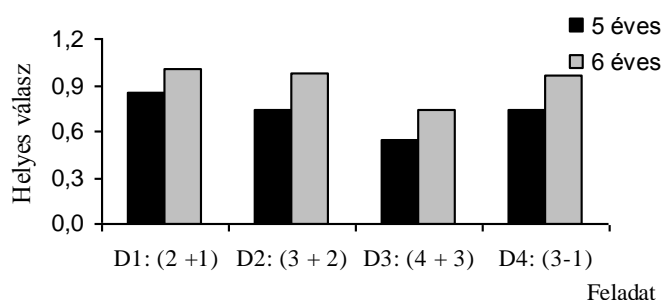


**16. ábra Mennyiségek összehasonlításának eredményei kritikus (eggyel következő nagyobb szám, kettővel következő nagyobb szám, számtani távolság) feladatokban 5 és 6 éves korcsoportban**

Azonban ahol már a számot kettővel követő mennyiséget kellett megnevezni, eltérő eredményt kaptunk. Feltételezhető, hogy a távolabb eső mennyiségek meghatározása

mindkét életkori csoport számára még nehéz feladat, a két csoport teljesítése között nem találtunk különbséget.

A következő lépésben négy nem-verbális műveleti feladatot hasonlítottuk össze a korcsoportok eredményei szerint. A 17. ábrán látható, hogy mindkét csoportban csökken a műveletek sikeressége, ahogy a műveleti tagok értéke növekszik ( $4 + 3$ ). A két életkori minta egyes összeadási és kivonási feladatai mind az alacsony értékű tagok esetében, mind a magasabb értékű tagok esetében szignifikánsan eltért egymástól (20. táblázat).



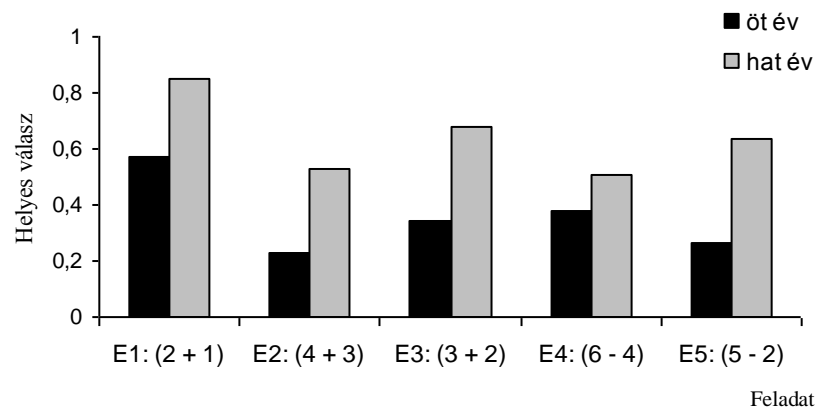
17. ábra Nem-verbális számolás összeadási (D1: (2 + 1); D2: (3 + 2); D3: (4 + 3); és kivonási feladatban D4: (3 - 1) teljesítménye 5 és 6 éves korban

	5 év		6 év		Szig. ( $\chi^2$ )
	átlag	szórás	átlag	szórás	
D1 próba (2 + 1)	,8525	,35759	1,0000	,0000	,005
D2 próba (3 + 2)	,7377	,44353	,9787	,14586	,000
D3 próba (4 + 3)	,5410	,50245	,7447	,44075	,044
D4 próba (3 - 1)	,7377	,44353	,9574	,20403	,003

20. Táblázat Nem-verbális számolás teljesítményei 5 és 6 éves korcsoportban

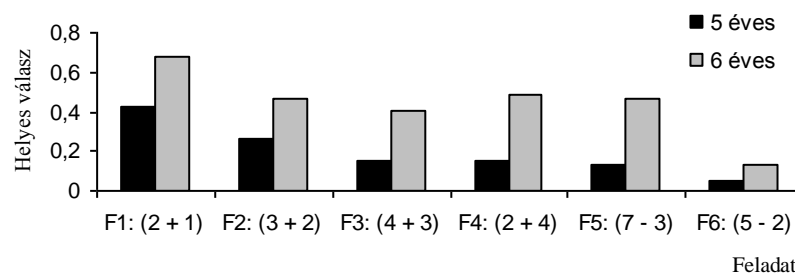
Továbbiakban elemeztük a szöveges helyzetbe ágyazott műveleteket (18. ábra). A nemzetközi vizsgálatok (Jordan, et. al, 2012) és a saját hipotézisünk szerint is a hazai mintánkra vonatkozóan úgy gondoljuk, hogy a gyermekek ebben az életkorban az észlelhető mennyiségekkel sikeresebben oldják meg az aritmetikai műveleteket, ezért külön elemeztük a verbális, szöveges helyzetbe ágyazott (*E próba*) és a nem-verbális (*D próba*) műveleti helyzeteket korcsoportonként. Eredményeink szerint Wilcoxon próbával vizsgálva szignifikáns különbséget találtunk az 5 éves ( $z = -5,794$ ;  $p < ,000$ ) és

a 6 éves ( $z = 4,410$ ;  $p < ,000$ ) korcsoportokban egyaránt a két feladattípus összehasonlítása során.



**18. ábra Szöveges feladatok összeadási (E1: (2 + 1); E2: (4 + 3); E3 (3 + 2) és kivonási (E4: (6 - 4) ; E5: (5 - 2) feladatok teljesítménye 5 és 6 éves korban**

A számkombinációs feladatot összességében elemezve, a 18. ábrán jól leolvasható, hogy az öt évesek teljesítménye jelentős eltérést jelez a hat évesekéhez képest (21. táblázat).



**19. ábra Számkombinációs feladatok összeadási (F1: (2 +1); F2: (3 + 2); F3: (4 + 3); F4: (2 + 4)) és kivonási (F5: (7 - 3); F6: (5 - 2) teljesítményei 5 és 6 éves korban**

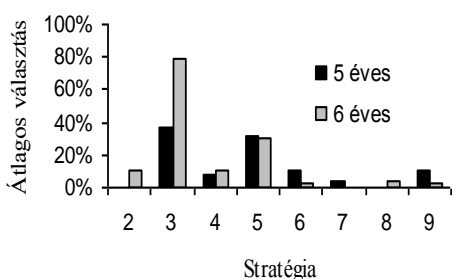
Részletesen tanulmányozva ezt a különbséget (21. táblázat) minden egyes próbában igazolni tudtuk. Azonban az utolsó kivonási helyzetben az elvégzett Khi-négyzet próbával nem találtuk szignifikáns eltérést ( $\chi^2(1) = ,565$ ;  $p < ,466$ ), a két csoport között teljesítménye között.

	5 év		6 év		Szig. ( $\chi^2$ )
	átlag	szórás	átlag	szórás	
F1	,4262	,49863	,6739	,47396	,012
F2	,2623	,44353	,4681	,50437	,041
F3	,1475	,35759	,4043	,49605	,004
F4	,1475	,35759	,4894	,50529	,000
F5	,1311	,34036	,4681	,50437	,000
F6	,04992	,21804	,0851	,28206	,466

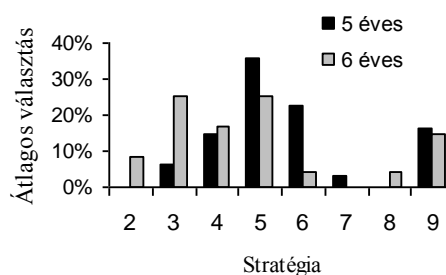
21. Táblázat A számkombinációs feladatok teljesítményének összefoglaló táblázata

A kutatásunk további lényegi kérdése, hogy a használt megoldási stratégiák milyen megoszlásban jelentkeznek a műveleti feladatokban. Az elemzést több lépésben végeztük. Először tanulmányoztuk az egyes feladatokban használt stratégiák gyakoriságát, majd elemeztük az életkorok szerinti különbségeket, végül megvizsgáltuk az egyes stratégiák hatását az aritmetikai feladatok tekintetében. Vizsgálati tapasztalataink 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 (20. ábra)

Szöveges feladat stratégia használatának gyakorisága



Számkombinációs feladat stratégia használatának gyakorisága

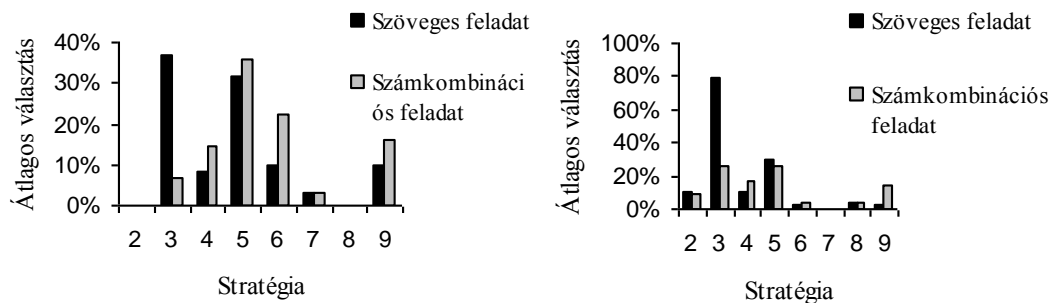


20. ábra. Használt stratégiák (2: rajzolás; 3: szám és pontlista; 4: ujjak használata; 5: eszköz nélküli számolás; 6: gyors válasz; 7: teljes elszámolás; 8: tagoktól számolás; 9: nem megfigyelhető) megoszlása a szöveges (E próba) és a számkombinációs (F próba) feladatokban 5 és 6 éves korcsoportban



Megvizsgálva az egyes stratégiák alkalmazásának gyakoriságát, és úgy találtuk, hogy két esetben, a pontlista ( $t = 11,443$ ;  $p = ,375$ ) és az ujjak használatában ( $t = ,836$ ;  $p = ,509$ ) nincs szignifikáns különbség a használatot tekintve az életkori mintáinkban (21. ábra). Érdeemes külön kiemelni, hogy az öt évesek egyik feladatban sem használták rajzolást (2. stratégia) és a hozzáadandó tagtól való elszámolást (8. stratégia).

5 évesek stratégia használatának gyakorisága 6 évesek stratégia használatának gyakorisága



21. ábra Használt stratégiák a szöveges és számkombinációs feladatokban (2: rajzolás; 3: szám és pontlista; 4: ujjak használata; 5: eszköz nélküli számolás; 6: gyors válasz; 7: teljes elszámolás; 8: tagoktól számolás; 9: nem megfigyelhető) megoszlása a szöveges (E próba) és a számkombinációs (F próba) feladatokban 5 és 6 éves korcsoportban

Végül a használt stratégiák hatását elemeztük egyszempontos ANOVA próbával és 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 csoportban egyformán a harmadik stratégia tűnt a legerősebb hatásúnak. A *számkombinációs feladatban* ezt egyik korcsoportban sem tudtuk igazolni.

Összegezve a vizsgálataink szerint egyértelműnek kitűnik, hogy az öt éves csoportnál valamennyi feladatban megmutatkozik a kisebb teljesítmény, ami párhuzamosan halad a hat éves korcsoport teljesítményével. Igaz, hogy a fiatalabbak teljesítménye redukáltabb eredményt tükröz, de a válaszaik azonos tendenciájúak.

### 3.6 Megvitatás

A vizsgálatunkkal magyar óvodáskorú gyermekek számérzékének eddig még nem kutatott területét kívántuk elemezni. Az általunk használt NSS szűrőeljárás eredményei az előzetes nemzetközi tapasztalatokkal részben megegyező, és néhány azzal ellentétes

fejleményhez vezetett. A korábbi nemzetközi elemzések, olyan eredményeket mutattak be, amelyekre már a formális matematikai oktatás tényezői is hatottak. A vizsgálati tapasztalatink szerint a szűrőeljárás a hazai óvodáskorú mintán életkorok szerint diszkriminál. Az NSS összesített teljesítményében a hat éves gyermekek jobb teljesítményt mutatnak.

A számlálási képesség alapvető a kisebb mennyiségek megértésében (Baroody, Lai, Mix, 2006). A megszámlálási és megnevezési helyzet, illetve a számossági elv használata tízes számkörben, az óvodáskor vége felé tipikusan elvárt helyzet, mert ebben az életkorban a *standard irányelvének* és az *egymásutániség elvének* alkalmazása alapvető szintnek tekinthető (Briars és Siegler, 1984), ahogy a számolás balról jobbra haladó elvárt iránya is (Jordan et al, 2012). A hipotézisünknek megfelelően a vizsgált mintánkba tartozó gyermekek tartották a számlálás és az elemek megérintésének szinkronját. Elvárásunkat igazolta az a tény is, hogy az ordinalitás reprezentációja 5 éves kortól már jelen van (Csépe, 2005). Mindkét csoport megtartotta a számlálás sorrendjének relevanciáját is, hiszen már az öt évesek helytelennek gondolják, hogy a számlálás bármely elemtől elkezdhető (Gelman, Meck, 1983).

Különbséget az elemek megszámlálásának irányában találtunk. A két csoport eltérése arra utalhat, hogy az öt évesek az iránytartása még inkonzekvens. A számlálás megfelelő irányú tartása az óvodáskor végére jelenik meg, amelyet megerősít standard irány elvének és az egymásutániség elvének megtartása (Briars, Siegler, 1984). Továbbá az is fontos tény, hogy a számlás irányán elvének alappillére a numerikus-téri asszociáció. Ahogy az olvasás iránya (balról jobbra vs. jobbról balra), úgy az elemek megszámlálása is kultúra specifikus. Elsajátítása 3 éves kor után indul és a téri tudás, illetve a korai olvasási élmény befolyásolhatja (Shaki, Fischer, Göbel, 2012).

A számismeret próbában külön elemzett egyjegyű és többjegyű számok eltérő eredményeket mutattak. A számspecifikus hatás életkori tényezője mögött feltehetően a számokkal való tapasztalatok állnak (Jármi, 2013). Az egyjegyű számok felismerése a legtöbb óvodáskorú gyermek számára nem okoz nehézséget, mert négy éves kor után biztosan felismeri segítség nélkül a számképeket 1 – 10 között (Methe, et al., 2008, Jordan, et al., 2012). Vizsgálatunkban a két csoport teljesítménye jelentősen eltért egymástól. Ez az eredmény megerősíti a korábbi vizsgálatokat, hogy 5-6 éves kor között jelentős előre lépés történik az arab számok felismerésében (Jármi, 2012). Az életkori hatást tekintve kivételes, hogy az egyjegyű számok közül a kilences szám megnevezésekor mindkét korosztályban meredek esést tapasztaltunk. A gyakori csere (9

vs. 6) mögött feltehetően a szám téri pozíciójának a téri-vizuális észlelés érese is állhat, hiszen ebben is jobb eredményt mutattak a 6 évesek. Elgondolásunk szerint azonban ez hatás nem írható teljes mértékben ennek a területnek számlájára, mivel később vizsgálatunkban korrelációt találtunk a téri munkamemória és a számismeret között (lsd. lejjebb). Az egyjegyű írott számképekkel szemben a többjegyű számképek felismerésének hatékonysága a különböző számkörökben való jártasággal is összefüggésbe hozható. A többjegyű számok azonosítása során a számokat számjegyekre bontva olvassuk ki és a megnevezést az egyjegyű számok nevének jobb hozzáférhetősége gyorsítja (Jármi, 2013), amely megmagyarázhatja a 6 évesek sikeresebb teljesítményét.

A mennyiségek összehasonlításában nyújtott teljesítményeket érdemes a szubtesztek alapján külön elemezni. Tény, hogy a számalapú összehasonlítás 5 éves kor körül jelenik meg, egyes kultúrákban függetlenül az iskoláztatástól (Csépe, 2005). Ez az életkori határ annak ellenére fontos, hogy a felnőttek válaszyorsaságához viszonyítva a gyermekek reakciója lassabb, ami a frontális területek későbbi érésével hozható összefüggésbe (Temple, Posner, 1998). Az életkori hatások szelektivitása nyomon követhető a vizsgálatunk kritikus próbáiban. Annak tudása, hogy az egyes számot követő következő mennyiség eggyel több az előzőhöz képest nem egyszerűen az összeadás és kivonás problémája. Ehhez szorosan kapcsolódik a számlista mozgatása (Jordan et al., 2012) és a számok lineáris reprezentációja. Ebersbach és munkatársai (2008) szerint ez a lineáris reprezentáció óvodás korban jelen van. Véleményük szerint a gyermekek a numerikus nagyságmegítélésben horgonypontokat használnak, ami 5 éves kortól igazolható. A vizsgálatunk szerint az analóg nagyságrepresentáció életkori változója kizárólag akkor jelez különbséget, amikor eggyel nagyobb számot kell megnevezni a két csoportnak. Viszont ez a különbség már nem igazolható nagyobb, két szám távolsága esetében. Ez a feladat azért is nehéz, mert a „kettővel több” ismerete mellett a kettő mennyiségének asszociációja is szükséges (Jordan, 2012). Kutatásunk nem tért ki a gyermekek szociális háttérének elemzésre, azonban Jordan és munkatársai (2009) spontán érés mellett a szocioökonómiai tényezők hatását is igazolni tudták ebben a képességben. További különbséget bizonyítottunk a két vizsgált csoport között a számtani távolság meghatározásában. Úgy tűnik, hogy a lineáris reprezentáció erősebb a hatéves korcsoportban. Eredményeink összhangban vannak más fejlődési vizsgálatok numerikus és nem numerikus helyzetek távolsági hatásával (Girelli et al., 2000). Az aritmetikai feladatok közül a nem-verbális helyzetben, teljes mértékben a szöveges helyzetekben és a számkombinációs feladataiban pedig részben igazolni tudtuk a feltevéseinket. A két életkori csoport teljesítménye eltér egymástól, az idősebb gyermekek

sikeresebben kezelik az algoritmusokat. A nemzetközi tapasztalatokhoz hasonlóan az általunk vizsgált életkori csoportokban is megfigyelhető, hogy a szöveges feladatokban kevésbé sikeresek a gyerekek, mint abban a helyzetben ahol a tárgyak részben észlelt (takarás) formában vannak jelen. Így olyan feladatokat tudunk azonosítani a szűrőeljárásban, ami a hazai mintában is még kihívás elé állítja mindkét életkori csoportot. Egyetértünk azzal a ténnyel, hogy a szöveges feladatban a rendelkezésre álló eszközök (rajz, lineárisan elhelyezett pontok, számképek) ellenére még a fejben elvégzett a számolás, az elemek emlékezetből történő visszahívása, vagy az inverzió alkalmazása még érés előtt áll, mert ezek jelentős szemantikai ellaborációt igényelnek (Jármi, 2012). Annak ellenére egyetértünk vele, hogy Bryant és munkatársai (1999) szerint 5- 6 éves gyermekek már rendelkeznek az alpműveletek inverziós belátásával. A nem-verbális szubtesztben más kutatásokhoz mérten (Levine és Jordan,1992) mi is hasonlóan tapasztaltuk a hibázások számának növekedését a műveleti mennyiség mértékének függvényében. Az óvodáskorúak többsége alkalmas arra, hogy az első két feladatot ( $[2 + 1]$ ;  $[3 + 2]$ ) eredményesen megoldják (Jordan, et al. 2012). Azonban ahogy emelkedett az összeadásokban a műveleti tagok numerikus nagysága, úgy csökkent mindkét korosztályban a számolás pontossága. A verbális vs. nem-verbális helyzeteket sikerességének viszonya a saját kutatásunkban megfelel a szakirodalomban előzőekben közölt eredményekhez. Mindkét csoport eredményesebben teljesített a nem-verbális műveletekben. Feltételezhető, hogy ebben az életkorban a vizuálisan észlelhető mennyiségek támogatják a számolást így hatékonyabbá válnak műveleti algoritmusok. A nem-verbális számolási feladatok sikerességét az a tény is megerősíti, hogy 5- 6 éves gyermekek már megértik és használják az elemi összeadási és kivonási elgondolásokat (Bryant, et al., 1999). Habár a számkombinációs feladatban szignifikáns különbséget találtunk alacsony numerikus értékű műveleti tagok esetében a hat évesek javára, mégis úgy gondoljuk, hogy ez a terület meghaladja mindkét korosztály numerikus teljesítményét.

A számrepresentációs képesség további fejlődésnek egyik meghatározó tényezője a kisgyermekkorától kezdődő számolási algoritmusok megjelenése, ezért lényeges átgondolni a használt stratégiák jelentőségét. A műveletekhez spontán, vagy utánzás révén több direkt módszert választanak a gyerekek. Az elemzéseink szerint úgy tűnik, hogy az életkori sajátosságok miatt egyes eljárást kevésbé, vagy egyáltalán nem használnak (rajzolás, írás) az óvodások, illetve a feladat típusa megváltoztatja a stratégiaválasztást. Egyes elgondolások szerint, az hogy a gyermekek sikeres metódust használnak többek közt azt is jelentheti, hogy már értik az alpműveletek lényegét (Csépe, 2005). A vizsgálatok szerint a legpreferáltabb az ujjakon történő számolás mellett a folyamatos verbális

elemszámlálás, vagy a hosszú távú memóriatárból történő visszahívás (Jordan et al., 2012). Az eredmény előhívási bizonytalanságában azonban inkább az ujjakra, vagy a verbális számlálásra térnek vissza (Csépe, 2005). Meglepő eredménynek tartjuk ezzel szemben, hogy a vizsgálatunkban az óvodások kevésbé használták az ujjukat a megoldáshoz, annak ellenére, hogy a megfigyelések szerint az első számolási algoritmusok között az ujjak használata jelentős (Dehaene, 2003). Ez abból a szempontból is érdekes, hogy a számok és az ujjak közötti kapcsolat szoros együttállást mutat, minden kultúrában a gyerekek a verbális stratégiák mellett ezen tanulnak meg számolni, és prediktora a numerikus képességeknek (Noël, 2005, Crollen, Mahe, Collignon, Seron, 2011). A gyerekek legtöbbször felismerik és használják is azt a tudást, hogy az ujjak számával a halmaz mennyisége megfeleltethető. Dehaene (1997) szerint ez az állandóan rendelkezésre álló testi-számosági reprezentáció segíti, hogy az ujjak és mennyiség közötti kapcsolat nyilvánvalóvá váljon, ami felgyorsítja a számképzet alakulását. Crollen és munkatársai (2012) ezt azért is tartják lényegesnek, mert az ujjszámolási szokás támogatja a numerikus-téri reprezentáció fejlődését. Ezt a kölcsönösségi kapcsolatot igazolni tudták 7 – 9 éves gyermekeknél.

A saját kutatásunkban a gyermekek legtöbbször a lineárisan elhelyezett pontokat, vagy eszköz nélküli számolási stratégiát használtak. A megfigyelt különbségben érdemes kiemelni, hogy a szöveges feladatok esetében jobban a vizuálisan elérhető információra támaszkodtak, ami megbízhatóvá tette a pontos eredmény kiszámolását. Ennek jelentőségét talán az a tény is alátámasztja, hogy a nem-verbális feladatok sikerességét is a részben látható mennyiségek szolgálták. A számkombinációs helyzetben a számok elérhető észlelésével megugrott az 5 évesek eszköz nélküli számolási módja, ami az emlékezeti előhívásra utalhat. A módszerek változatosságában feltehetően egyéni különbségek állnak, amelyek következetesen még a korai iskolai években is megfigyelhető (Siegler, 1988). Érdekes tény Ellis (1997) szerint (idézi: Jármí, 2012) a stratégiaválasztást nemcsak kognitív tényezők befolyásolják. Az alapstratégiához való rigid ragaszkodás bizonytalanságra, szorongásra utalhat, amely atipikus fejlődés esetében gyakori (Jármí, 2012).

### 3.7 Összegzés

Az itt bemutatott vizsgálat elsődleges célja az volt, hogy egy rövid keresztmetszeti képet adjon annak a korosztálynak a számérzék fejlődési sajátosságairól, akik még intenzív óvodai fejlesztésben részesülnek. A számérzék alapköve a numerikus képességeknek, ezért hosszútávon nem nélkülözhető az óvodai és az iskolai fejlesztő tevékenységben sem, ami további átgondolásra érdemes az intézmények alapprogramjait tekintve. Jordan és munkatársai (2012) az NSS teszt kidolgozásával alapot teremtettek a számérzék korai fejlődési sajátosságainak feltárására. Habár a tesztnek még nincs hazai standard formája, azonban úgy gondoljuk, hogy kidolgozása fontos lenne a prevenciót tekintve.

A fejlődési vizsgálatok lehetőséget adnak arra, hogy nyomon kövessük a numerikus megismerés egy-egy területét és úgy tűnik, hogy az NSS teszt átfogóan képes ezeket az alterületeket feltárni. Az előzetes kutatások alapján részletes információval rendelkezünk a kiválasztott korosztály számolási és mennyiségi információ feldolgozási folyamatairól. A számérzék fejlődéséről, a numerikus megismerésről kialakított képünk a kísérletünk alapján összhangban van Jordan és munkatársainak (2012) az óvodás korúakkal kapcsolatos tapasztalataival. Annak ellenére, hogy a hazai vizsgált mintában 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.

Kísérletünk nem tért ki a szocioökonómia tényezők szerepére. A továbbiakban kérdés lehet majd az eltérő környezeti faktorok szerepe. Szinte biztosak lehetnénk benne, hogy az interakciós helyzetek befolyást gyakorolnak a matematikai képességekre és feltételezzük, hogy erős összefüggés található a numerikus teljesítmény és a nyelvi

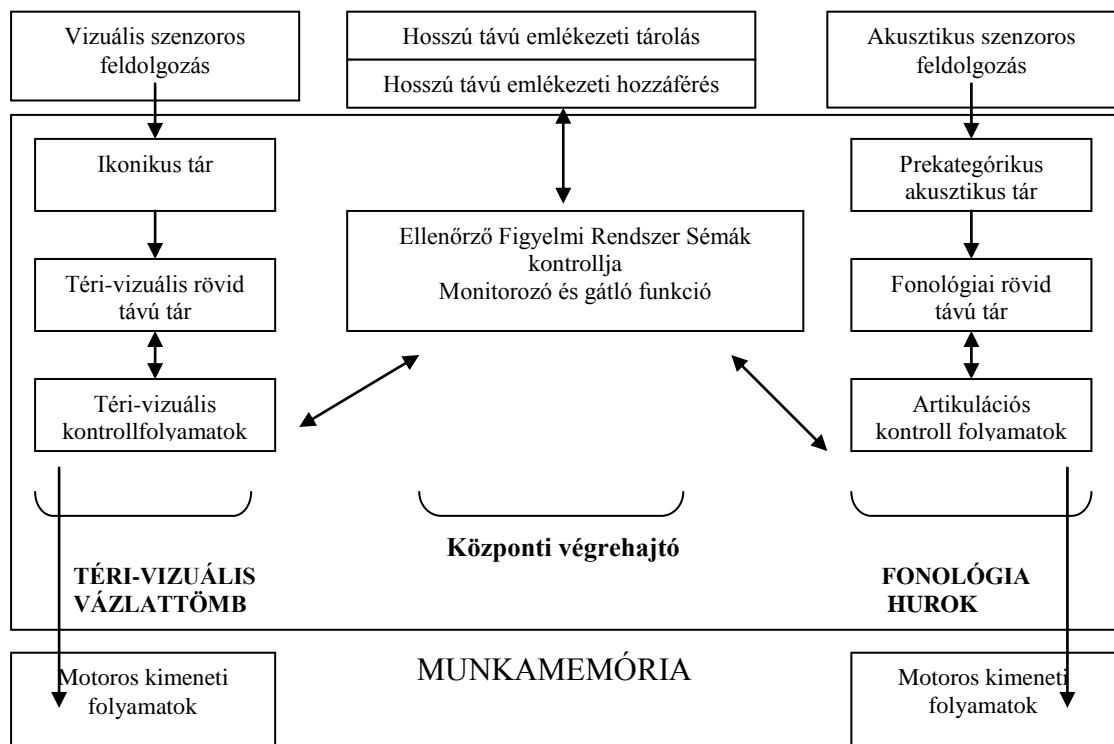
reprezentáció között. Ezt azért is tartjuk fontosnak, mert a gyermekek közvetlenül nem gyakorolják a számképek felismerést, mégis az egyjegyű számok felismerésében viszonylag eredményesebbek voltak. A kritikus 6 vs. 9 szám diszkriminációjában megjelenő pontatlanság mögött a téri-vizuális fejlődés mellett akár a környezet megerősítő szerepének hiányát feltételezhetjük.

Összefoglalva a kísérletünk szerint hazai mintán nyomon követhető az NSS szűrőeljárás szubteszteji és az itemek az életkorok között diszkriminálnak. Az eredményeink azonban arra utalnak, hogy szükséges egy széleskörű, mélyebb vizsgálat az ismeretszerzési sajátosságok miatt, hogy a szűrőeljárás alkalmas legyen differenciált mérésre óvodás korban.

## 4. MUNKAMEMÓRIA ÉS A SZÁMÉRZÉK

### 4.1 Munkamemória és fejlődési összefüggései

A rövid távú emlékezet kutatások által igazolt átmeneti emlékezeti rendszer jelentős szerepet játszik a megismerési folyamatokban (Racsmány, 2004). A korlátozott kapacitású munkamemória, melynek két alrendszere működik (22. ábra), 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 két alrendszer működésében meghatározó tény, hogy további funkcionális komponensekre épülnek. Baddeley (1986) elgondolása szerint a verbális munkamemória két eleme közül az egyiket működése szerint a nyomelhalványulás, a másikat a frissítő mechanizmusok jellemzik. 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).



22. ábra Baddeley és Hitch (1974), Baddeley (1986, 2001) munkamemória modellje (Racsmány, 2004)



A memóriakutatások jelentős figyelmet fordítottak arra, hogy a két alrendszer eltérő és azonos működési modelljeinek sajátosságait feltárják. Az elgondolások alapján feltételezték, hogy a fonológiai hurokhoz hasonlóan a téri-vizuális vázlattömb esetében is funkcionál egy tár és egy motoros ismétlési komponens. A feltételezés számos vitát indított el, ugyanis komoly kihívást jelentett a kutatók számára a komponensek elkülönítése a munkamemória viszonylag önállóságot mutató téri és vizuális elemei miatt. Továbbá a kísérleti paradigmákból szükségszerű vált az is, hogy szétválasszák a téri képzeletből és a téri-vizuális információból származó emlékezeti adatokat (Logie, 1986). Így a kísérleti helyzetek elrendezése, mint a vizuális minta reprodukálása (Della Sala, Gray, Baddeley, Allamano, Wilson, 1999) vagy a téri helyzetek felidézése (Smyth, Scholey, 1992) elsődlegesen azt célozták meg, hogy igazolják a fonológiai hurok mintájára működő téri-vizuális ingerek rövididejű megtartását. A későbbiek során a téri információ emlékezetben tartására és azzal zajló műveletekre megalkotott magyarázatok két alternatív lehetőséget vázoltak. Az egyik lehetséges elgondolás szerint a téri információ megtartása közvetett motoros folyamatokon keresztül zajlik, míg a másik elgondolás szerint a téri figyelem emelkedése támogatja a folyamatot. Az alternatív elgondolások igazolására a téri-vizuális emlékezeti vizsgálatok ezért abból a megfontolásból indultak, hogy ha a fonológia hurok esetében a szóhosszúsága meghatározó a munkamemória teljesítményében, feltételezhető, hogy a vizuális ingerek közötti távolság hatással lehet az emlékezeti terjedelemre. Ennek igazolására Scholey (1992) Corsi-kockákkal végzett vizsgálatot. A véletlenszerűen elhelyezett kockák között mért távolság és az emlékezeti terjedelem hanyatlása között azonban nem találtak összefüggést. A későbbiek során a hipotézis igazolását az interferencia paradigma tudta biztosítani. Kísérleti helyzetben, ha a tanulás és a felidézés közé zavaró feladatot tettek az befolyásolta a teljesítményt. Az interferencia azonban a zavaró inger típusától és mértékétől függött (Logie, Marchetti, 1991, Smyth, Scholey, 1992).

A munkamemória vizsgálatok hipotetikus kérdései a neuropszichológiai, patológiai vonatkozások mellett jelentős tényeket tártak fel fejlődési sajátosságokra vonatkozóan, amely így kiemelt területe lett a kognitív fejlődésnek (22. táblázat). A kitüntetett figyelem mögött több szempont is felsorakozott. Az emlékezeti teljesítményt egyrészt az intellektuális fejlődés és a performatív intelligencia alapjának tartották (Piaget, Inhelder, 1956, Wechsler, 1974), másrészt úgy gondolták, hogy a téri-vizuális kogníció fejlődését a téri-vizuális emlékezet minősége befolyásolja (Cornoldi, Vecchi, 2003). Habár a vizsgálatok elméleti és módszertani innovációja jelentősen változott az elmúlt

évtizedek alatt, alapvetően a felnőtt munkamemória tanulmányozásához hasonlóan elkülönülten kezelte a munkamemória komponenseinek fejlődési sajátosságait. A kutatások elődlegesen két kérdéskörhöz csoportosultak. Egyik része a különböző modalitásokból származó információk integrálásának és tárolásának fejlődési változásait, másik része a munkamemória megismerő funkciókra gyakorolt hatását elemezte.

Szerző	Fejlődési sajátosság összefoglalása
Dempster (1981)	Életkorral nő az emlékezeti tár, néhány perces késleltetés után: 5 évesek négy, a 7 évesek öt, 9 évesek hat dologra képesek visszaemlékezni.
Gathercole, Adams (1994)	4 – 9 éves kor között egyre nagyobb a verbális munkamemória terjedelme.
Conrad (1972), Hitch, Halliday (1983)	6 évesnél idősebbek a vizuálisan bemutatott képeket gyengébben idézték fel, ha a képek fonológiaiilag hasonlóak voltak. Ebben 6 éves kor alatt nincs különbség
Flawell (1966)	7 évesen jelenik meg a szubvokális belső ismételtetés
Gathercole, Hitch (1993)	Iskolás kor előtti kisebb terjedelmű rövid távú emlékezet mögött a szubvokális ismétlés minősége áll
Ornstein et. al (1975)	7 – 8 évesek spontán módon nem ismételtetik a megjegyzendő verbális anyagot
Cowan (1994)	8 éves kor után kapcsolat igazolható a szavak kiejtésének sebessége és a munkamemória kapacitás között
Gathercole, et. al (2004)	Munkamemória kapacitása lineárisan nő 4 éves kortól. A munkamemória változó erősségének ellenére általános hasonlóság van a viszonylag egymástól független komponensek között, amelyek szorosan kapcsolódnak a központi végrehajtó komponenshez.
Heyes et. al (2012)	A vizuális munkamemória pontossága folyamatosan alakul a közép gyermekkoron (7 éves) át a korai serdülőkorig

## 22. Táblázat A munkamemória fejlődési vizsgálatának összefoglaló táblázata

A fejlődési vizsgálatok kiemelt területe a teljesítmény növekedés kérdése volt. A neuropszichológiai tesztekkel vizsgált kapacitás-növekedés kutatások elkülönülten kezelt verbális és vizuális paradigmára osztdott. A vizsgált verbális munkamemória kapacitással egyértelműen igazolni tudták, hogy az életkori fejlődéssel a párhuzamosan nő az emlékezet terjedelme, ami nem a fonológia hurok terjedelmének változásával, hanem az ismétlési mechanizmusok gyakoriságával hozták összefüggésbe (Baddeley, et al., 1986, Racsmány, 2004). A kapacitásnövekedést a vizuális munkamemória oldalán is

igazolni tudták. Több kutatás is alátámasztotta, hogy a vizuális munkamemóriában tartható tételek száma szintén lineárisan fejlődik az egész gyermekkoron keresztül (Alloway, Gathercole, Pickering, 2006; Gathercole, Pickering, Ambridge, Wearing, 2004). A teljesítmény növekedését az ismétlési mechanizmusok mellett a birtokolt tudás (Schneider, Näslund, 1993) és feldolgozás sebessége is befolyásolja (Baddeley, Hitch, 1974). A területspecifikus ismeretek meghatározó szerepet töltenek be a fejlődés során, azonban feltételezhető, hogy az érési tényezők és a környezeti tényezők dinamikus interakciója is befolyásolja az emlékezeti funkciók alapvető változását. (Csépe, 2005).

Jelentős szerepet kapnak az emlékezet működésében a viselkedéses aktivitások, a stratégiák használata is. A fejlődésben betöltött szerepük speciális irányvonalat követ, mert a stratégiák jellemzően a kisiskolás kort követően jelennek meg (Flawell, Green, Flawell, 1993) és ezután dinamikusan (gyors és sokféle) változnak (Csépe, 2005). Érdekes jelenség a fejlődésben az is, hogy az elsajátított stratégiákat hosszú időn át nem képesek megfelelő hatékonysággal kezelni. Ez az úgynevezett „*hasznosítási deficit*” óvodás és kisiskolásoknál egyaránt kimutatható. Feltehetően a jelenség mögött egyrészt az áll, hogy időnként elvetik a hatékonynak tűnő stratégiát, vagy olyan eljárást alkalmaznak, amely bizonyos helyzetben nem segíti az emlékezet teljesítményét. Másrészt úgy tűnik, hogy a felidézési stratégiák változóak és alacsony stabilitást tanúsítanak (Schneider, Sodian, 1997, Csépe, 2005). Összefoglalva a tipikus fejlődés során az emlékezet fejlődésében a kapacitás növekedésének a stratégiák használatának, a tudás alkalmazásának interakciója jön létre, ami a kognitív teljesítmény növekedéséhez vezet.

A munkamemória-modell ma már túllépte a felnőtt és az egészséges gyermekek teljesítményére irányuló elméleti keretét és több területen deficitmintázatokat képes leírni az atipikus fejlődésben (Csépe, 2002, Racsomány, 2004, Beauchamp, Thompson, Howard, és mtsai, 2008). A specifikus kutatások egyik lényegi kérdése, hogy a megnyilvánuló tanulási nehézség mögött a munkamemória sérülésének zavara áll, vagy a munkamemória teljesítményének hiánya a tanulási zavar egyértelmű következménye (Racsomány, 2004). Az összefüggések tanulmányozása során azonban egyértelművé vált, hogy a szelektív deficittek speciálisan hatnak a munkamemória komponenseire. Vizsgálva az általánostól eltérő helyzeteket, megfigyelhető, hogy a dyslexiások esetében a fonológia hurok sérülése (Csépe, 2002), a specifikus nyelvi károsodás esetében a verbális munkamemória terjedelme károsodott (Gathercole, Baddeley, 1990),

míg a nyelvi és a téri kogníció területén sérült Williams-szindróma esetében a téri munkaemlékezet szelektív deficitje igazolható. Racsmány és munkatársai (2007) által hazai mintában először vizsgált téri emlékezet fejlődési paradigmában a legismertebb neuropszichológia eljárásokat használták. A kutatásban tipikusan fejlődő gyermekcsoport mellett agysérült és Williams-szindrómás személyek vettek részt. A Corsi-kockák feladat és a Vizuális mintázat teszt egyértelműen igazolta, hogy lemaradás igazolható a téri intelligencia alapján illesztett kontroll és a Williams-szindrómás csoport között. A vizsgálat harmadik eljárásában használt Location Learning teszt során a Williams-szindrómás személyek súlyos deficitet mutattak, ami a téri-munkamemória károsodása mellett elővételezi a végrehajtó funkciók károsodásának alternatíváját.

Sok figyelmet kiváltó koraszülött mintában is igazolható az eltérés funkcionálisan és organikusan a normál fejlődéshez képest. A koraszülött csecsemőkori memória vizsgálatok a procedurális (implicit) és a deklaratív emlékezet (explicit) teljesítményét célozták meg (Anderson, Doyle, 2014). A kutatások 12-36 hónapos korban alacsony teljesítményt igazolnak 15 perces késleltetésnél (Rose, Feldman, Jankowski, 2005, de Haan, Bauer, Georgieff, Nelson, 2000). A csökkent teljesítmény a munkamemória esetében is igazolható (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus, 2009, Anderson, Doyle, 2004), amely egyaránt jelentkezik a verbális és vizuális területen. A koraszülöttek által mutatott késleltetett vizuális memória alacsonyabb teljesítményszintje a szerzők szerint nem magyarázható gyenge vizuális észleléssel, vagy vizuális konstrukciós képességgel (Molloy, Wilson-Ching, Doyle, 2014).

A fejlődési és neuropszichológiai eredmények önmagukban hordozták a munkamemória és a területspecifikus ismeretek összefüggésének feltáró kérdéseit, ezért számos vizsgálat kereste a kapcsolatot, a specifikus ismeretek tárolásának és a hozzáféréseinek sajátosságait. További lényegi kérdés lett az a fejlődés szempontú megközelítés is, ami specifikus tartalmak előhívásának kapacitásnövekedésre irányul. A területspecifikus ismeretek tárolásának 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. Cornoldi és munkatársa (2003) külön kísérleti helyzetben vizsgálta a téri-vizuális munkamemória és a kognitív profil sajátos kapcsolatát tipikusan fejlődő gyermekek és alacsony téri-vizuális intelligenciájú gyermekeknél. Az utóbbi

csoport esetében igazolni tudták, hogy a gyenge téri-vizuális-, és matematikai képesség mögött szelektív téri-vizuális munkamemória deficit igazolható.

Ebből a megfontolásból kiindulva a továbbiakban mi is vizsgálni kívánjuk a számérzék és a munkamemória összefüggéseit, kiemelten a késői óvodáskorban, illetve egy speciális fejlődésmenetben az öt éves koraszülöttek csoportjában.

#### **4.2 Munkamemória és a numerikus teljesítmény összefüggése gyermekkorban és a hipotézis megfogalmazása**

A korábbi kutatások, amelyek az elégtelen numerikus teljesítmény hátterét vizsgálták, kapcsolatot találtak a matematikai eredményesség és bizonyos kognitív mechanizmusok között. A vizsgálatok eredményeit tekintve az alacsony matematikai teljesítmények kapcsolatba hozhatóak 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 procedurális műveletek gyengeségében mutatkozik meg (Geary, Hoard, 2001). További vizsgálatok, amelyek az életkori fejlődés sajátosságait célozták meg igazolni tudták egyrészt 6 éves kortól a munkamemória modell három különböző, de egymással összefüggő tényezőinek funkcionalitását (Gathercole, Pickering, Ambridge, Wearing, 2004), másrészt a jelentősnek gondolták a munkamemóriának az olvasásra és a matematikai képességekre gyakorolt hatást (Bayliss, Jarrold, Gunn, Baddeley, 2003). Más vizsgálatok melyek a komponensek részletes elemzésében zajlottak, további megerősítéssel szolgáltak a fonológiai hurok és a téri vizuális vázlattömb numerikus teljesítményre gyakorolt hatására (Logie, Gilhooly, Wynn, 1994, De Stefano, Le Fevre, 2004).

Habár a gyermekek körében végzett kutatások eltérő eredményeket közöltek a numerikus teljesítmény és a munkamemóriát vizsgáló statikus (statikus mátrixok) és dinamikus (dinamikus mátrixok pl. Corsi-kocka) téri-vizuális memória kapcsolatát tekintve, abban azonban egyetértenek, hogy az eredmények jól diszkriminálnak a tipikus és atipikus fejlődés között. Az eredmények szerint a munkamemória és a számérzék teljesítményének korrelációjának alapjául a numerikus tényezők nagysága, a feldolgozási/bemutatói sebesség, az életkor/ tapasztalatok, a nyelvi tényezők illetve az alkalmazott stratégiák szolgálnak (Raghubar, Barnes, Hecht, 2010).

Az előzetes numerikus-téri vizsgálat és számérzék vizsgálati paradigmánk során igazolódott, hogy mindkét terület fejlődésének 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 megvizsgáljuk a numerikus teljesítmény és a téri-vizuális munkamemória kapcsolati 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 kutatási hipotézisünk a gyermekek teljesítményét tekintve két területre fókuszált:

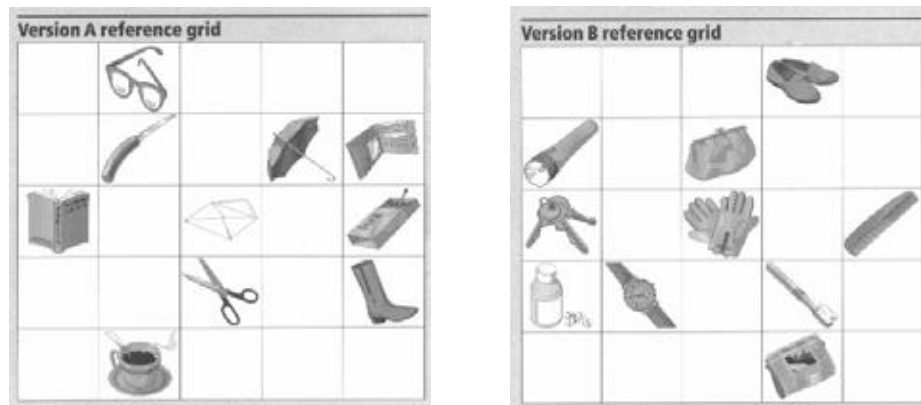
- Egyrészt mérni kívántuk a téri munkamemória és a téri tanulás kapcsolatát. Habár a korábbi kutatások, melyek egészséges felnőtt mintában zajlottak, megerősítették, hogy meghatározó egyéni különbségek mérhetőek a téri információ memorizálása során (Thorndyke, Stasz, 1980, Kozłowski, Bryant, 1997, idézi: Racsmány, 2004), mi ezzel a paraméterrel sem kívántunk foglalkozni. Viszont 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.

### 4.3 Location Learning Teszt alkalmazása óvodáskorú gyermekeknél (Vizsgálat V)

#### *Mérőeszköz*

A téri munkamemória vizsgálatához a Bucks, Willison, Byrne, (2000) által kidolgozott Location Learning Test (továbbiakban LLT) eljárást alkalmaztuk (1. kép). A teszt eredetileg felnőtt mintára standardizált. Az elsődleges elgondolás szerint idős és demenciában szenvedőknél mérte a téri-vizuális tanulás mértékét. A teszt nem igényel finom motoros vezérlés, verbális válaszokat, vagy összetett utasításokat (Bucks, Willison, Byrne, 1997).

A vizsgálat eredményéből tanulási index és félrehelyezési mutató számítható. A vizsgálatunk során a mutatók mellett a próbák alatt megtörtént a helyes felhelyezés, a felismerés és a felidézés nyers pontszámait használtuk.



1. kép. Location Learning Test A és B verziója In: Racsmány, 2009

#### *Eljárás*

A téri-vizuális memória vizsgálatban a teszt „A verzióját” alkalmaztuk. A 10 darab közismert tárgyképek random módon egy 5x5-ös mátrixban észlelhető a kísérletben résztvevő gyermeknek. A mátrix rögzített képeinek bemutatásával és rövid fixációs idő elteltével a gyermek előtt egy üres mátrixszal lefedtük az első képhálót és arra kértük, hogy az ezután átadott ugyanazokat a képeket ábrázoló kártyákat helyezze be a korábban látott pozíciókra. Összesen öt alkalommal mutattuk be ugyanazt az elrendezést, így öt alkalommal kellett a gyermeknek a képeket a mátrixba elhelyezni. Ezután 15 perces nem-vizuális feladattal eltöltött késleltetett idővel felismerési teszt következett, ahol 10 új kép közül kellett kiválasztani a korábbi képeket és felidézéssel elhelyezni újból az üres mátrixban.

### Vizsgálati minta

Mivel a numerikus teljesítmény és a munkamemória összefüggését kerestük, ezért az itt vizsgált 5 és 6 éves korcsoport megegyezett a korábbi számérzék vizsgálatban szereplő gyerekekkel.

#### 4.4 Vizsgálati eredmények

A Location Learning Test feladaton nyújtott teljesítményt több eltérő szempont szerint tanulmányozhatjuk:

- Első szempont, hogy mennyi téri pozíciót tudnak a gyermekek reprodukálni az egyes bemutatások után
- Második szempont, hogy mutatkozik-e teljesítménynövekedés a bemutatott első és az utolsó próba között
- Harmadik szempont, hogy mennyi a vizsgálat befejezésekor, a késleltetés követően a maximálisan felismert legtöbb kép
- Negyedik szempont, hogy mennyi a vizsgálat befejezésekor, a késleltetést követően a maximálisan felidézett legtöbb téri pozíció
- Ötödik szempont, az egyes próbák félrehelyezési mutatóinak és a tanulási index mutatójának elemzése
- Hatodik szempont, van-e összefüggés a numerikus képesség és a téri munkamemória egyes mutatói között.

Első lépésként vizsgáltuk a mért IQ teljesítményét a helyes felhelyezések együttljárását (23. táblázat). A korreláció a tanulási helyzetek második alkalmától jelenik meg. Erős együttljárást találtunk a még a késleltetett felidézéssel, viszont a késleltetett felismerés nem korrelál az IQ teljesítménnyel.

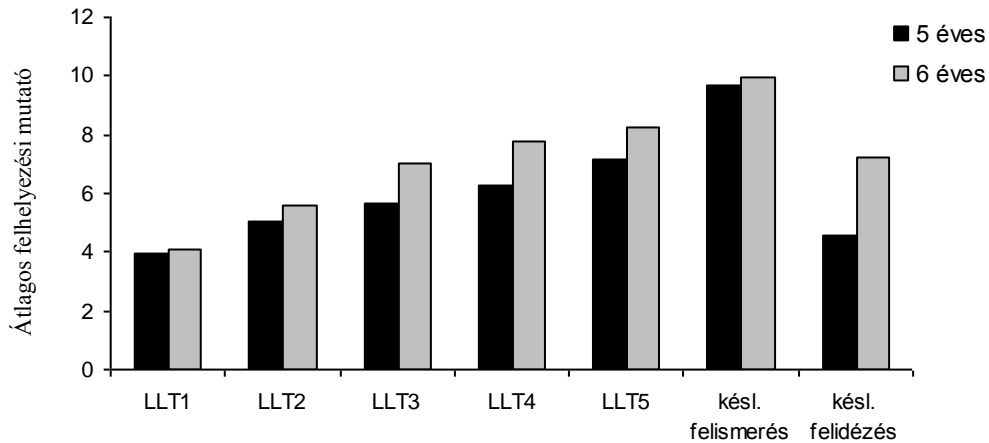
		LLT1	LLT2	LLT3	LLT4	LLT5	Késl. felismerés	Késl. felidezés
IQ	r	,159	,004	,001	,000	,000	,230	,002
	p	,110	,207**	,243**	,311*	,276**	,098	,215**

23. Táblázat Location Learning teszteredményei és az IQ korrelációs elemzés 5 és 6 éves gyermekek csoportjában

A további elemzésünkben 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 (23. ábra). 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.



23. ábra 5 és 6 éves gyermekek teljesítményei a közvetlen felidézés után mind az 5 próbában

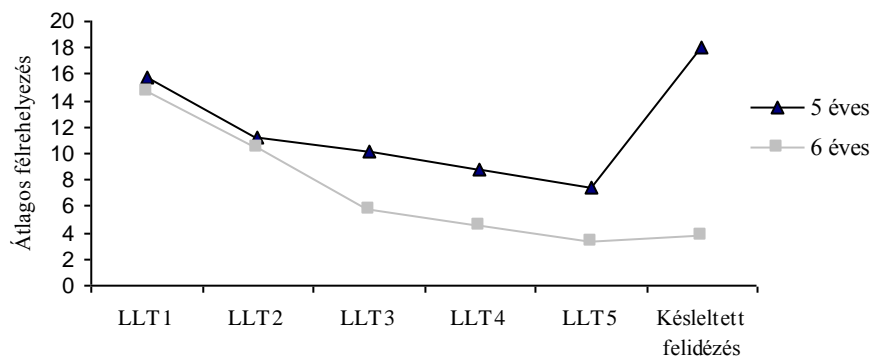
A következő lépésben összehasonlítottuk a felismerés és a késleltetett felidézés eredményeit (24. táblázat). A felismerésben jól teljesített mindkét csoport, illetve a két vizsgált mintát, plafonhatás mutatkozott. A késleltetést követően a maximálisan felidézett legtöbb téri pozíció elemzésében már erős szignifikáns különbséget találtunk az életkori csoportok között ( $t = -3,963$ ;  $p < ,000$ ).

	LLT1	LLT 2	LLT 3	LLT 4	LLT 5	Késleltetett felismerés	Késleltetett felidézés
<b>5 év</b>	3,9672	5,0328	5,6885	6,2623	7,1148	<b>9,7049</b>	<b>4,5574</b>
	SD = 2,5753	SD = 2,5623	SD = 2,8492	SD = 2,7622	SD = 2,7634	SD = 1,5528	SD = 3,7661
<b>6 év</b>	4,0638	5,5957	7,0000	7,7660	8,2340	<b>9,9787</b>	<b>7,2340</b>
	SD = 2,3535	SD = 2,1433	SD = 1,9336	SD = 1,9020	SD = 2,1690	SD = ,1458	SD = 3,0660

24. Táblázat Location Learning Test helyes felhelyezés nyers pontértékei 5 emlékezeti próbában, és a késleltetett felismerésben, felidézésben

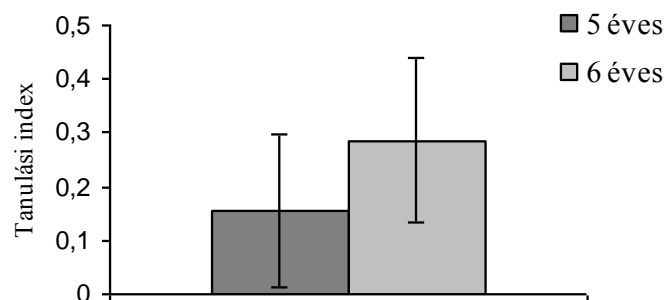
Fontos elemzési szempont a félrehelyezés alapján számolható félrehelyezési mutató és a tanulási index (Kessels, Nysc, Brands, van den Berg, Van Zandvoort, 2006). A tanulási

próbák félrehelyezési mutatóira az egyszempontos varianciánálizist (ANOVA) alkalmaztuk. A korábbi eredményeinkhez hasonlóan (Izd. 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 felidőzésben [ $F_{(1,63)} = 43,310$   $p < ,000$ ] egyaránt szignifikáns különbséget találtunk ismét a két életkori csoportok között (24. ábra).



24. ábra 5 és 6 éves gyermek csoportok félrehelyezési mutatói

A félrehelyezési mutató alapján számolt tanulási index, amelyik az ismétlések során bemutatott téri-vizuális tanulás súlyozott mutatója (Racsmány et al., 2007), ebben az esetben azonban nem találtunk ( $F_{(1,63)} = 2,447$   $p = ,123$ ) szignifikáns különbséget (25. ábra).



25. ábra 5 és 6 éves gyermek csoportok tanulási indexei

A munkamemória és a numerikus képesség kapcsolat elemzésére korrelációt végeztünk. Első lépésben az NSS testben elért összpontszámai és munkamemória egyes próbáiban

nyújtott helyes elhelyezései között kerestünk kapcsolatot mindkét életkori csoportban. A vizsgálatunk szerint a numerikus teljesítmény a 6 éves gyermekeknél mutat együtt járást a negyedik és ötödik tanulási fázisban (25. táblázat). Azonban nem találtunk korrelációt egyik tanulási helyzet és az összesített numerikus teljesítmény között az 5 éves korcsoportban.

		LLT1	LLT2	LLT3	LL4	LLT5	Késleltetett felismerés	Késleltetett felidőzés
NSS összpont 5 év	r	-,168	,148	,073	,227	,237	-,025	,063
	p	,196	,256	,578	,078	,066	,851	,630
NSS összpont 6 év	r	,219	,234	,269	<b>,329*</b>	<b>,306*</b>	,155	,110
	p	,140	,113	,067	<b>,024</b>	<b>,036</b>	,299	,460

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

Megvizsgáltuk az egyes numerikus feladatok és a téri munkamemória kapcsolatát. Együttjárást életkoronként az NSS részfeladatai, a LLT helyes válaszai és a tanulási index egyes helyzeteiben találtunk (26. 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	r	<b>,326*</b>	<b>,249</b>	<b>,347**</b>	<b>,279*</b>	<b>,363*</b>
	<i>B. próba</i>	p	<b>,010</b>	<b>,050</b>	<b>,006</b>	<b>,029</b>	<b>,027</b>
	Nem-verbális számolás	r	,048	,110	<b>,272*</b>	,242	<b>,333*</b>
	<i>D. próba</i>	p	<b>,715</b>	,401	<b>,034</b>	,060	<b>,044</b>
	Szöveges feladatok	r	<b>,702</b>	,808	,546	,544	<b>,383*</b>
	<i>E. próba</i>	p	,120	,038	,201	,232	<b>,019</b>
	Számkombináció	r					<b>,401*</b>
	<i>F. próba</i>	p					<b>,014</b>
	NSS összesített pontszám	r					<b>,508**</b>
		p					<b>,001</b>
6 évesek	Számismeret	r	,176	,145	,218	<b>,292*</b>	
	<i>B. próba</i>	p	,237	,330	,141	<b>,046</b>	
	Számkombináció	r	<b>,289*</b>	<b>,368*</b>	<b>,402**</b>	<b>,307*</b>	
	<i>F. próba</i>	p	<b>,049</b>	<b>,011</b>	<b>,005</b>	<b>,036</b>	

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

Ebben a vizsgálatban sem igazolható kapcsolat a numerikus teljesítmények és a késleltetett felidézések között egyik korcsoportba sem. Fontos kiemelni, hogy a hat évesek gyermekeknél a számismeret az utolsó tanulási helyzettel, illetve a számkombinációs feladatok mutatói, jeleznek együtt járást a munkamemória második tanulási helyzetétől kezdődően a többi tanulási próbán keresztül. Ezekben a helyzetekben a gyermekek részére a műveleti végzéshez adottak a számképek. Érdekes tény, hogy együtt járás áll fenn ebben az életkorban az összeadási, kivonási feladatok és a munkamemória gyakorló mutatói között.

## 4.5 Megvitatás

A téri-vizuális alrendszer és téri tanulás között fennálló fejlődési összefüggésekről kevés információ áll a rendelkezésre a széles körben elfogadott kísérleti módszer hiánya végett (Racsmány, 2004). Saját vizsgálatunkban is a gyerekek körében kísérleti helyzetben kevésbé alkalmazott tesztet használtunk, ezért ahogy már korábban megfogalmaztuk, kizárólag a két csoport eredményeinek összehasonlítását végezhetjük el.

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 is eltér. A memória vizsgálatok legrégebbi kérdésfeltevése az emlékezet fejlődésével a feldolgozható információ mennyiségének életkori változása. Egy korai vizsgálat igazolta, hogy a téri-vizuális munkamemória tárolási kapacitásnövekedésének életkori felső határ van. A vizuális memóriatár lineáris növekedése intenzíven 5 és 11 éves kor között egyértelműen megmutatkozik (Wilson, Scott, Power, 1987). A későbbi részletes vizsgálatok arra hívták fel a figyelmet, hogy ez memóriaterjedelem nem területáltalános jelenség, az emlékezetben tartható tudás erősen függ az információ típusától.

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). Egy alternatív magyarázat szerint a memória teljesítmény változására a bevetett stratégiák hatékonysága is befolyást gyakorolnak. Annak ellenére, hogy a kísérletünk során részletesen nem tértünk ki az emlékezeti stratégia vizsgálatára, úgy gondoljuk, hogy második faktorként nem zárhatjuk ki, ennek a tényezőnek a hatását sem. Flawell és munkatársai (1993) szerint igazolható, hogy a szándékos emlékezeti stratégiák fejlődési határ a hat éves korra tehető. A korai években, öt és az öt éves kort megelőző korosztályok nem alakítanak ki bevésési és felidézési stratégiákat.

A késleltetett felidőzésben eltérő eredményeket találtunk. Amíg mindkét csoportban plafonhatást találtunk a képek késleltetett felidőzésében addig a késleltetett lokalizációban nem közelíti meg az egyik csoport sem a maximálisan felismerhető helyek számát. Úgy tűnik, hogy a téri-vizuális munkamemória vizuális és téri komponense külön-külön eltérő teljesítményt mutat a két életkorú csoportban.

Habár a fejlődési vizsgálatok többsége a lineárisan változó javulást jeleznek a téri-vizuális munkamemória teljesítményében, az eredmények mögött, egyes elgondolások szerint 8 éves korig verbális információ használata is feltételezhető. A kutatások során felmerült, hogy a téri-vizuális helyzetben a vizuális információ fonológiai formában átkódolva, támogathatja az emlékezeti folyamatot. Ezt a disszociációs alternatíva létezését többen is elemezték és ezzel kapcsolatosan eltérő vélemények születtek (Gathercole, Alloway, 2004, Alloway, 2006). Pickering és munkatársai (1998) szerint 5 és 8 éves kor között a fonológia hurok és a téri-vizuális vázlattömb független egymástól. Pickering (2001) megerősíti, hogy az inger szóbeli átcímzése 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. Eredményeinket tekintve egyetértünk Alloway és munkatársai (2006) vizsgálati fejleményével. A kutatók a munkamemória tényezőinek elemzése során megerősítették, hogy a 4 és 11 éves korú csoportokban a feldolgozó rendszer összetevői a területáltalános, a tárolás a terület-specifikus verbális és téri-vizuális forrásoktól függ. Széles életkori mintában vizsgáltak, bár voltak arra utaló jelek, hogy ez a kapcsolat 4 és 6 éves korcsoportban erősebb, mint a későbbi életkorokban.

A munkamemória háromoldalú teoretikus modelljéből további fontos tényező a centrális végrehajtó szerepe, ezen túlmenően az epizodikus tár limitált kapacitása, amely térbeli és időbeli karakterrel rendelkezik, és alapvető szerepe van az információ visszahívásában (Baddeley, 2000). Egy alternatív elgondolás szerint az életkorral járó teljesítményváltozásokban meghatározó a centrális végrehajtó megerősödő szerepe is (Pickering 2001). Amíg 6-7 éves gyermekeknél bizonyítékot találtak arra, hogy a fonológia hurok és a centrális végrehajtó szétválasztható (Gathercole, Pickering, 2000), addig ugyanezt nem igazolták a vizuális-téri rövididejű emlékezetnél (Wilson, et al, 1987). Egy korai életkori vizsgálat igazolni tudta, hogy akár már négy éves kortól a centrális végrehajtó szorosan kapcsolódik a fonológia hurokhoz és a téri-vizuális vázlattömbhöz egyaránt, amelyek önmagukban viszonylag függetlenek. A fejlődési

vizsgálatok szempontjából, különösen fontos még az a járulékos tény, hogy a munkamemória szervezeti felépítése többé-kevésbé állandó marad az egész gyermekkorban (Gathercole, et al., 2004).

A vizsgált életkori mintánkban lényeges kísérleti kérdésünk volt a numerikus képesség és a munkamemória kapcsolata. Egyes kutatási eredmények szerint a munkamemória modell három komponense egyaránt szerepet játszik a matematikai teljesítményben. A fonológia hurok mellett (Iuculano, Moro, Butterworth, 2010) a centrális végrehajtó meghatározó funkciója a korai tanulásban és matematikai ismeretszerzésben egyaránt körvonalazódik (Kroesbergen, Van Luit, et al., 2009). Károsodása közvetlenül befolyásolja a fiatal gyermekek matematikai teljesítményt. (Gathercole, Pickering, 2000). Más fejlődés lélektani kutatások az első iskolai évek numerikus sikerességét kiemelten a vizuális-téri munkamemóriának is tulajdonították (Bull, Espy, Wiebe, 2008).

Saját eredményeink eltérő korrelációkat mutat életkori megoszlás szerint. Az öt éveseknél a számismeret és az ismételt bemutatások (*LLT2*, *LLT4*, *LLT5*), illetve a nem-verbális számolási helyzet és a negyedik ismételt bemutatás között találtunk kapcsolatot. A hat éveseknél a számismert az ötödik ismételt memória próbával, továbbá a számkombinációs feladat az első memória próba kivételével minden ismételt bemutatással kapcsolatot jelez. Az együtt járásokat elemezve mindegyik helyzet kapcsolatba vonható a munkamemóriával. A számfelismerésben közvetlenül a szám vizuális alakjának azonosítása és a vizuális-verbális átkódolás vezet a megnevezéshez, amibe egyaránt szerepet kapnak a munkamemória komponensei. A vizsgált életkori csoport feltehetően kritikus életkori határt is jelez. Egy hazai vizsgálat szerint (Soltész, et al., 2010), a 4 és 5 évesek számismerete jelentősen nem tér el egymástól, de a 6-7 éves gyermekek számottevően több számkép felismerésére képesek. A kutatás alapján levonható következtetés, hogy az 5 és a 6 éves kor mérföldkő lehet a számjegyek ismeretében, ami esetleg összefüggésbe hozható a tároló kapacitásnövekedéssel és a numerikus tudás bővülésével. A fiatalabb csoportban a nem-verbális számolási helyzetben, ahol a gyermekek pusztán lineárisan elrendezett geometriai formákkal (fekete körök) dolgoztak a feladat vizuális-téri tulajdonságainak emlékezetben tartása segítheti a sikeres megoldást.

További vizsgálatok is, amelyek az óvodás, vagy kisiskolás gyermekek képességeinek összefüggését kutatták, a vizuális-téri munkamemória és általánosságban a matematikai teljesítmény összefüggéseit tudta igazolni (Bull, Espy, Wiebe, 2008), illetve

szignifikáns kapcsolatot találtak a vizuális- téri memória és a számlálás között (Kytälä et al., 2003). Egyúttal azt is sikerült igazolni, hogy a kisgyermek a fejletlenebb verbális kódrendszerükkel szemben jobban építenek a vizuális-téri jellemvonásokra (Hitch, Halliday, et al., 1988). Az életkori metszetet tekintve a 7 és 15 éves kor között a számjegyekre és a téri terjedelempre adott memória válaszok lineárisan változnak, az életkor növekedésével az aktívabb fonológia hurok hatására megnő a felidézhető számok terjedelme (Isaacs, Vargha-Khadem, 1989).

Ezek az eredmények elsődlegesen a téri-vizuális munkamemória prediktív jelentőségét erősítették. Gathercole és munkatársai (2004) kiemelik, hogy a gyerekek már az iskoláskor kezdeti éveiben alapszinten képesek a számtani információk és számtani tények hosszútávú memóriából való visszahívásra, továbbá a korai iskolai években (6-7-8 évesek) a mentális aritmetikai műveletekben inkább a vizuális-téri stratégiákra építenek, mint a fonológia stratégiákra (McKenzie, Bull, Gray, 2003). Egyetértünk azzal a ténnyel is, hogy az esetek többségében az aritmetikai helyzetekben az óvodások a memorizált tényezőket használják fel a sikeres megoldásukban (Jordan et al., 2012).

#### **4.6 Összegzés**

A bemutatott kísérlet egy szűk betekintést célzott meg az óvodáskorúak tér-vizuális munkamemória működésébe, kiegészítve azzal, hogy kapcsolatot keressen a numerikus teljesítménnyel. 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).

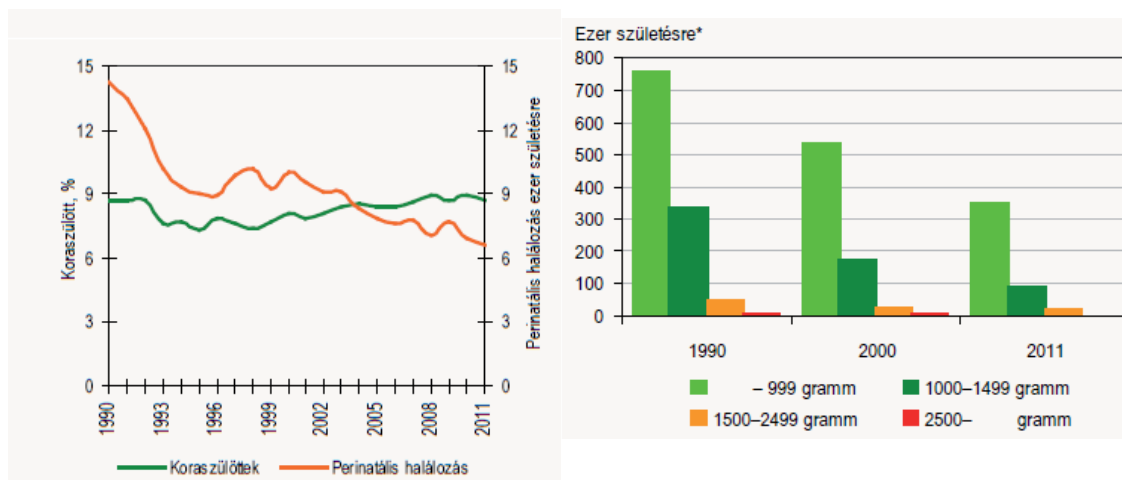
A korai években, a formális oktatás hiányában biztos támasz lehet a tanulással összegyűjtött ismeretek visszahívása. Annak ellenére, hogy nem kerestünk prediktív kapcsolatot a két vizsgált terület között elfogadjuk, hogy a munkamemória kognitív markere lehet az aritmetikai teljesítménynek (Raghubar Barnes, Hecht, 2010) és a téri-vizuális munkamemória kapacitás erősen összefügg a matematikai gondolkodással (Dumontheil, Klingberg, 2012).



## 5. KORASZÜLÖTTség ÉS A SZÁMÉRZÉK FEJLŐDÉSE

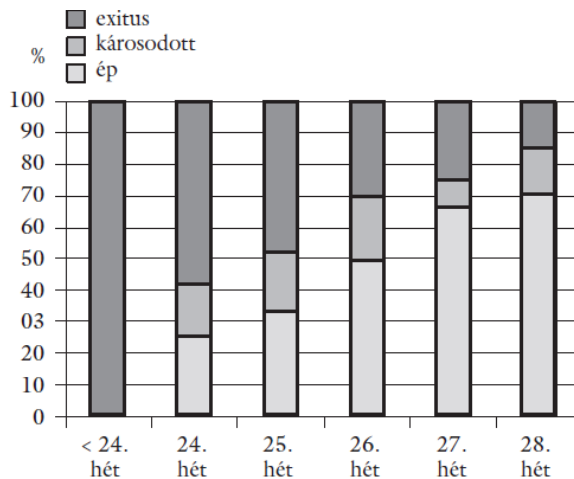
### 5.1 Koraszülöttek atipikus fejlődésének hatása a számérzék és a téri-vizuális munkamemória teljesítményre

Az újszülöttek egy kisebb csoportja speciális ellátást igényelnek születésük után alacsony születési súly, és/vagy rövid gesztációs idő miatt. Az élve születés határát 24 héttől és a 499 g-tól számítja az orvostudomány. A koraszülöttek csoportja a gesztációs súly és a gesztációs hét függvényében heterogén (*extrém éretlen* < 28 hét; *igen kissúlyúakat* < 1500 g; *igen-igen kissúlyúakat* <1250 g; *extrém kissúlyúakat* < 1000 g). A szülésszámra vetített koraszülöttség aránya nem tükrözött lényeges javulást hazánkban a korábbi évtizedekben sem. Hazai statisztikai adatok alapján (KSH, 2012) az 1990-2011 közötti periódusban az újszülöttek 7-9 % - a koraszülötként jött a világra (26. ábra), és az arány nemzetközi viszonylatban is hasonló. Az Egyesült Államokban a szülésekre vetített koraszülött szám megoszlás 10-15 % (Cambell, Imaizumi, Bernbaum, 2008).



26. ábra Koraszülés illetve perinatális halálozás 1990-2011 között Magyarországon és születés körüli halandóság születéskori súly szerint (In: KSH, 2012)

A perinatális intenzív centrumok létrejöttével és az ott alkalmazott korszerű egészségügyi ellátással (felületaktív anyag a surfactant intratracheális alkalmazása) megnőtt az igen kissúlyú koraszülöttek (< 1500 g) és az igen korai terminusra (< 32 hét) született gyermekek túlélési esélye. A koraszülöttség azonban jelentős kockázati tényező a perinatális időszakban, melynek hosszú távú hatásai vannak (27. ábra). A megnyilvánuló deficitiek heterogén képet mutatnak és a koraszülöttek 10-20 %-a későbbiekben súlyos, akár maradandó neurológiai deficittel küzd (Vida, és msai, 2007).



27. ábra Károsodás/túlélés a gesztációs kor függvényében (In: Vida és msai, 2007)

A gondos orvosi ellátás ellenére a koraszülöttek perinatális időszakban elszenvedett károsodásai tartósan meghatározzák a képességek távlati fejlődési lehetőségeit (27. táblázat). A következmények hatásának perspektíváját tekintve egy lassú felzárkózás jellemzi a populációt (Foster-Cohen, Edgin, Champion, Woodward 2007; Kalmár, Boronkai, 2006, Szanati, Nagy, 2006, Györkö, Lábadi, Beke, 2012).

	22-26 hét	27-32 hét
Túlélés	61%	86%
Mérsékelt vagy súlyos bénulás	10%-os	6%-os
Mentális fejlődési index <70	37%	23%
Pszichomotoros fejlődési index <70	26%	17%
Vak	1%-os	0,4%
Halláskárosodás	1,8%	1,8%
Idegrendszeri fejlődési zavar	45%	28%-os

27. Táblázat. Neurológiai fejlődés extrém alacsony súllyal született gyermekeknél (Vohr, Wright, Poole., McDonald, 2005)

A modern perinatális ellátás két kihívása hogy egyrészt biztosítsa a túléléshez szükséges optimális feltételeket ezzel együtt párhuzamosan csökkentse a hátrányos idegrendszeri fejlődést. Az erőfeszítések ellenére a neurológiai szövődmények számottevően nem csökkentek. Az egybevágó tapasztalatok szerint ezek a hatások a koraszülöttek csoportjára a fejlődés és a teljesítmény tekintetében heterogén hatást fejt ki. A kísérlet, hogy részletes kockázati skálázással megbízható előrejelzést tegyenek, még a komplex medikális kritériumok használatával sem tűnt hosszútávon elég prediktívnek. (Kalmár et al., 2008). A komplex fejlődésneurológiai rizikómutatók kidolgozásával mára egyértelművé vált, hogy a közepes és enyhe fejlődés-neurológiai zavarok széles skálája befolyásolja a pszichomotoros és kognitív fejlődést (Hámori, 2013). Az eltérő neurológia deficitek megbízható előrejelzői a terület-specifikus elmaradásoknak (Karmiloff-Smith, 1998, Luu, Ment et al., 2009) ezért a vizsgálatokban különös gonddal kezelik a neurológia tünetmentesség kérdéskörét.

A koraszülöttek fejlődésében kritikus tényezőnek tűnik továbbá az életkori változó. Egyes kutatások szerint a perinatális kockázati tényezők nem feltétlenül tűnnek el nyomtalanul és a gyermekek későbbi életében felbukkanhatnak olyan problémák, amelyeket az addig eltelt életszakaszban nem jelentkeztek. Ezzel kapcsolatosan két nézet is kibontakozott. Az egyik elgondolás szerint, amely „*mozgó rizikó*” néven vált ismertté, a fejlődési akadályok ugyan eltűnhetnek, de a változó körülmények hatására ismét nyilvánvalóvá válhatnak a problémák. Ez a folyamat akár többször is megismétlődhet (Jens, Gordon, 1991). Egy másik nézet szerint egy „*alvó hatás*” működik, a zavarok az életkorral előrehaladva bukkannak fel és erősödnek meg (Wrape, 2003). Ez a két egymásnak nem ellentmondó elképzelés ráirányítja a figyelmet arra a fontos tényre, hogy a koraszülöttek fejlődési útja korántsem egyenletes és a képességek zavarai az iskolai évek alatt tanulási nehézségeket okozhatnak.

A koraszülöttek fejlődési mintázatának követésében az élet első két évében általánosan elfogadott a korrigált életkor használata. A biológia korrekció azonban mégsem fedi le a fejlődési elmaradásokat. Egy hazai longitudinális vizsgálat szerint (Kalmár, Csiky, et al., 2008), a mentális fejlődési index nem, azonban pszichomotoros index elmaradást jelez 6 és 12 hónapos korban és ez a különbség a normál populációhoz képest 2 éves korig megtartott. A longitudinális vizsgálat számadatai szerint az intellektuális teljesítmény átlaga a normál övezetbe tartozik, de az intelligencia, a verbális kvóciens (VQ) és a perceptuális kvóciens (PQ) mutatóiban alul maradnak a normál populációhoz

képest. További fontos eredmény, hogy a koraszülöttek egy részének fejlődési üteme 5-7 éves korban visszaesik, ami a „*mozgó rizikó*” jelenlétét feltételezi.

A kutatások szerint az iskolás korosztályban nagyobb arányban fordul elő tanulási nehézség neurológiai tünetektől mentes koraszülöttek körében a normál populációhoz képest, és ez egyaránt érintik az olvasás és matematikai teljesítményt (Saigal, Hoult, és mtsai, 2000, Taylor, Burant, Holding, 2002). További vizsgálatok egyértelműen arra utalnak, hogy a háttérben szelektív deficit áll fenn és a kognitív gyengeség, a vizuális-terei percepció területén fejeződik ki. Taylor és mtsai (2006) extrém alacsony (< 1000 g) születési súllyal világra jött 8 éves koraszülöttekkel dolgoztak. Eredményeik szerint, a rizikó csoport alacsonyabb teljesítményt ért el az exekutív képességek és a motoros képességek tartományában. Az érintettség későbbi életkorban is jelen van, még 14 éves korban is meghatározó szerepet játszik a matematikai képességben a vizuális percepció folyamata, organizációja és a vizuális memória (Rickards, Kelly, Doyle, Callanan, 2001).

A részletes kutatások a terület-specifikus deficitet kerestek, így számos elmaradást tártak fel a numerikus képességek és a vele szoros kapcsolatban álló munkamemória körében. A kísérleti tapasztalatok szerint a matematikai problémák különösen gyakoriak a koraszülöttek csoportjában, az idő előtti születés számos kedvezőtlen hatást gyakorol a számérzék egyes területeire (Taylor, Espy, et al. 2009). Kohorsz vizsgálatok egyértelműen az összetett matematikai gondolkodás, a numerikus nagyságbecslés (Schneider, Wolke, Schlagmüller, Meyer, 2004) és a számok illetve a fonológiai tudás (Breslau, Johnson, Lucia, 2001) területén találtak elmaradást normál mintához illesztve, ami prediktív a későbbi évek numerikus teljesítményére (Breslau, Paneth, Lucia, 2004). Az elemzések hasonló tapasztalattal párosultak a munkamemória területén is a súlyosan sérült (Woodward, Edgin, Thompson, Inder, 2005), vagy rövid gesztációs időre született koraszülötteknél (Mulder, Pitchford, Marlow, 2010). Az emlékezet szelektív deficitjét rontja az a tény is, hogy az eredmények szerint a koraszülöttségen belül az extrém alacsony súly (<1000 g) és/vagy a megrövidült gesztációs hét (<34 hét) szignifikáns rizikófaktora a téri tanulás fejlődési késésének, vagy károsodásának (Baron, Erickson, et al., 2010). Az is fontos tény, hogy az alacsony emlékezeti teljesítmény mögött nemcsak a fejlődésből fakadó funkcionális elmaradások, hanem organikus elváltozások is nehezítik a helyes érési irányt. A neurológiai struktúra változásában különösen jelentős a hippocampus alak és volumen deficitje. A perinatális hónapoktól két éves korig a hippocampus gyors növekedése és fejlődése figyelhető meg (Insausti et al., 2010,

Kretschmann et al., 1986). A kissúlyú koraszülöttek esetében azonban gyakori a hippocampus szelektív sérülése, ami egyrészt a hypoxémiás- ischemiás állapotra (Schmidt-Kastner, Freund, 1991), másrészt az ellátási károsodásra vezethető vissza. A perinatális gondozásban a bronchopulmonary dysplasia megelőzésére használt Dexamethasone (corticosteroid) neurotoxin hatású a hippocampusra (Sapolsky et al., 1990) ami szerepet játszik a terület sérülésében (Murphy et al., 2001). A neurológia változások összefüggésbe hozható a későbbi csökkent memória teljesítménnyel, ami magyarázza Beauchamp és munkatársai (2008) által igazolt eredményeket. Vizsgálatuk szerint a hippocampális volumenváltozás az igen kissúlyú koraszülöttek csoportjában, tartós negatív hatású lehet a munkamemória funkcióra. Nemrég hasonló eredményt igazoltak Thompson és munkatársai (2013) is, akik igen kissúlyú és rövid gesztációs hétre született koraszülöttek hippocampális alak-, és térfogat változását vizsgálták. Vizsgálati paradigmájukban külön választották a hippocampus alak és térfogat változásának hatást a memória teljesítményre. 7 éves korban nem találtak szignifikáns összefüggést a neurológiai terület korai alakváltozása és az emlékezet teljesítménye között, vagyis az alakváltozás nem befolyásolta kedvezőtlenül a memória működését. Azonban a nagyobb csecsemőkori hippocampális térfogat később jobb verbális emlékezeti funkciót jelzett (Thompson, Adamson et al., 2013). A későbbi életkori munkamemória deficit csökkenése némi spekulációra adott alapot (Anderson, 2004). Egyes tapasztalatok szerint már serdülőkorban elhanyagolható, vagy nincs különbség a koraszülött és a kontroll csoport között (Rushe, Rifkin, et al., 2001, Saavalainen, Luoma, et al., 2007), ami szerintük egyértelmű felzárkózásra utal (Curtis, Lindeke, et al., 2002). Ezzel szemben a többszörös ingerbemutatósi emlékezeti paradigmában az igen kissúlyú koraszülöttek kevesebb téri elhelyezést tudtak visszaidézni, mint a kontroll csoport első bemutatás után 3 éves korban. Baron és munkatársai (2012) nem tudtak azonos tanulási pályát igazolni az atipikus és a tipikus fejlődésű gyerekek között. Ezt a mintázatot figyeltek meg kisiskolás és kamaszkorban verbális tanulási helyzetben (Taylor, Klein, 2000, Taylor, Minich, 2004). Egy a közelmúltban megjelent átfogó tanulmány (Omizzolo, Scratch, et al., 2014) kohorsz vizsgálatában 7 éves gyermekek vizuális és verbális munkamemória illetve tanulási képesség vizsgálatát célozta meg. Összhangban a korábbi eredményekkel a koraszülött csoport teljesítménye jelentős elmaradást mutatott minden memória területen. Az atipikus csoportnál 2,1-3,5-szer nagyobb valószínűséggel fordult elő memóriazavar. Áttekintve az eredményeket a koraszülötteknél bizonyíthatóan jelen van az emlékezet és a tanulási képesség deficitje.

Habár utalást találunk arra, hogy a lemaradás kamaszkorra csökken, mégis egyes szerzők szükségesnek tartják a terület későbbi nyomon követését. Úgy tapasztalták, hogy a memória hiány nem specifikus jelenség, a fejlődés során a deficit általános károsodott kognitív teljesítményhez kapcsolódik (Narberhaus, Segarra, et al.,2007).

Összefoglalva a kognitív, és a numerikus teljesítmény csökkent működése alátámasztja azt a tényt, hogy az óvodáskorú koraszülöttek csoportjai nagyobb arányban igénylik a neurológiai érésük nyomon követését és a speciális szükségletet a felzárkóztatásukban (Luciana, Lindeke et al., 1999, Baron, Erickson, et al.,2010).

## **5.2 Számérzék és a téri munkamemória vizsgálat 5 éves koraszülött gyermekek körében és a hipotézis megfogalmazása**

A fenti megfontolások alapján indokoltnak láttuk, hogy a koraszülöttek esetében részletesen a számérzék minden területére kiterjedően megvizsgáljuk az esetlegesen eltérő fejlődési ütemet. 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 az önkéntelen érdeklődésükre megerősítés útján bővülnek ismereteik. Ezért saját kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a perinatális hatások kockázati tényezői mennyiben határozzák meg a numerikus képességek fejlődését. Mivel számos hazai és nemzetközi vizsgálat igazolta korábban az atipikus fejlődési sajátosságokat, amelyek az illesztett mintához képest többnyire eltérő jellegzetességeket mutattak a kognitív területen, ezért úgy gondoljuk fontos összehasonlító vizsgálatot tenni a numerikus teljesítmény és a téri munkamemória teljesítmény tekintetében.

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 válasza 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.

### *Mérőeszközök*

Az előző eljárásokhoz hasonlóan a NSS szűrőeljárást, a Színes Raven Progresszív Mátrixot és Location Learning Test eljárást alkalmaztuk.

### *Vizsgált minta kiválasztása*

A kiválasztás szempontjai közül a következőkre fókuszáltunk:

- Az életkort tekintve, hasonló megfontolások alapján úgy döntöttünk, mint az előző egészséges minta kiválasztásakor, vagyis figyelembe vettük, hogy az NSS szűrőteszt 5 éves kortól méri a számérzék területeit
- A korcsoport formális matematikai oktatásban még nem vesz részt
- A koraszülött gyermekek kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy a vizsgálatban kizárólag neurológia tünetektől mentes, normál intelligenciájú gyerekek vegyenek részt
- A koraszülött gyermekek gesztációs kritériuma: 26 – 30 hét; súly kritérium: 700 – 1800 g

### *Minta jellemzése*

A vizsgálatban résztvevő koraszülött gyermekek csoportja a Semmelweis Egyetem Baross utcai I. sz. Szülészeti és Nőgyógyászati Klinika Koraszülött Utógondozójában került kiválasztásra, ahol fejlődésüket követve, rendszeres kontrollvizsgálaton vesznek részt. A vizsgálatuk a helyszínen, csendes környezetben zajlott. Az illetett mintába a PTE IGY Gyakorlóiskola, Művészeti Iskola és Gyakorlóóvoda és a szekszárdi Szent Rita Katolikus Óvoda 5 éves gyermekei közül válogattuk.

A koraszülöttek kiválasztási szempontjai nagyon szigorúak, ezért a csoport alacsony elemszámú mintává vált. A koraszülöttekhez a kontroll mintát életkorban, nemben és

intellektusban illesztettük. A kontroll csoportot nagyobb mintából, páros illesztéssel válogattuk (28 táblázat).

	N	Fiú/lány	Gesztációs idő/hét	Születési súly/g	Átlag életkor
<b>Koraszülöttek</b>	24	11/13	28,75 SD = 1,87083	1108,3333 SD = 312,36359	5,1958 SD = ,21158
<b>Kontroll csoport</b>	24	11/13	39,38 SD = 1,53219	3484,5238 SD = 329,90872	5,0208 SD = ,24491

**28. Táblázat A vizsgálatban résztvevő koraszülött és az illesztett normál 5 éves óvodáskorú gyermekek statisztikai adatai**

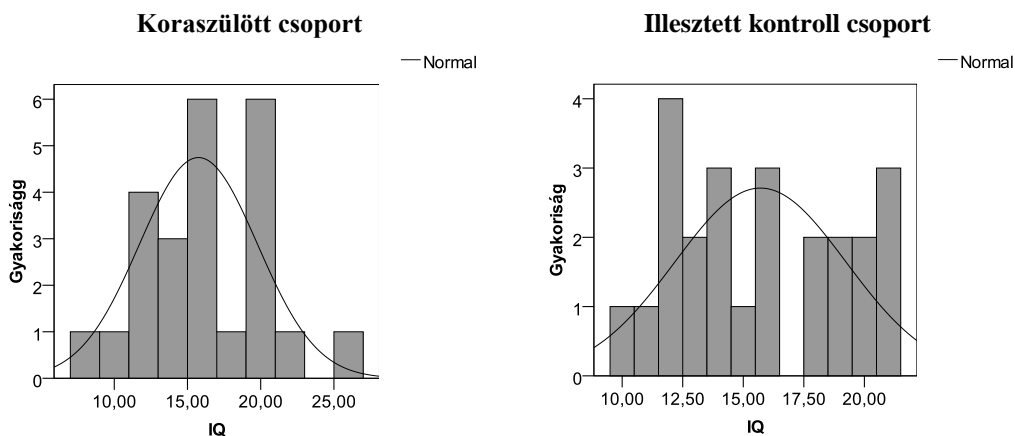
A vizsgálat hasonlóan zajlott, mint az öt és hat évesek korcsoportban, ezért ennek megfelelően a Színes Raven Progresszív Mátrix tesztet alkalmaztuk elsőként (29. táblázat).

	Raven pontszám	SD	Min.	Max
<b>Koraszülöttek</b>	15,75	4,0351	8	25
<b>Kontroll csoport</b>	15,71	3,5322	10	21

**29. Táblázat A koraszülött és kontroll csoport pontértékei a Színes Raven Progresszív Mátrixot tesztben nyújtott teljesítmény alapján**

Az adatok eloszlásának normalitását a vizsgálatában a minta létszámai miatt ( $N > 50$ ) a *Shapiro-Wilk* statisztikai próbát alkalmaztuk. Mivel a kiválasztási szempontjaink nagyon szigorúak, ennek következtében a koraszülött csoport alacsony elemszámú mintává vált. Az alacsony elemszám és az atipikus fejlődés jellemzőinek megtartása végett nem hagytunk el szélsőséges adatot. Az intellektus és az életkort vizsgálva az eredmények a koraszülött ( $W_{(24)} = ,977$ ,  $p = ,839$ ) és az illesztett kontrollcsoportnál ( $W_{(24)} = ,926$ ,  $p = ,078$ ) egyformán magas szignifikancia értéket kaptunk, ezért mindkét életkori mintánk normál eloszlásúnak tekinthető (28. ábra).





28. ábra Intellektus és az életkor eloszlásának vizsgálata koraszülött és illesztett kontroll csoportban

### 5.3 Vizsgálati eredmények

#### 5.3.1 Számérzék vizsgálata (Vizsgálat VI.)

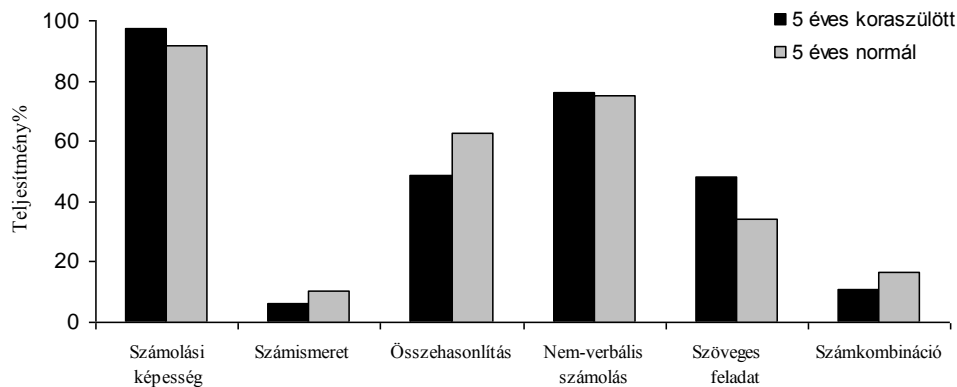
Az adatok elemzésében elvégeztük az eredmények normál eloszlásának vizsgálatát. Hasonlóan az intellektus vizsgálatához, a létszám függvényében itt is a ( $N > 50$ ) *Shapiro-Wilk* statisztikai próbát alkalmaztuk (30. táblázat). Az eredmények szerint csak a *Mennyiség összehasonlítás* feladatokban, és az NSS összesített pontszámában tudtuk a normalitás feltételét igazolni (1. sz. melléklet). Ebben az esetben is, ahol a normalitás feltétele sérült a *Mann – Whitney U – próbát* alkalmaztuk.

	Számolási képesség A próba (max: 3 pont)	Szám- felismerés B próba (max: 4 pont)	Össze- hasonlítás C próba (max: 7 pont)	Nem- verbális számolás D próba (max: 4 pont)	Szöveges feladat E próba (max: 5 pont)	Szám- kombináció F próba (max: 6 pont)	Összes pontszám (max:29 pont)
<b>M</b>	2,8298	,3191	3,9149	3,0426	2,0426	,8085	12,8723
<b>SD</b>	,48090	,69490	1,77947	1,10252	1,50300	1,17285	4,12109
<b>p</b>	=,000	=,000	<,074	=,000	=,003	=,000	<,776

30. Táblázat Koraszülött gyermekek NSS szűrőteszt eredményeinek normalitás vizsgálata

A számérzék vizsgálatban nyújtott teljesítményt, hasonlóan az egészséges gyermekek vizsgálatánál, először összevetettük a hat próbában elért összesített eredményeket (29.

ábra). Az elemzések szerint a koraszülött és az időre született gyermekek egybevetett teljesítménye szignifikánsan a kizárólag a *Mennyiségek összehasonlítás* próbájában (*C próba*) jelentkezik ( $t = -2,032$ ;  $p < ,048$ ).

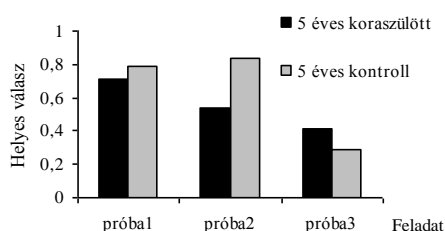


**29. ábra** Koraszülött és az illesztett normál 5 éves gyermekek teljesítménye az NSS szubtesztjeiben. (Számolási képesség: A próba, Számismeret: B próba, Mennyiség összehasonlítás: C próba, Nem-verbális számolás: D próba, Szöveges feladat: E próba, Számkombináció: F próba)

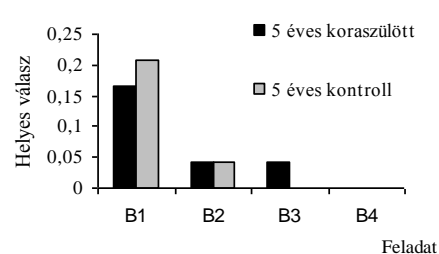
A következő lépésben hasonlóan a korábbi vizsgálatainkhoz tovább elemeztük a próbák alcsoportjait. Ahogy korábban a tipikusan fejlődő 5 és 6 éves csoportoknál, itt is ellenőriztük mindkét csoport számlálási irányát. A kapott eredmények nem igazoltak különbséget ( $\chi^2(1) = ,444$ ;  $p = ,740$ ),

Annak ellenére, hogy a számok felismerésének összteljesítményében nem mutatkozott diszkrépancia, a részletes elemzés során, egy területen mégis jelentkezett különbség. Ezt az elmaradást a koraszülötteknél, az egyjegyű számok felismerésében találtunk meg ( $\chi^2(1) = 4,752$ ;  $p < ,030$ ), ami nem számottevő, mert csakis egy szám (*próba2: 4*) megnevezésében mutattak alacsonyabb teljesítményt (*30. ábra*).

**Egyjegyű számok felismerése**



**Többjegyű számok felismerése**



**30. ábra** Egyjegyű és kétjegyű számok felismerésének sikeressége koraszülött és az illesztett normál 5 éves korcsoportban (próba 1: 2; próba 2: 4; próba 3: 9; B1: 13; B2: 37, B3: 82; B4: 124)

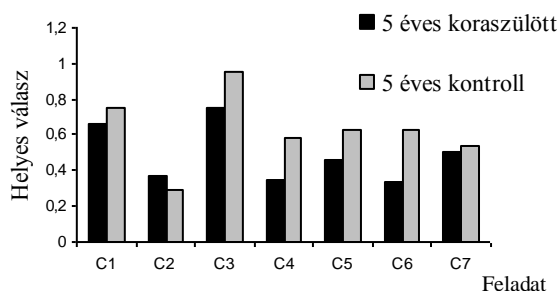
Összevetettük a többi feladat alsorozatjainak eredményeit (31. táblázat). Mivel különbséget találtunk a mennyiségek összehasonlításában, ezért részletesen megvizsgáltuk ennek a próbának a részfeladatait. Szignifikáns különbséget kizárólag a kisebb ( $\chi^2(1) = 4,181$ ;  $p < ,049$ ), és nagyobb mennyiség összehasonlításában találtunk ( $\chi^2(1) = 4,090$ ;  $p < ,041$ ). A kritikus feladatokban, mint az egymást követő számok megnevezésben és a számtani távolság megítélésben, nem volt eltérés a két csoport teljesítménye között.

Mivel az NSS összesített pontszámokat tekintve nem kaptunk számottevő eltérést a koraszülött és a normál mintacsoport számérzék fejlődését tekintve, elvégeztük a részletes elemzést az esetleges részpróbák közötti eltérések ellenőrzésére (31. táblázat). Szignifikáns különbséget a szöveges feladatok második ( $\chi^2(1) = 5,779$ ;  $p < ,036$ ), és harmadik összeadásában ( $\chi^2(1) = 8,333$ ;  $p < ,009$ ) találtunk, ahol az időre született gyermekek sikeresebbek voltak műveletek elvégzésében a koraszülöttekhez képest.

Feladatok	Eredmények
-----------	------------

C. próba

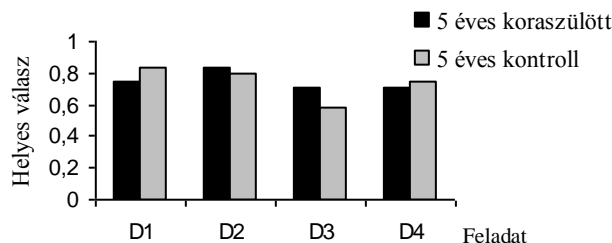
Mennyiség összehasonlítás



Mennyiségek összehasonlításának eredményei C1 (eggyel következő nagyobb szám), C2 (kettővel következő nagyobb szám), C4, C5, C6 (kisebb és nagyobb számok összehasonlítása) és C7 (számtani távolság), feladatban koraszülött és az illesztett normál 5 éves korcsoportban

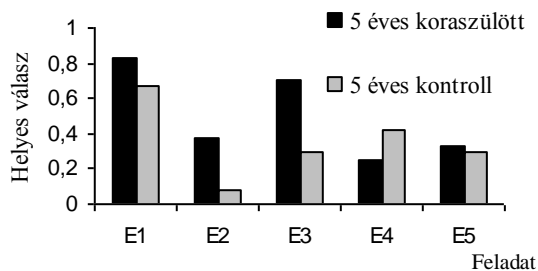
D. próba

Nem-verbális számolás



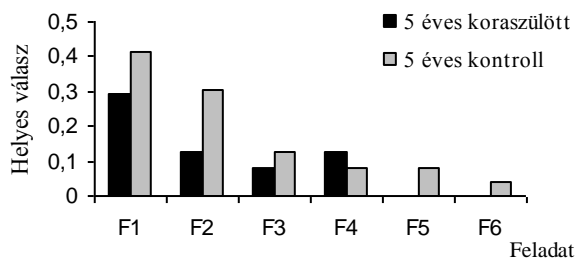
Nem-verbális számolás összeadási (D1: (2 + 1); D2: (3 + 2); D3: (4 + 3); és kivonási feladatban D4: (3 - 1) teljesítménye koraszülött és az illesztett normál 5 éves korcsoportban

E. próba  
Szöveges feladatok



Szöveges feladatok összeadási (E1: (2 + 1); E2: (4 + 3); E3 (3 + 2) és kivonási (E4: (6 - 4) ; E5: (5 - 2) feladatok teljesítménye koraszülött és az illesztett normál 5 éves korcsoportban

F. próba Számkombináció

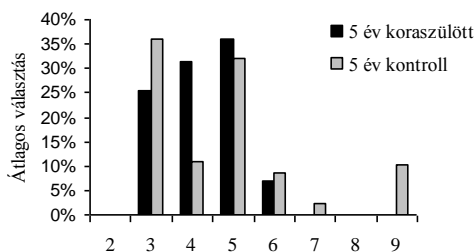


Számkombinációs feladatok összeadási (F1: (2 +1); F2: (3 + 2); F3: (4 + 3); F4: (2 + 4)) és kivonási (F5: (7 - 3); F6: (5 - 2) teljesítményei koraszülött és az illesztett normál 5 éves korcsoportban

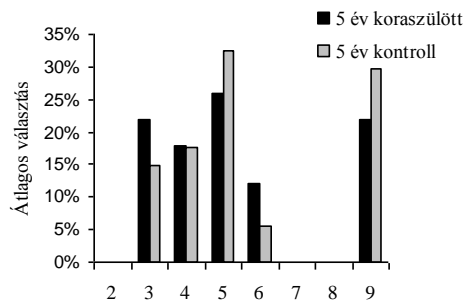
31. Táblázat A koraszülött és normál 5 éves gyermekek teljesítményének összehasonlítása

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 (31. ábra).

E feladat stratégia használatának gyakorisága



F feladat stratégia használatának gyakorisága

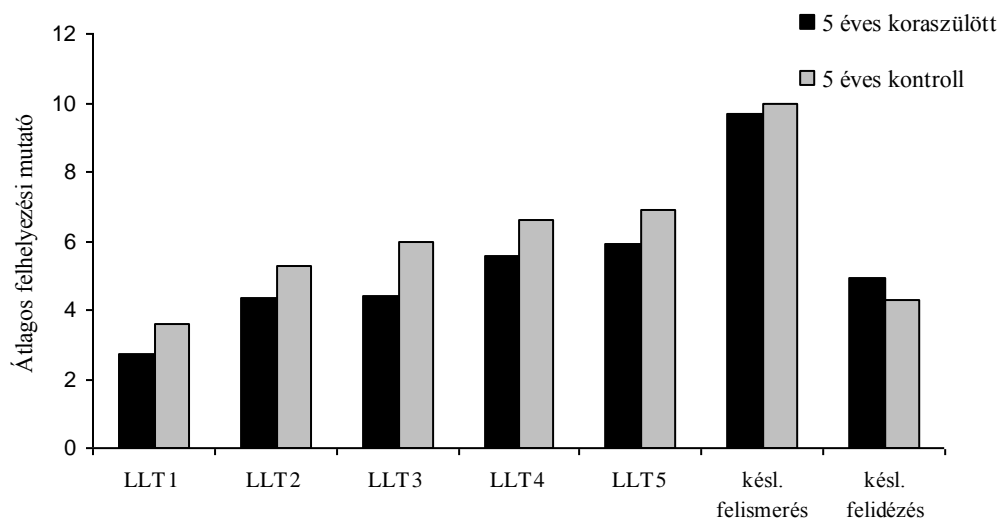


31. ábra Stratégiai használat (2: rajzolás; 3: szám és pontlista; 4: ujjak használata; 5: eszköz nélküli számolás; 6: gyors válasz; 7: teljes elszámolás; 8: tagoktól számolás; 9: nem megfigyelhető) megoszlása a koraszülött és az illesztett normál 5 éves gyermekek körében

A 31. ábra szerint a koraszülött gyermekek tendenciózan használják a megoldásukban stratégiákat mind a szöveges és a számkombinációs feladatban. Ezzel szemben az illesztett csoportba tartozó időre született gyermekek stratégiát váltanak és a számkombinációs helyzetben gyakoribb megoldási módszerré válik az eszköz nélküli számolás.

### 5.3.2 Téri munkamemória vizsgálata (Vizsgálat VII)

A koraszülött gyermekek teljesítményének értékelése 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 kontroll korcsoport a helyes felhelyezések számában sem a tanulási folyamat öt helyzetében, sem a késleltetett felismerésben és felidőzésben nem mutatott szignifikáns különbséget a koraszülöttek válaszához képest ( $t=-,882$ ;  $p=,382$ ), függetlenül attól, hogy látszólag mindkét életkorban megfigyelhető a teljesítménynövekedés (32. ábra).



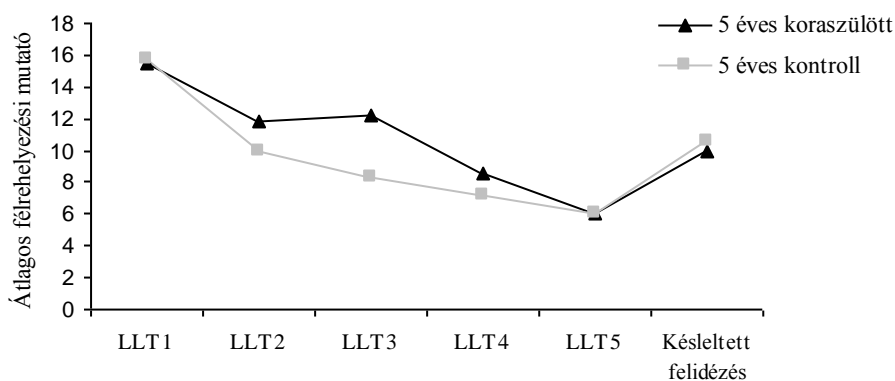
32. ábra Koraszülött és normál 5 évesek nyújtott teljesítményei a Location Learning Testben

Érdekes eredmény mindemellett, hogy a késleltetett felismerésben az illesztett kontroll csoport elérte a plafonővezetet, míg a koraszülött csoport a plafonővezet közelébe jutott (32. táblázat).

	LLT1	LLT 2	LLT 3	LLT 4	LLT 5	Késlelt. felismerés	Késlelt. felidőzés
Kontroll csoport	3,583 SD = 2,717	5,250 SD = 2,489	6,000 SD = 2,978	6,625 SD = 2,871	6,875 SD = 3,026	<b>10,00</b> SD = ,0000	<b>4,291</b> SD = 3,838
Koraszülött csoport	2,703 SD = 1,573	4,33 SD = 1,984	4,416 SD = 2,701	5,541 SD = 2,501	5,916 SD = 2,932	<b>9,666</b> SD = 2,099	<b>4,916</b> SD = 3,437

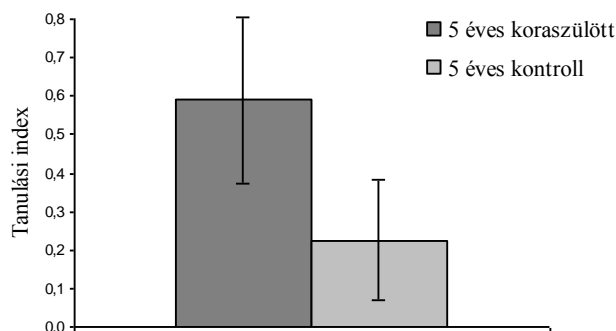
**32. Táblázat Location Learning Test átlag és szórás értékei a koraszülött és a kontroll csoportoknál**

Elemelve valamennyi LLT próba félrehelyezési eredményeit (33. ábra) sem a tanulási próbákban sem a késleltetett felidőzésben nem találtunk szignifikáns különbséget a két csoport teljesítménye között.



**33. ábra Koraszülött és az illesztett kontrollcsoport félrehelyezési mutatói**

Összehasonlítva a félrehelyezési mutatók alapján számolt tanulási indexet (34. ábra) szignifikáns különbséget találtunk a vizsgált korcsoportok között. A koraszülött csoport tanulási index szerint erősebb teljesítmény jelzett.



**34. ábra Koraszülött és az illesztett kontrollcsoport tanulási indexei**

Végül ebben a helyzetben is megvizsgáltuk, hogy van-e összefüggés a numerikus képesség és a téri munkamemória között koraszülött helyzetben. Itt megvizsgáltuk a helyes felhelyezések, a félrehelyezési mutatók, a tanulási index és az NSS részfeladatainak illetve összesített pontszámának kapcsolatát. 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 többi numerikus helyzetben nem találtunk kapcsolatot a munkamemória kapacitásával.

A koraszülött csoport eredményeinek elemzése során végül megvizsgáltuk a rizikófaktorok közül a megrövidült gesztációs hét és az alacsony születési súly hatását a numerikus és munkamemória teljesítményre vonatkozóan. Egy helyzetben találtunk gyenge korrelációs kapcsolatot. Az együttjárás,  $r = ,394$  ( $p < 0,05$ ) a gesztációs hét és a kevesebb mennyiség felismerésében igazolható.

#### **5.4 Megvitatás**

Koraszülöttség a fejlődésre gyakorolt hatása szelektív a haza és a nemzetközi elemzéseket tekintve. Egyes kutatások a korai sérülések hosszútávú deficitjét említik, mások szerint a normál mintához viszonyított különbségek az életkorral elhalványulnak, de alternatív működési modellként a „*mozgó rizikó*” és az „*alvó hatás*” sem zárható ki. A közelmúltban zajló vizsgálatok iskoláskorú koraszülött gyermekeknél diffúz és tartós nehézségeket jeleztek serdülőkorig a tanulásban, és általános nehézségeket az extrém gesztációs időre születetteknél a matematikai készségek terén (Taylor, Espy, Anderson, 2009, Sansavini, Guarini, Caselli, 2011).

Alapvető feltevésünk szerint a kissúlyú koraszülöttek sajátos fejlődési hiányt mutatnak a számérzék területén. Tudomásunk szerint kizárólag az óvodáskorúak számérzék fejlődésében még nincsenek összehasonlítható eredmények, feltevésünket a szakirodalmak által jelezett iskolai matematikai hiányosságokra alapoztuk. Kutatásunk részben az előzetes kísérletekhez képest eltérő eredményekhez vezetett. Eredményeink azt mutatják, hogy az öt éves koraszülöttek számottevően nem mutatnak deficites 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 közelmúltban több kutatócsoport is közölt olyan eredményeket, amelyek a koraszülöttek számrepresentációs és nagyságrepresentációs teljesítményét vizsgálta heterogén életkorú (kisiskolás-serdülő) csoportokban. Az egyik eredmény szerint a *szimbolikus távolsághatás* mentális reprezentációját elemezve szelektív deficit igazolható. A nagyság összehasonlítás során lassuló reakció idő mellett eltérést találtak az igen kissúlyú koraszülött és normál időre született gyermekek teljesítménye között arab számok és ponthalmazok mennyiségének összevetésében (Guarini, Sansavini, et al., 2006). Továbbá az is fontos tény, hogy az extrém koraszülött gyermekek (< 26 gesztációs hét) igazolhatóan az iskolai évek alatt is elhúzódó számrepresentációs nehézséggel küzdenek (Simms, Gilmore, et al., 2013). Fontosnak gondoljuk mi is azt a legfrissebb kutatási eredményt (Guarini, Sansavini, et al., 2014), ahol óvodáskorú koraszülött gyermekek nagyságítéleteit vizsgálták. Nyilvánvalóvá vált, hogy a koraszülötteknek hosszabb időre van szükségük a mennyiségi összehasonlításakor, amelyek függetlenek az észlelési helyzetek direkt (kanonikusan elrendezett pontok), vagy komplex (véletlenszerűen elrendezett pontok) perceptuális tulajdonságaitól. A lassabb ítéletek mögött a szerzők szerint az általános feldolgozási sebesség deficitje nyilvánul meg. A vizsgálatunkban kizárólag szimbolikus mennyiségeket használtunk a megnevezésekben és feltehető, hogy ez alapvető absztrakció, illetve a szimbolikus mennyiség nagyságrendi összehasonlítása még komplex feladat a koraszülötteknek. A tipikusan fejlődőkhöz képest ezen a területen 8 éves korban érik utol a korosztályi társaikat (Guarini, Sansavini, et al., 2014). Érdekes tény, hogy hasonló adatokat találtak első osztályos matematikai tanulási nehézséggel (mathematics learning disabilities) küzdő gyermekek teljesítményében is (De Smedt, Gilmore, 2011). Az általunk megerősített szelektív elmaradás abból a szempontból is érdekes, hogy a tipikus fejlődés során négy éves kortól tetten érhető a mennyiségi fogalmak helyes használata és ettől az időszaktól fogva képesek már a gyermekek összehasonlítani a látott halmazokat a több/kevesebb dimenziója mentén (Griffin, 2004).

Igaz, hogy a „szám után következő mennyiség” és a számtani távolság feladatban már nem találtunk különbséget, viszont az előző vizsgálatban is láthattuk, hogy ez a feladat



mindenképpen kihívás az öt éves gyermekek számára, hiszen a hat évesek már sikeresebb ítéleteket alkotnak. Viszont Guarini és munkatársai (2014), még a hat éves koraszülötteknél ezen a területen is késést tapasztaltak. Az atipikusan fejlődő gyerekeknél nem találtak konszolidált választ a mentális számegyenes használatában, több hibát követtek el a szeriációs feladatban (előre/vissza, egymást követő számok sorozata) a normál fejlődésű gyerekekhez képest. Bár a vizsgált mintánk életkori metszete igen szűk, és nincs arra vonatkozóan pontos viszonyítási adatunk, hogy az érett öt évesek teljesítménye a formális képzés nélkül mennyiben felel meg az életkori szintnek, mégsem zárhatjuk ki, hogy a későbbi fejlődés során a koraszülöttek mutathatnak majd a számérzék ezen illetve a többi területén deficitet.

Tény, hogy a kísérleti eredményink részletes elemzésében szintén 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).

Egyetértünk azzal, hogy a számérzék, mint területspecifikus képesség (Karmiloff-Smith 2006) a fejlődés során a numerikus tapasztalatokkal explicit tudássá alakul. Annak ellenére, hogy nem találtunk közvetlen és erős összefüggést, előzően más kutatásokhoz hasonlóan (Luciana, Lindeke, et al., 1999) a lényegesen megzavart biológiai érés és a numerikus képességek között, mégis a kísérleti eredményünkből úgy tűnik, hogy a számérzéken belül érzékeny reprezentáció a számosság mennyiségi összehasonlítása. Felmerül annak a lehetősége, hogy a koraszülöttség egy szelektív hatású deficitet hoz létre, amelyik az alapvető képességben (számlálás) nem, de az absztrakciót kívánó feladatokban (mennyiségi diszkrimináció) megnyilvánul. Ez azért is fontos, mert a számosság összehasonlításának képessége a legerősebb prediktív faktora az iskolai matematikai sikerességnek, azáltal hogy megalapozza az összetett numerikus készségeket (Clark, Shinn, 2004).

Karmiloff-Smith (1994) szerint a fejlődés a terület-specifikus és terület-általános átalakulások kölcsönhatásának eredője. Tény, hogy a numerikus reprezentáció

közvetlen kapcsolatban áll más terület-általános kognitív képességgel, mint a munkamemória (Karmiloff- Smith 2006), ezért meghatározó vizsgálati szempontunk volt a két terület kapcsolati elemzése a koraszülött gyerekeknél, ahogy tettük ezt a tipikus fejlődésű óvodások esetében is. A kísérleteinkben, a használt eljárással (LLT teszt) 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). A kutatási előzmények szerényebb teljesítménykülönbséget mértek az ismételt bemutatások között, de több hibát jeleztek a téri munkamemória feladatokban a koraszülötteknél. 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. A későbbiek során majd kérdés lehet, hogy a koraszülött csoport azért teljesít jobban, mert lassabb ütemben zajlik a felejtése, vagy pedig az eredeti tanulásban meglévő különbség konzerválódik, így a felejtésnek ebben a helyzetben nincs szerepe az illesztett csoport teljesítményében (Racsomány, 2004). Ez abból a szempontból is érdekes, mert az öt éves koraszülöttek hasonló stratégiát használnak az egészségesen fejlődő társaikhoz képest a téri-munkamemória helyzetben egyes kutatási eredmény szerint (Luciana, Lindeke, et al., 1999).

A téri-vizuális munkamemória és numerikus teljesítmény közül a szöveges helyzetbe ágyazott feladatok és az ismételt bemutatások harmadik próbájával mutat összefüggést. A változók közötti talált laza kapcsolat két terület gyenge egymásra hatását jelzi csupán. Jelen kutatásunkban az összegyűjtött adatok szerint most csak a rövid gesztációs hét és az alacsony születési súly hatásának vizsgálatára volt lehetőségünk. Mivel egy esetben találtunk a születési hét és a mennyiség összehasonlítása között kapcsolatot, ezért úgy gondoljuk, hogy a feltárt elmaradások nemcsak elsősorban a perinatális faktorok függvénye. A későbbiek során egyetértve más kutatók véleményével (Beauchamp et al., 2008), célszerűnek tartjuk újabb változóknak, mint a perinatális tényezők (ellátási traumák), szociodemográfiai és postnatális fejlődési faktorok (korai fejlesztés és neurológiai utógondozás elérhetősége) vizsgálatba emelését.

## 5.5 Összegzés

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. Ezért a további lépéseket tekintve, fontosnak tartanánk, hogy hazánkban eddig longitudinálisan nem vizsgált számérzék illetve téri-vizuális munkamemória területét egy részletes elemzéssel tárjuk fel.

## 6. KITEKINTÉS

Kutatásunk lényegi kérdését, amely az óvodás korúak numerikus képességének tipikus és atipikus fejlődésére irányult, több egymással összefüggő vizsgálati helyzetben igyekeztünk megválaszolni. Szándékunk szerint kettős paradigmába helyezett vizsgálatunk 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.

Az átfogó elméleti keretek, amelyek a numerikus fejlődést igyekeztek megragadni, a gyermekek megismerési sajátosságait úgy modellezte, hogy elsősorban a tipikus fejlődési sajátosságokat ragadta meg, míg az eltérő irányvonalakat többnyire a neuropszichológiai kutatások jelölték ki. A nagy klasszikus episztemológia elmélet (Piaget, 1970) a fejlődést egyre komplexebb mentális reprezentációk működtetésével értelmezi, amiben a tanulásnak fontos szerepe van. Eszerint a fejlődési szakaszok egy meghatározott szigorú és szoros sorrendben követik egymást. A másik elméleti keret a tanulást területspecifikus elvekkel magyarázza (Gelman, 1990). Tovább gondolva a fejlődés területei tág keretben értelmezhetőek, nem egy időben zajlanak, és az információk rendezett tudássá alakulnak, egy újra ismétlődő folyamatban (Karmiloff\_Smith, 1994). A reprezentáció újraírásának elméleti elgondolásába jól illeszkedik a számérzék, a téri tudás fejlődése és kapcsolatuk reprezentációja.

A számérzékről, mint velünk született potenciálnak a matematikai tudás jellegzetes fejlődésében betöltött szerepéről számos információval rendelkezünk. Ismerjük, hogy a tipikusan fejlődő gyermekek, a néhány hónapos csecsemőktől kezdődően az iskoláskorú gyermekek fejlődési ütemén át szoros összefüggést mutat a későbbi numerikus teljesítménnyel. Az is kézenfekvő, hogy a korai időszakról a háttérben fennálló a téri ismeret meghatározó a numerikus információ feldolgozásban. A kérdés, hogy egyes fejlődési periódusokban milyen mértékben hatnak a vizuális – téri területspecifikus sajátosságok az információ feldolgozására.

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.

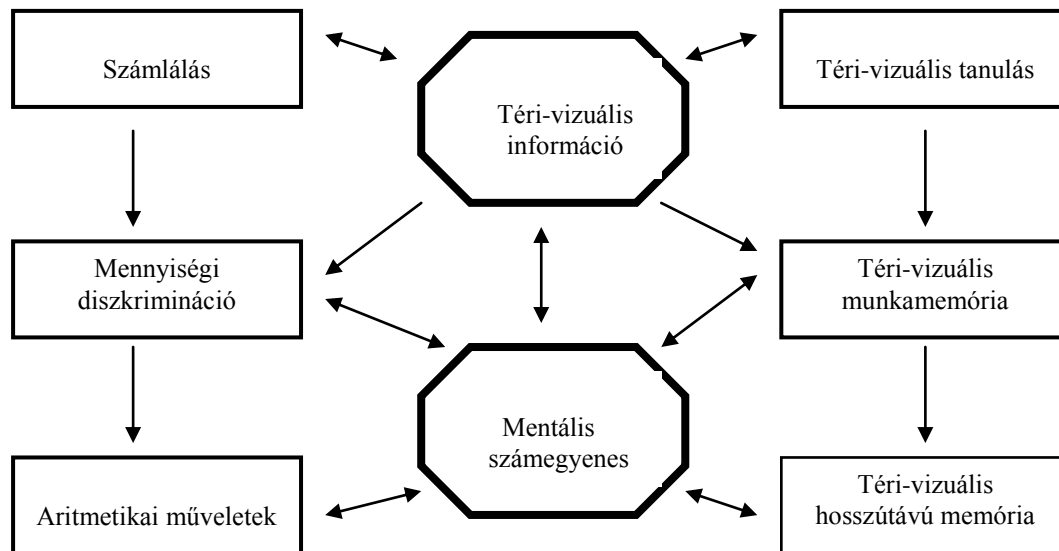
A téri-numerikus modell szerint a téri-számosági reprezentációnak életkori határa van, amely mögött más reprezentációk fejlődése is meghatározó. Az észlelt irányok, a távolság és a mennyiség nagyságrendi percepciója befolyással van az életkori ítéletekre. Ez a tapasztalat csatlakozik ahhoz koncepcióhoz (Karmiloff-Smith, 1994), amely szerint a fejlődés nagy változásai különböző területeken különböző módon nyilvánulnak meg. Ahogy az előzőekben hivatkoztuk, majdcsak a reprezentációk folyamatos újraírása 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, 2009, de Hevia, 2011).

A további kísérletbe 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 számoság megítélésében (Griffin, 2002) és az aritmetikai műveletekben (Levine, Jordan, 1992, Butterworth, 1999).

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 (Györkő, 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 tesztek (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). Ennek a kapcsolatnak prediktív hatása már elvitathatatlan a tudományos eredmények tükrében. A téri-vizuális munkamemória a numerikus tudásra vonatkozó hatását a saját vizsgálatunk egyes próbák szerint tudta csak igazolni. Úgy tűnhet, hogy ebben az életkorban az ismételt bemutatások, mint téri-vizuális tanulás áll elsősorban összefüggésben a numerikus tudás egyes reprezentációjával. A korábban elemezett kapcsolati összefüggéseket annyiban szeretnénk kiegészíteni, hogy kísérleti eredményeink szerint megerősített szerepet tulajdonítunk a téri-vizuális információnak. Bár az eredményeink még nem engedik meg ennek teljes megerősítését, amit természetesen még mi is korainak tartanánk, ennek ellenére a teljes kutatási paradigmáink (téri-numerikus ítéletek vizsgálat, számérzék vizsgálat, téri-vizuális emlékezet vizsgálat) mentén egy szoros összefüggés feltételezünk. A helyes numerikus ítéletek megalkotásában szükségesnek gondoljuk a téri-vizuális információ és mentális számegegyenesen tárolt tudás interakcióját és az emlékezetből történő visszahívását. Erre az elgondolásunkra készítettünk egy vázlatos struktúrát (35. ábra).



35. ábra A téri és numerikus információk feltételezett kapcsolatai

A helyes numerikus ítéletek megalkotásában egyszerre kell hatékonyan tájékozódnia a mentális számegeyenesen és felhasználni a rendelkezésre álló téri-vizuális információkat. Ezek a mentális reprezentációk segítik hozzá az ítéletalkotót, hogy képes legyen mennyiségek diszkriminációjára, az aritmetikai műveletek során a tényezők emlékezetben tartására és visszahívására.

A számérzék óvodáskorú vizsgálatát elsősorban diszkriminatív és preventív módszernek gondoljuk. Egyetértünk Dehaene (2003) gondolatával:

*„Gyermekeink ismeretszerzését úgy segíthetjük elő legjobban, ha figyelembe vesszük, hogy milyen hatással van az agy érése a mentális reprezentációk szerveződésére. Nyilvánvalóan még mindig távol állunk attól, hogy megértsük, a tanulás milyen mértékben képes befolyásolni agyunk szerkezetét. Azt a keveset, azonban amit most tudunk, okosan fel lehet használni.”*

Az ő nyomdokain lépkedve mi is remélni tudjuk csak, hogy ezekkel a tapasztalatokkal egyszer majd jobbá válik a matematika tanítása. Vizsgálati tapasztalatinkhoz azonban még longitudinális eredmények szükségesek, hogy teljes átfogó képet kapjunk a számérzék, a munkamemória óvodáskorú tipikus és atipikus fejlődéséről.

## IRODALOM

Aarnoudse-Moens, C. S. H., Weisglas-Kuperus, N., van Goudoever, J. B., Oosterlaan, J. (2009). Meta-analysis of neurobehavioral outcomes in very preterm and/or very low birth weight children. *Pediatrics*, 124:717-728.

Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Pickering, S. J. (2006). Verbal and Visuospatial Short-Term and Working Memory in Children: Are They Separable? *Child Development*, 77, 6, 1698–1716.

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.

Anderson, P. J., Doyle, L. W. (2004). Victorian Infant Collaborative Study Group. Executive functioning in school-aged children who were born very preterm or with extremely low birth weight in the 1990s. *Pediatrics*, 114: 50-57.

Ansari, D. Donlan, C. Thomas, M. S. C. W Ewing, S. A. Peen, T. Karmiloff-Smith, A. (2003). What makes counting count? Verbal and visuo-spatial contributions to typical and atypical number development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85(1), 50-62.

Ansari, D., Karmiloff-Smith, A. (2002). Atypical trajectories of number development: a neuroconstructivist perspective. *Trends in Cognitive Science*, 6, 12 511-516.

Bachot, J., Gevers, W., Fias, W., Roeyers, H. (2005). Number sense in children with visuospatial disabilities: Orientation of the mental number line. *Psychology Science*, 47, 172–183.

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.

Baddeley, A., Logiea, R., Bressib, S., Della Salab, S., Spinnlerb, H. (1986). Dementia and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 38, 4, 603-618.



- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science* 4(11): 417-423.
- Baddeley, A. D. (2001). Az emberi emlékezet. *Osiris Kiadó*. Budapest
- Baddeley, A. D., Gathercole, S. D., Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Phonological Review*, 105, 158-173.
- Baker, S., Gersten, R., Flojo, J., Katz, R., Chard, D., Clarke, B. (2002). Preventing mathematics difficulties in young children: Focus on effective screening of early number sense delays. (*Technical Report No. 0305*). Eugene, OR: Pacific Institutes for Research.
- Baldwin, J. M. (1895). The effect of size-contrast upon judgments of position in the retinal field. *Psychological Review*, 2(3), 244-259
- Baroody, A. J., Eiland, M., Thompson, B. (2009). Fostering at-risk preschoolers' number sense. *Early Education and Development*, 20(1), 49.
- 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.
- Bayliss, D. M., Jarrold, C., Gunn, D. M., & Baddeley, A. D. (2003). The complexities of complex span: Explaining individual differences in working memory in children and adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 71-92.
- 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.

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.

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

Braeckel, van K., Bos, A., F., Butcher, P., R., Geuze, R., H., Duijn, van M., A., J. Bouma, A. (2008). Less efficient elementary visuomotor processes in 7- to 10-year-old preterm-born children without cerebral palsy: an indication of impaired dorsal stream processes. *Neuropsychology*, 22. 6. 755-764

Booth, J. L., Siegler, R. S. 2006. Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology*, 41, 189-201.

Brainerd, C. J. (1977). Effects of Spatial Cues on Children's Cardinal Number Judgments. *Developmental Psychology*, 13, No. 5, 425-430.

Breslau, N., Johnson, E.,O., Lucia, V.,C. (2001). Academic achievement of low birth weight children at age 11: the role of cognitive abilities at school entry. *Journal Abnormal Child Psychology*, 29: 273–279.

Breslau, N., Paneth, N. S., Lucia, V. C. (2004). The lingering academic deficits of low birth weight children. *Pediatrics*, 114:1035–1040.

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.

Bucks, R. S., Willison, J. R., Byrne, L. M. T. (2000). Location Learning Test: Manual. Bury, St. Edmunds, UK: Thames Valley Test Company

- 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.
- Bryant, P. Christie, C. Rendu, A. (1999). Children's understanding of the relation between addition and subtraction: inversion, and short-term memory. *Journal Experiment Psychology*, 65(1): 1-24.
- Butterworth, B. (1999). *The Mathematical Brain*. London, Macmillan.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3–18.
- Butler, S., Gilchrist, I. D., Burt, D. M., Perrett, D. I., Jones, E., Harvey, M. (2005). Are the perceptual biases found in chimeric face processing reflected in eye-movement patterns? *Neuropsychologia*, 43, 52–59.
- Cappelletti, M., Freeman, E. D., Cipolotti, L. (2007). The middle house or the middle floor: Bisecting horizontal and vertical mental number lines in neglect. *Neuropsychologia*, 45. 2989–3000.
- Carkeet, A., Levi, D. M., Manny, R. E. (1997). Development of Vernier acuity in childhood. *Optometry and Vision Science*, 74 (9), 741-75.
- Case, R., Sandieson, R. (1991). Testing for the presence of a central quantitative structure: Use of the transfer paradigm. In R. Case (Ed.), *The mind's staircase: Exploring the conceptual underpinnings of children's thought and knowledge* (pp. 117–132). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Castronovo, J., Seron, X., (2007). Semantic numerical representation in blind subjects: the role of vision in the spatial format of the mental number line. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 101–119.
- Chokron, S., De Agostini, M. (1995). Reading habits and line bisection: a developmental approach. *Cognitive Brain Research*, 3 (1995) 51-58.

- Clarke, B., Shinn, M. R. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review*, 33, 234–248.
- Clements, D., H. (2004). Major themes and recommendations. In Clements, D. H., Sarama, J. (Eds.), *Engaging Young Children in Mathematics Standards for Early Childhood Mathematics 7-75*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Mahwah
- Conrad, C. (1972). Cognitive economy in semantic memory. *Journal of Experimental Psychology*, 92(2) 149-154.
- 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.
- Cornoldi, C., Vecchi, T. (2003). Visuo-spatial working memory and individual differences. Hove and New York, UK/USA: Psychology Press.
- Crollen, V., Dormal, G., Seron, X., Lepore, F., Collignon, O. (2012). Embodied numbers: The role of vision in the development of number-space interactions. *Cortex*, 1-8
- Cowan, N. (1994). Mechanisms of verbal short-term memory. *Current Directions in Psychological Science*, 3, 185-189.
- Curtis, W. J., Lindeke, L. L., Georgieff, M. K., Nelson, C. A. (2002). Neurobehavioural functioning in neonatal intensive care unit graduates in late childhood and early adolescence. *Brain*, 125:1646-1659.
- 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.

- Dahl, C. D., Rasch, M. J., Tomonaga, M., Adachi, I. (2013). Laterality effect for faces in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal Neuroscience*, 33, 13344–13349.
- Deborah E., Campbell, M. D.; Sonia, O., Imaizumi, M. D.; Judy, C., Bernbaum, M. D. (2008) Health and Developmental Outcomes of Infants Requiring Neonatal Intensive Care. American Academy of Pediatrics. <https://www.pediatriccareonline.org> Letöltve: 2014. május 5.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene, S., Mehler, J. (1992). Cross-linguistic regularities in the frequency of number words. *Cognition*. 43 (1), 1-29.
- Dehaene, S., Bossini, S., Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371–396.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pineda, P., Stanescu, R., Tsivkin, S. (1999) Sources of mathematical thinking: behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284, 970–974.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Dehaene, S. (2003). *A számérzék. Miként alkotja meg az elme a matematikát?* Osiris Kiadó, Budapest.
- Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., Wilson, L. (1999). Pattern span: a tool for unwinding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*. 37(10):1189-99.
- Dempster, F. N. (1981). Memory Span: Sources of Individual and Developmental Differences. *Psychological Bulletin*, 89, 1, 63-100.
- Dékány J. (1999). *Kézikönyv a diszkalkulia felismeréséhez és terápiájához*. Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Tanárképző Főiskola, Budapest
- De Smedt, B., Gilmore, C. K. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal Experimental Child Psychology*, 108(2):278–92.

- DeStefano, D., LeFevre, J. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *The European Journal of Cognitive Psychology*, 16, (3) 353-386.
- 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 Haan, M., Bauer, P. J., Georgieff, M. K., Nelson, C. A. (2000). Explicit memory in low-risk infants aged 19 months born between 27 and 42 weeks of gestation. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 42:304-312.
- 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.
- 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.
- 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. (2010). Number-space mapping in human infants. *Psychology Science*, 21(5): 653–660.
- de Hevia, M. D. (2011). Sensitivity to number: Reply to Gebuis and Gevers. *Cognition*, 121. 253–255.
- Heyes, S. B., Zoakei, N., van der Staaij, I., Bays, P. M., Husain, M. (2012). Development of visual working memory precision in childhood. *Developmental Science*, 15, 4, 528-539.

- Ebersbach, M., Luwel, K., Frick, A., Onghena, P., Verschaffel, L. (2008). The relationship between the shape of the mental number line and familiarity with numbers in 5- to 9-year old children: Evidence for a segmented linear model. *Journal of Experimental Child Psychology*, 99, 1–17.
- Ellis, S. (1997). Strategy choice in sociocultural context. *Developmental Review*, 17, 490–524.
- 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.
- Fabbri, M. (2013). Finger counting habits and spatial-numerical association in horizontal and vertical orientations. *Journal of Cognition and Culture*, 13. 95–110.
- Feigenson, L. (2011). Objects, sets, ensembles. In: *Space, time and number in the brain. Searching for the foundations of mathematical thought. An attention and performance series volume*. Dehaene, S. Brannon, E. M., Academic press is an imprint of Elsevier
- Fenna van Nes, Jan de Lange (2007). Mathematics Education and Neurosciences: Relating Spatial Structures to the Development of Spatial Sense and Number Sense. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 4, no.2, pp. 210-229.
- 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. (2003). Spatial representations in number processing – Evidence from pointing task. *Visual Cognition*, 10(4) 493-508.
- Fischer, M. H. (2001). Number processing induces spatial performance biases. *Neurology*, 57(5) 822-826.
- Fischer, M. H. (2008). Finger counting habits modulate spatial-numerical association. *Cortex*. 44. 386-392.
- Flawell, J. H., Beach, D. R., Chinsky, J. M. (1966). Spontaneous verbal rehearsal in a memory task as a function of age. *Child Development*, 37,283-299.

- Flawell, J. H., Green, F. L. Flawell, E. R. (1993). Children's understanding of the stream of consciousness. *Child Development*, 64, 378-398.
- Foster-Cohen, S., Edgin, J., O., Champion, P., R., Woodward, L., J. (2007). Early Delayed Language Development in Very Preterm Infants: Evidence from the MacArthur-Bates CDI. *Journal of Child Language*, 34, 3, 655-675.
- Fuson, K., C. (1988). Children's counting and concepts of number. New York: Springer Verlag.
- Gardner, M. R., Potts, R. (2010). Hand dominance influences the processing of observed bodies. *Brain Cognition*, 73, 35-40.
- Gathercole, S. E., Adams, A. (1994). Children's phonological working memory: Contributions of long-term knowledge and rehearsal. *Journal of Memory and Language*, 33, 672-688.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P. (2004). Working memory and classroom learning. *Dyslexia Review*, 15,4-9.
- Gathercole, S. E., Baddeley, A. D. (1990). Phonological Memory Deficits in Language Disordered Children: Is There a Causal Connection? *Journal of Memory and Language*, 29, 336-360.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year old children. *Journal of Educational Psychology*, 92, 377-390.
- 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.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., Wearing, H. (2004). The Structure of Working Memory From 4 to 15 Years of Age. *Developmental Psychology*, 40. 2. 177-190.
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114. 2, 345-362.



Geary, D. C. (2003). Learning disabilities in arithmetic: Problem solving differences and cognitive deficits. In H. L. Swanson, K. Harris, S. Graham (Eds.), *Handbook of learning disabilities* (pp. 199–212). New York: Guilford Publishers.

Geary, D. C., Brown, S. C. (1991). Cognitive addition: Strategy choice and speed-of-processing differences in gifted, normal, and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, 27, 398–406.

Geary, D. C., Bow-Thomas, C. C., Yao, Y. (1992). Counting knowledge and skill in cognitive addition: A comparison of normal and mathematically disabled children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54, 372–391.

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., Hamson, C. O., Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236–263.

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.

Gelman, R. (1990). First principles organize attention to and learning about relevant data: Number and the animate-inanimate distinction of examples. *Cognitive Science*, 14, 79-106.

Gelman, R., Gallistel, C., R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Gelman, R., Meck, E. (1983). Preschoolers' counting: Principles before skill. *Cognition*, 13, 343–359.

- Gersten, R., Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *The Journal of Special Education*, 33, 18–28.
- Gersten, R., Jordan, N. C., Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38 (4), 293-304
- Gevers, W., Lammertyn, J. (2005). The hunt for SNARC. *Psychology Science*, 47,10 – 21.
- Gevers, W., Reynvoet, B., Fias, W. (2003). The mental representation of ordinal sequences is spatially organized. *Cognition*, 87:B87–B95.
- Gevers, W., Reynvoet, B., Fias, W. (2004). The mental representation of ordinal sequences is spatially organized: evidence from days of the week. *Cortex*, 40:171-172.
- Gibbon, J., Church, R. M. (1981). Time left: Linear versus logarithmic subjective time. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 7, 87–107.
- Girelli, L., Lucangeli, D., Butterworth, B., (2000). The development of automaticity in accessing number magnitude. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76, 104–122.
- Guo, K., Meints, K., Hall, C., Hall S., Mills, D. (2009). Left gaze bias in humans, rhesus monkeys and domestic dogs. *Animal Cognition*, 12, 409–418.
- 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.
- Griffin, S. (2004). Building number sense with number worlds: A mathematics program for young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 173–180.
- Griffin, S. (2007). Early intervention for children at risk of developing mathematical learning difficulties. In D. B. Berch, M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is Math So Hard for Some Children? The Nature and Origins of Mathematical Learning Difficulties and Disabilities* 373-396.

Guarini, A., Sansavini A., Giovanelli, G., Alessandroni, R., Faldella, G., Ansari, D., Karmiloff-Smith, A. (2006). Basic numerical processes in preterms. *World Journal Pediatrics*, 2(2):102–8.

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.

Györkö 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 difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 93:615–626.

Hartje, W. (1987). Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective. Deloche, Gérard (Ed); Seron, Xavier (Ed); Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates, Inc; 1987. 121-135, 281

Hámori E. (2013). Rizikófaktorok, adaptáció és reziliencia a korai fejlődésben – a koraszülöttség a fejlődési pszichopatológia modelljében. *Magyar Pszichológiai Szemle*. 68. 1. 7–22.

Hitch, G. J., Halliday, M. S. (1983). Working memory in children. *Philosophical Transaction of Royal Society*, 302, 324-340.

Hitch, G. J., Halliday, M. S., Schaafstal, A. M., Schraagen, J. M. C. (1988). Visual working memory in young children. *Memory and Cognition*, 16, 120-132.

Hopkins-Golightly, T. Raz, S., Sander, C. G. (2003). Influence of Slight to Moderate Risk for Birth Hypoxia on Acquisition of Cognitive and Language Function in the Preterm Infant: A Cross-Sectional Comparison With Preterm-Birth Controls. *Neuropsychology*, 17. 1. 3-13.

- 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.
- Howell, S., Kemp, C. (2005). Defining early number sense: A participatory Australian study. *Educational Psychology*, 25, 555–571.
- Hung, Y.-h., Hung, D.L., Tzeng, O. J.-L., Wu, D. H., (2008). Flexible spatial mapping of different notations of numbers in Chinese readers. *Cognition*, 106, 1441–1450.
- Huntley-Fenner, G. (2001). Why count stuff? Young preschoolers do not use number for measurement in continuous dimensions. *Developmental Science*, 4. 4. 456-462.
- Imbo, I., De Brauwer, J., Fias, W., Gevers, W. (2011). The development of the SNARC effect: Evidence for early verbal coding. *Journal of Experimental Child Psychology*, 139, 180-190.
- Isaacs, E. B., Vargha-Khadem, F. (1989). Differential course of development of spatial and verbal memory span: A normative study. *British Journal of Developmental Psychology*, 7, 377-380.
- Ito, Y., Hatta, T. (2004). Spatial structure of quantitative representation of numbers: evidence from the SNARC effect. *Memory and Cognition*, 32, 662-673.
- Luculano, T., Moro, R., Butterworth, B. (2010). Updating Working Memory and arithmetical attainment in school. *Learning and Individual Differences*, 21, 655–661.
- Insausti, R., Cebada-Sánchez, S., Marcos, P. (2011) Postnatal development of the human hippocampal formation. *Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology*, 206, 1-86.
- Jármi É. (2012). Számolási képességek fejlődése óvodás- és kisiskolás korban. *Pszichológia*, 34, 4, 317-339
- Jármi É. (2013). Alapvető számolási képességek tipikus és atipikus fejlődése – a számolási zavar diagnosztikája. Doktori értekezés. <http://pszichologia.phd.elte.hu/vedesek> Letöltve: 2014. április 6.

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., Kaplan, D., Oláh, L., N., Locuniak, M., N. (2006). Number Sense growth in kindergarten: a longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development*, 77. 1, 153 – 175.

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.

Jordan, N. C. Hanich, L. B., Kaplan, D. (2003). A longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. *Child development*, 74 (3) 834-850.

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.

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., (2009). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 82-88.

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.

Kalmár M., Boronkai J. (2006). Meddig „koraszülött” a koraszülött gyerek? Magyar pszichológia Társaság Nagygyűlés 2006

Kalmár M., Csiky E., Gervai J., Kovács, J., Kucseráné G. R., Medgyesi P. Mlinkó R., Ney K. (2008). Az értelmi fejlődés, a viselkedésszervezés egyidejű és longitudinális összefüggésmintázatai a perinatális rizikó és a környezeti feltételek függvényében: koraszülött és időre született gyerekek követése iskoláskorig. OTKA Pályázati Zárótanulmány. Elérhető: <http://real.mtak.hu/1168/> Letöltve: 2014. november 3.

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

Karmiloff-Smith, A. (1998). Development itself is the key to understanding developmental disorders. *Trends in Cognitive Science*, 2, 389-398.

Karmiloff-Smith, A. (2006). The tortuous route from genes to behavior: A neuroconstructivist approach. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 6(1), 9-17.

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

Kaldy Z, Kovacs I. (2003). Visual context integration is not fully developed in 4-year-old children. *Perception*, 32:(6) 657-666.

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.

Kessels, R. P. C., Nysc, G. M. S., Brands, A. M. A., van den Berg, E., Van Zandvoort, M. J. E. (2006). The modified Location Learning Test: Norms for the assessment of spatial memory function in neuropsychological patients. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21. 841–846.

Kozlowski, L. T., Bryant, K. J. (1997). Sense of direction, spatial orientation, and cognitive maps. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 590–598.

- Kovacs, I., Kozma, P., Feher A., Benedek G. (1999). Late maturation of visual spatial integration in humans. *Proceeding of the National Academy of Sciences USA*, 96 (21), 12204-12209.
- Kovacs, I., Feher, A., Shankle, W. R., Hara, J., Fallon, J. H. (1999). Delayed maturation of the ventral visual stream in humans. European Conference on Visual Perception, Trieste, Italy
- Kovács I. (2005). Az emberi látás fejlődéséről. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 11:(3) 309-326.
- Krajcsi A. (2010). A numerikus képességek zavarai és diagnózisuk. *Gyógypedagógia Szemle*, 2.
- Kretschmer, H. J., Kammradt, G. Kranthausen, I., Sauer, B. Winger, F. (1986). Growth of the hippocampal formation in man. *Bibliotheca Anatomica*, 28, 27-52.
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, E. C. D. M., Van Loosbroek, E., Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual differences in early numeracy: The role of executive functions and subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27, 226–236.
- 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.
- KSH (2012). Statisztikai Tükör. VI. évfolyam, 88. szám
- Kurdek, L. A., Sinclair, R. J. (2001). Predicting reading and mathematics achievement in fourth-grade children from kindergarten readiness scores. *Journal of Educational Psychology*, 93, 3, 451-455.
- Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., Van Luit, J. E. H., & Hautamäki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology*, 20, 65–76.

- Lago, R., M., DiPerna, J., C. (2010). Number sense in kindergarten: a factor-analytic study of the construct. *School Psychology Review*, 39, 2,164–180.
- Le Corre, M., Carey, S. (2007). One, two, three, four, nothing more: An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition*, 105, 395–438.
- Levine, S., C., Jordan, N., C. (1992). Development of calculation abilities in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 53, 72 – 103.
- Lewis, C., Hitch, G. J., Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9- to 10- year-old boys and girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35: 283–292.
- Lipton, J., S., Spelke, E., S. (2004). Discrimination of large and small numerosities by human infants. *Infancy*, 5 (3), 271 – 290.
- Logie, R. H., Marchetti, C. (1991). Visuospatial working memory: Visual, spatial or central executive? In R. H. Logie & M. Denis (Eds.), *Mental images in human cognition* (pp. 105-115). Amsterdam: North-Holland.
- Logie, R. H., Gilhooly, K. J., Wynn, V. (1994). Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory and Cognition*, 22, 395-410.
- Logie, R. H., (1986). Visuo-spatial processing in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 229-248.
- 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.
- 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.



- Luu, T. M., Ment, L. R., Schneider, K. C, Katz, K. H., Allan, W. C., Vohr, B. R. (2009) Lasting effects of preterm birth and neonatal brain hemorrhage at 12 years of age. *Pediatrics*, 123(3) 1037–1044.
- Marzoli, D., Mitaritonna, A., Moretto, F., Carluccio, P., Tommasi, L. (2011). The handedness of imagined bodies in action and the role of perspective taking. *Brain Cognition*, 75, 51–59.
- Marzoli, D. Prete, G., Tommasi, L. (2014). Perceptual asymmetries and handedness: a neglected link? *Frontiers in Psychology*, 5, 163
- 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.
- Mazzocco, M. M. M., Thompson, R. E. (2005). Kindergarten predictors of math learning disability. *Learning Disabilities Research and Practice*, 20, 142–155.
- McIntosh, R. D., Schindler, I., Birchall, D., Milner, A. D. (2005). Weights and measures: A new look at bisection behaviour in neglect. *Cognitive Brain Research*, 25, 3, 833 – 850.
- McKenzie, B., Bull, R., Gray, C. (2003). The effects of phonological and visuospatial interference on children’s arithmetical performance. *Educational and Child Psychology*, 20(3)
- 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.
- Methe, S. A., Hintze, J. M., Floyd, R. G. (2008). Validation and decision accuracy of early numeracy skill indicators. *School Psychology Review*, 37, 359–373.
- Mix, K. S. (1999). Preschoolers’ recognition of numerical equivalence: sequential sets. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 309–332.

- Mix, K., Huttenlocher, J. & Levine, S.C. (2002). Quantitative development in infancy and early childhood. Oxford University Press.
- 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.
- Mulder, H., Pitchford, N. J., Marlow, N. (2011). Processing speed mediates executive function difficulties in very preterm children in middle childhood. *Neuropsychological Society*, 17(3):445-54.
- Murphy, D. D., Rueter, S. M., Trojanowski, J. Q., Lee, V. M. (2001). Synucleins Are Developmentally Expressed, and  $\alpha$ -Synuclein Regulates the Size of the Presynaptic Vesicular Pool in Primary Hippocampal Neurons. *The Journal of Neuroscience*, 20(9): 3214-3220.
- Narberhaus, A., Segarra, D., Gimenez, M., Junque, C., Pueyo, R., Botet, F. (2007) Memory performance in a sample of very low birth weight adolescents. *Developmental Neuropsychology*, 31:129-35.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics. Reston, VA: NCTM.
- Newcombe, N., S., Huttenlocher, J. (2003). Making space. The development of spatial representation and reasoning. A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London
- Noël, M., P. (2005). Finger gnosia: a predictor of numerical abilities in children? *Child Neuropsychology*, 11: 413–430.
- Okamoto, Y., Case, R. (1996). Exploring the microstructure of children's central conceptual structures in the domain of number. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61, 27–59.

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., Clarissa A. Thompson, C. A., Furlong, E. E. (2010). Early development of spatial-numeric associations: evidence from spatial and quantitative performance of preschoolers. *Developmental Science*, 13:5, 761–771.

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

Ornstein, P. A., Naus, M. J., Liberty, Ch. (1975). Rehearsal and organisational process in children's memory. *Child Development*, 46, 4

Ostad, S. A. (1998). Comorbidity between mathematics and spelling difficulties. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 23: 145–154.

Óvodai nevelés országos alapprogramja (2013). 363/2012. (XII. 17.) Kormányrendelet <http://net.jogtar.hu> Letöltve: 2014. szeptember 16.

Papic, M., Mulligan, J. (2005). Preschoolers' mathematical patterning. The Proceedings of the 28th Mathematical Education Research Group of Australasia Conference (pp. 609-616). Melbourne, Australia.

Perrone, G., de Hevia, M., D., Bricolo, E., Girelli, L. (2010). Numbers can move our hands: a spatial representation effect in digits handwriting. *Experimental Brain Research*, 205:479–487.

Piaget, J. (1970). *Válogatott tanulmányok*. Budapest Gondolat Kiadó

Piaget, J., Inhelder, B. (1956). *The Child's Conception of Space*. London: Routledge and Kegan Paul.

Pica, P., Lemer, C., Izard, V., Dehaene, S. (2004). Exact and Approximate Arithmetic in an Amazonian Indigene Group. *Science*, 15. 306. 5695. 499 – 503.

- Pickering, S. J. (2001). The development of visuo-spatial working memory. *Memory*, 9, 423–432.
- Pickering, S. J., Gathercole, S. E., Peaker, S. H. (1998). Verbal and visuo-spatial short-term memory in children: Evidence for common and distinct mechanisms. *Memory & Cognition*, 26, 1117-1130.
- Potter, M. C., Levy, E. I. (1968). Spatial enumeration without counting. *Child Development*, 39, 265–272.
- Pressey, A. W., Smith, N. E. (1986). The effects of location, orientation, and cumulation of boxes in the Baldwin illusion. *Perception and Psychophysics*, 40 (5), 344-350.
- 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 vizsgálmódszerei*. Akadémiai Kiadó, 11-40.
- Raghubar K. P., Barnes, M., A., Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110–122.
- Raven, J. (2000). The Raven's Progressive Matrices: Change and Stability over Culture and Time. *Cognitive Psychology*, 41, 1-48.
- 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., Jeffery J. Jankowski, J., J. (2001). Visual Short-Term Memory in the First Year of Life: Capacity and Recency Effects. *Developmental Psychology*, 37. 4. 539-549.
- Rose, S. A., Feldman, J.F., Jankowski, J. J. (2005). Recall memory in the first three years of life: a longitudinal study of preterm and term children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47:653-659.
- 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.
- Rourke, B. P., Conway, J. A. (1997). Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning. Perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities*, 30. , 34-46.
- Russell, R.L., Ginsburg, H.P. (1984). Cognitive analysis of children’s mathematical difficulties. *Cognition and Instruction*, 1, 217–244.
- Rousselle, L., Noël M-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102, 3, 361–395.
- Rushe, T. M., Rifkin, L., Stewart, A. L., Townsend, J. P., Roth, S. C., Wyatt, J. S., Murray, R. M. (2001). Neuropsychological outcome at adolescence of very preterm birth and its relation to brain structure. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2; 43:226-233.
- Saavalainen, P., Luoma, L., Bowler, D., Määttä, S., Kiviniemi, V., Laukkanen, E., Herrgard, E. (2007). Spatial span in very prematurely born adolescents. *Developmental Neuropsychology*, 32:769-785.
- Sadler, P. M., Tai, R. H. (2007). Weighting for recognition. Accounting for advanced placement and honors courses when calculating high school grade point average. *National Association of Secondary School Principals Bulletin*, 91, 5-32.

- 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.
- Sansavini A, Guarini A, Caselli MC. (2011) Preterm birth: neuropsychological profiles and atypical developmental pathways. *Dev. Disabil. Res. Rev.* 17(2):102–13.
- Sapolsky, R., Uno, H., Rebert, C., Finch, C. (1990). Hippocampal damage associated with prolonged glucocorticoid exposure in primates. *Journal Neuroscience*, 10, 2897–2902.
- Shaki, S, Fischer, M, H, Göbel, S, M. (2012). Direction counts: A comparative study of spatially directional counting biases in cultures with different reading directions. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112(2), 275-281.
- Shea, D. L., Lubinski, D., Benbow, C. P. (2001). Importance of assessing spatial ability in intellectually talented young adolescents: A 20-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 93, 604–614.
- 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.
- Schmidt-Kastner, R., Freund, T. F. (1991). Selective vulnerability of the hippocampus in brain ischemia. *Neuroscience*, 40, 599-636.
- Schneider, W., Wolke, D., Schlagmüller M, Meyer, R. (2004). Pathways to school achievement in very preterm and full term children. *European Journal of Psychology of Education*, 19:385–406.

- Schwarz, W. Keus, I. M. (2004). Moving the eyes along the mental number line: comparing SNARC effects with saccadic and manual responses. *Perception and Psychophysics*, 66, 651-664.
- Seron, X., Deloche, G., Ferrand, I., Cornet, J.-A., Frederix, M., Hirsbrunner, T. (1991). Dot counting by brain damaged subjects. *Brain and Cognition*, 17, 116–137.
- 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.
- Siegler, R., Opfer, J. (2003). The development of numerical estimation: Evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, 14(3), 237-243
- Siegler, R., S., Booth, J., L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development* , 75 (2). 428- 444.
- Simon, J. R., Bearden, C. E. McDonald Mc-Ginn, D., Zackai, E. (2004). Visuospatial and numerical cognitive deficits in children with chromosome 22q.11.2 deletion syndrome. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 41(2), 145-155.
- Simms. V., Gilmore, C., Cragg, L., Marlow, N., Wolke, D., Johnson, S. (2013). Mathematics difficulties in extremely preterm children: evidence of a specific deficit in basic mathematics processing. *Pediatrics Research*, 73(2):236–44.
- Simon, T. J., (1997). Reconceptualizing the origins of number knowledge: a ‘nonnumerical’ account. *Cognitive Development* 12, 349–372.
- Smyth, M. M., Scholey, K. A. (1992). Determining spatial memory span: the role of movement time and articulation rate.' *Quarterly Journal of Experimental Psychology Series a Human Experimental Psychology*, 45, 3, 479-501.

- Soltész, F., Szűcs, D., Szűcs, L. (2010). Relationships between magnitude representation, counting and memory in 4- to 7-year-old children: A developmental study. *Behavioral and Brain Functions*, 6:13
- Sophian, C., Adams, N. (1987). Infants' understanding of numerical transformations. *British Journal of Developmental Psychology*, 5, 257-264.
- Sophian, C., Chu, Y. (2008). How do people apprehend large numerosities? *Cognition*, 107, 460–478.
- Spelke, E. S. (2000). Core knowledge. *American Psychologist*, 55, 1233-1243.
- Szanati Dóra (2008). A koraszülöttség pszichés hatásai. A Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából rendezett tudományos konferencia kiadványa. Bács-Kiskun Megyei Tudományos Fórum II. kötet
- Szanati D., Nagy I. (2006). A koraszülöttség mint a preverbális képességek fejlődését befolyásoló tényező. *Gyógypedagógia Szemle*, 1
- Taylor, H. G., Klein, N., Minich, N. M., Hack, M. (2000). Verbal memory deficits in children with less than 750 g birth weight. *Child Neuropsychology*. 6:49-63.
- Taylor, H. G., Minich, N., Bangert, B., Filpek, P. A., Hack, M. (2004). Long-term neuropsychological outcomes of very low birth weight: associations with early risks for periventricular brain insults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10: 987- 1004.
- 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.
- Taylor H. G, Espy K. A, Anderson P. J. (2009) Mathematics deficiencies in children with very low birth weight or very preterm birth. *Developmental Disabilities Research Review*, 15(1):52–9.



Taylor, S., Workman, L., Yeomans, H. (2012). Abnormal patterns of cerebral lateralisation as revealed by the universal chimeric faces task in individuals with autistic disorder. *Laterality*, 17, 428–437.

Temple, E., Posner, M.I., (1998). Brain mechanisms of quantity are similar in 5-year old children and adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, 95, 7836–7841.

Thompson, D. K., Adamson, Ch., Roberts, G., Faggian, N., Wood, S. J., Warfield, S. K., Doyle, L. W., Anderson, P. J., Egan, G. F. Inder, T. E. (2013). Hippocampal shape variations at term equivalent age in very preterm infants compared with term controls: Perinatal predictors and functional significance at age 7. *NeuroImage*, 70, 278–287.

Thorndyke, P. W., Stasz, C. (1980). Individual differences in procedures for knowledge acquisition from maps. *Cognitive Psychology*, 12, 1, 137-175.

Tolar, T. D., Fuchs, L., Fletcher, J. M., Fuchs, D., Hamlett, C. L. (2014). Cognitive Profiles of Mathematical Problem Solving Learning Disability for Different Definitions of Disability. *Journal of Learning Disabilities*. (in press)

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

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

Vida G., Sárkány I., Funke S., Gyarmati J., Storcz J., Gaál V., Vincze O., Ertl T. (2007). Extrém alacsony gesztációs korú koraszülöttek életkilátásai. *Orvosi Hetilap*, 148. (48), 2279-2284.

van Nes, F., de Lange, J. (2007). Mathematics Education and Neurosciences: Relating Spatial Structures to the Development of Spatial Sense and Number Sense. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 4,2, 210-229.

Van De Walle, J. (1990). Elementary school mathematics: Teaching developmentally. White Plains, NY: Longman.

- Van Galen, M. S., Reitsma, P. (2008). Developing access to number magnitude: A study of the SNARC effect in 7- to 9-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 101, 99–113.
- 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.
- Vohr, B., R, Wright L., L., Poole K, McDonald, S.,A. (2005). Neurodevelopmental outcomes of extremely low birth weight infants <32 weeks' gestation between 1995-1998. *Pediatrics*, 116(3):635-643.
- von Aster., Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 868-873.
- von Aster, M. G., Schweiter, M., Weinhold Zulauf, M. (2007). Rechenstörungen bei Kindern: Vorläufer, Prävalenz und psychische Symptome. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39: 85–96.
- Wai, J., Lubinski, D., Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101, 817–835.
- Webb, R. M., Lubinski, D., Benbow, C. P. (2007). Spatial ability: A neglected dimension in talent searches for intellectually precocious youth. *Journal of Educational Psychology*, 99, 397–420.
- Wechsler, D. (1974). *Manual for the Wechsler Intelligence Scale for Children—Revised*. New York: Psychological Corporation.

- Wilson, J. T. L., Scott, J. H. Power, K. G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. *British Journal Developmental Psychology*, 5, 249-255.
- Wood, J., N. Spelke, E., S. (2005). Infants' enumeration of action: numerical discrimination and its signature limits. *Developmental Science*, 8:2, pp 173 – 181.
- Woodward, L. J., Edgin, J. O., Thompson, D., Inder, T. E. (2005). Object working memory deficits predicted by early brain injury and development in the preterm infant. *Brain*, 128, 2578–2587.
- 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. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36, 155–193.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature* 358, 749 – 750.
- Zanker, J., Mohn, G., Weber, U., Zeitler-Dries, K., Fahle, M. (1992) The Development of Vernier Acuity in Human Infants. *Vision Research*, 32, 8, 1557-1564

## Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek Dr. Lábadi Beatrixnak, aki évekkkel ezelőtt lehetőséget adott a munkám elindításához és segítette az erőfeszítéseimet. A szakmai támogatása mellett hálás vagyok az ösztönzésért és bátorításért, amit Tőle kaptam.

Szeretnék köszönetet mondani a férjemnek, aki mindig is hitt a munkámban és hitével átsegített a nehézségeken. Külön köszönöm Neki és a gyermekeimnek, az adatgyűjtő munkájukat, a végtelen türelmüket és szeretetüket, amit a dolgozat elkészítése során kaphattam Tőlük.

Köszönettel tartozom a munkahelyi vezetőmnek Antus Györgynének, aki mindvégig támogatott a munkámban, helyet és időt biztosított számomra a nyugodt kutatáshoz. Köszönöm a kollégáimnak és a barátaimnak a sok biztatást és együttérzést a nehéz pillanatokban. Szeretném, külön megköszönni a Gyakorlóóvodában dolgozó kollégáimnak és az óvodába járó gyermekeknek, szüleiknek, hogy önként és támogatóan részt vettek a vizsgálatokban.

Hálával tartozom Dr. Beke Anna gyermekgyógyász neonatológusnak, aki helyet biztosított a koraszülöttek vizsgálatához és szakmai hitével példamutatást adott. Köszönöm Szeszák Szilviának, hogy megszervezte és lebonyolította a koraszülött gyermekek vizsgálatát.

Köszönöm Pulai Erzsébetnek, és Buday Tündének a sok hasznos segítséget és hogy, mindig a rendelkezésemre álltak.

Megköszönöm Vágvölgyi Réka PhD hallgató és Kuch Gabriella pszichológushallgató szakmai segítségét.

Külön köszönöm Racsmány Mihálynak, hogy a rendelkezésünkre bocsátott mérőeszközzel dolgozhattunk, továbbá szeretném megköszönni Nancy Jordannak bátorító szavait, ami szakmai hitet adott a kutatásom elkészítéséhez.

...és végül köszönöm a szüleimnek, hogy az álmukat megvalósíthattam.



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Bölcsészettudományi Kar  
Pszichológiai Intézet

H-7624 Pécs, Ifjúság útja 6.  
Telefon: (72) 501-516; (72) 501-500/4609

### PLÁGIUM NYILATKOZAT

Alulírott **Györkő Enikő** büntetőjogi felelősségem tudatában a jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a plágium fogalmát megismertem, és a **Numerikus képességek tipikus és atipikus fejlődése óvodáskorban** című dolgozatban azokat tartottam.

A jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben a plágium vétsége igazolást nyer, a dolgozat automatikusan elégtelen minősítést kap és a dolgozat benyújtója ellen fegyelmi eljárás indítható.

Györkő Enikő  
PhD hallgató

Pécs, 2015. február 13.

## ÁBRÁK JEGYZÉKE

36. ábra: Számérzék és téri érzék kapcsolata van
37. ábra: Baldwin-típusú figurák vonal hosszúsági illúziója
38. ábra: Horizontális vonalfelezési paradigma alapvizsgálati helyzetei
39. ábra: Egyenlő terület esetében létrejövő torzítás a vonal kettéosztásakor életkoronként
40. ábra: Egyenlő kontúr esetében létrejövő torzítás a vonal kettéosztásakor életkoronként
41. ábra: Kontrollált kontúr esetében létrejövő torzítás a vonal kettéosztásakor életkoronként
42. ábra: Kontrollált felület esetében létrejövő torzítás a vonal kettéosztásakor életkoronként
43. ábra: Vertikális vonalfelezési paradigma alapvizsgálati helyzetei
44. ábra: eltérő mennyiségekkel vizsgált vertikális vonalfelezés torzítási eredményei minden korcsoportban 60 mm és 80 mm hosszú egyenesek esetében
45. ábra: Egyenlő mennyiségek torzítási átlagai 60 mm és 80 mm hosszú vonalaknál minden életkori csoportban
46. ábra: Numerikus-kognitív terület négylépéses modellje.
47. ábra: Intellektus és az életkor eloszlásának vizsgálata 5 és 6 éves korcsoportban
48. ábra: 5 és 6 éves gyermekek teljesítménye az NSS szubtesztjeiben
49. ábra: Egyjegyű és kétjegyű számok felismerésének sikeressége 5 és 6 éves korcsoportban
50. ábra: A kilences szám helyes és tévesztett azonosítása az 5 és 6 éves korcsoportban
51. ábra: Mennyiségek összehasonlításának eredményei kritikus (eggyel következő nagyobb szám, kettővel következő nagyobb szám, számtani távolság) feladatokban 5 és 6 éves korcsoportban
52. ábra: Nem-verbális számolás összeadási és kivonási feladatban teljesítménye 5 és 6 éves korban
53. ábra: Szöveges feladatok összeadási és kivonási feladatok teljesítménye 5 és 6 éves korban
54. ábra: Számkombinációs feladatok összeadási és kivonási teljesítményei 5 és 6 éves korban

20. ábra: Használt stratégiák megoszlása a szöveges és a számkombinációs feladatokban 5 és 6 éves korcsoportban
55. ábra: Használt stratégiák a szöveges és számkombinációs feladatokban megoszlása a szöveges és a számkombinációs feladatokban 5 és 6 éves korcsoportban
56. ábra: Baddeley és Hitch (1974), Baddeley (1986, 2001) munkamemória modellje
57. ábra: 5 és 6 éves gyermekek teljesítményei a közvetlen felidézés után mind az 5 próbában
58. ábra: 5 és 6 éves gyermek csoportok félrehelyezési mutatói
59. ábra: 5 és 6 éves gyermek csoportok tanulási indexei
60. ábra: Koraszülés illetve perinatális halálozás 1990-2011 között Magyarországon és születés körüli halandóság születéskori súly szerint
61. ábra: Károsodás/túlélés a gesztációs kor függvényében
62. ábra: Intellektus és az életkor eloszlásának vizsgálata koraszülött és illesztett kontroll csoportban
63. ábra: Koraszülött és az illesztett normál 5 éves gyermekek teljesítménye az NSS szubtesztjeiben.
64. ábra: Egyjegyű és kétjegyű számok felismerésének sikeressége koraszülött és az illesztett normál 5 éves korcsoportban
65. ábra: Stratégiai használat megoszlása a koraszülött és az illesztett normál 5 éves gyermekek körében
66. ábra: Koraszülött és normál 5 évesek nyújtott teljesítményei a Location Learning Testben
67. ábra: Koraszülött és az illesztett kontrollcsoport félrehelyezési mutatói
68. ábra: Koraszülött és az illesztett kontrollcsoport tanulási indexei
69. ábra: A téri és numerikus információk feltételezett kapcsolatai

## TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

33. táblázat: Számérzék fogalmának operacionalizációja
34. táblázat: Korai numerikus alapok fejlődési rendszere
35. táblázat: Számlálási szabályok fejlődése
36. táblázat: A számérzék legfőbb elemei kisgyermeknél
37. Táblázat: Összefoglaló táblázat atipikus fejlődésűek téri-vizuális képessége és a numerikus képesség között.
38. táblázat: A vizuális elrendezések téri kiterjedés változói a horizontális helyzet, különböző vizsgálati módjaiban
39. táblázat: Horizontális vonalfelezési paradigma 3-, 4-, 5 éves életkori csoportjainak részletes jellemzése
40. táblázat: A vizuális elrendezések téri kiterjedés változói a vertikális helyzet, különböző vizsgálati módjaiban
41. táblázat: Vertikális vonalfelezési paradigma 3-, 4-, 5-, 6-, 7 éves és felnőtt életkori csoportjainak jellemzése
42. táblázat: 3 és 4 éves gyermekek eredményi összehasonlítva a többi vizsgált csoporthoz képest
43. táblázat: Életkori csoportok összehasonlítása az elért teljesítmények alapján
44. táblázat: Numerikus képességeket mérő eljárások összehasonlítása
45. Táblázat NSS feladatsorai
46. táblázat: vizsgálatban résztvevő óvodáskorú csoport jellemzői
47. táblázat: Raven teszt statisztikai adatai 5 és 6 éves korcsoportban
48. táblázat: Az NSS szubtesztjeinek és öszpontszámának és az IQ korrelációs elemzés 5 és 6 éves gyermekek csoportjában
49. táblázat: Az NSS szűrőeljárás teljesítményének adatai a normalitás vizsgálat tekintetében mindkét életkori csoportban vizsgálva
50. táblázat: Az NSS szubtesztjeinek teljesítményének összehasonlítása
51. táblázat: Az egyjegyű számok és a többjegyű számok felismerésének és megnevezésének teljesítménye
52. táblázat: Nem-verbális számolás teljesítményei 5 és 6 éves korcsoportban
53. táblázat: A számkombinációs feladatok teljesítményének összefoglaló táblázata
54. táblázat: A munkamemória fejlődési vizsgálatainak összefoglaló táblázata

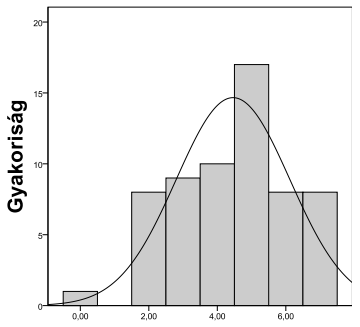
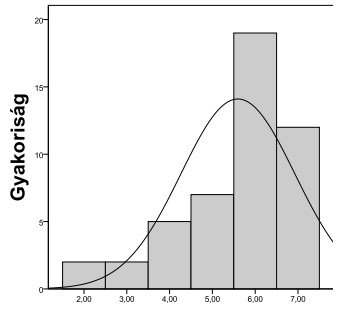
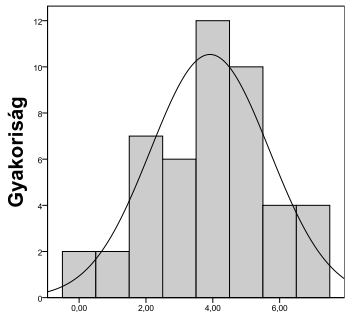
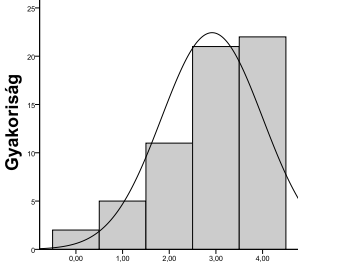
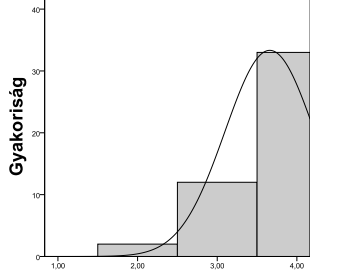
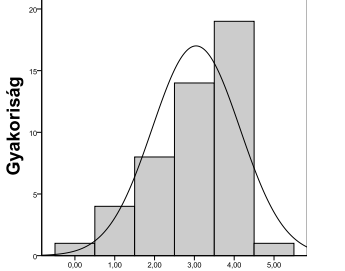
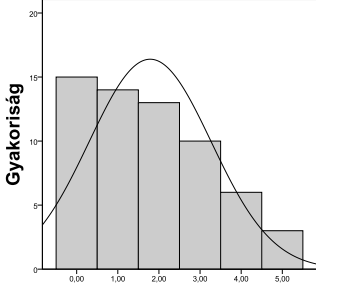
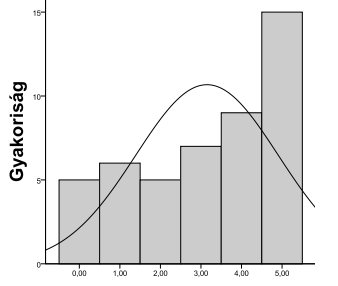
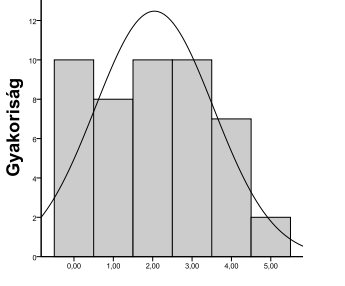


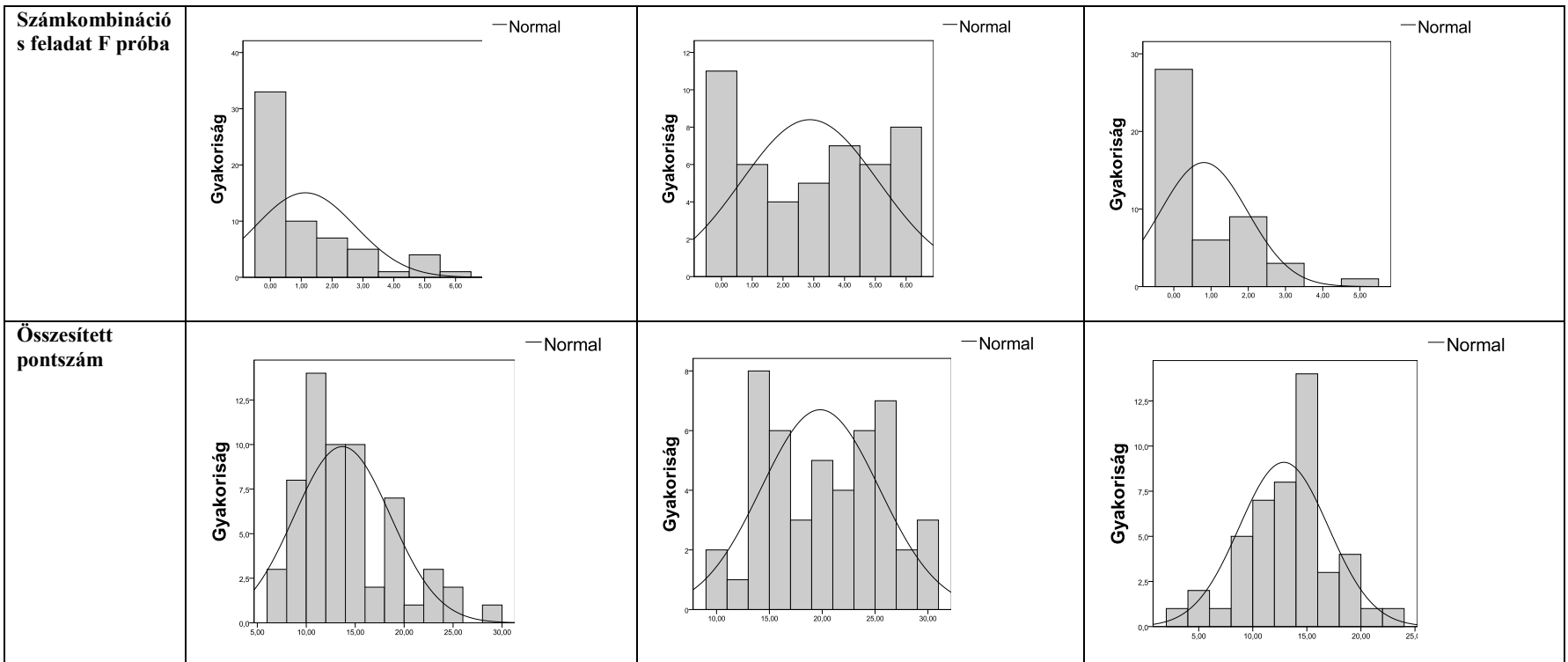
55. táblázat: Location Learning teszteredményei és az IQ korrelációs elemzés 5 és 6 éves gyermekek csoportjában
56. táblázat: Location Learning Test helyes felhelyezés nyers pontértékei 5 emlékezeti próbában, és a késleltetett felismerésben, felidőzésben
57. táblázat: Korrelációs mutatók a munkamemória próbái és a numerikus teljesítmény között 5 és 6 éves korú korcsoportban
58. táblázat: Korrelációs mutatók a munkamemória próbái és a numerikus próbák teljesítmény között 5 és 6 éves korú korcsoportban
59. táblázat: Neurológiai fejlődés extrém alacsony súllyal született gyermekeknél
60. táblázat: A vizsgálatban résztvevő koraszülött és az illesztett normál 5 éves óvodáskorú gyermekek statisztikai adatai
61. táblázat: A koraszülött és kontroll csoport pontértékei a Színes Raven Progresszív Mátrixot tesztben nyújtott teljesítmény alapján
62. táblázat: Koraszülött gyermekek NSS szűrőteszt eredményeinek normalitás vizsgálata
63. táblázat: A koraszülött és normál 5 éves gyermekek teljesítményének összehasonlítása
64. táblázat: Location Learning Test átlag és szórás értékei a koraszülött és a kontroll csoportoknál

## **MELLÉKLET**

# 1. számú melléklet

	5 évesek	6 évesek	Koraszülött és illesztett korcsoport
<b>Számolási képesség A próba</b>	<p>— Normal</p>	<p>— Normal</p>	<p>— Normal</p>
<b>Számfelismerés B próba</b>	<p>— Normal</p>	<p>— Normal</p>	<p>— Normal</p>

<p><b>Összehasonlítás C próba 4 pont)</b></p>	<p>— Normal</p> 	<p>— Normal</p> 	<p>— Normal</p> 
<p><b>Nem-verbális számolás D próba</b></p>	<p>— Normal</p> 	<p>— Normal</p> 	<p>— Normal</p> 
<p><b>Szöveges feladat E próba</b></p>	<p>— Normal</p> 	<p>— Normal</p> 	<p>— Normal</p> 



## 2. számú melléklet

### Űrlap (adatrögzítő lap)

Gyermek neve: \_\_\_\_\_ Életkor: \_\_\_\_\_ Dátum: \_\_\_\_\_

Nem: F L Intézmény: \_\_\_\_\_ Vizsgáló: \_\_\_\_\_

**Utasítás:** az űrlap megfelelő helyére + a feljegyzés kerül helyes válasznál. Hacsak másként nincs feltüntetve a pontos válasz, rögzítse a helytelen választ. Például, ha helyes válasz „2” és a gyermek válaszában „3”-t mond, akkor a választ írja a megfelelő üres helyre. A Szöveges feladatnál és a Számkombinációs feladatnál karikázza be a gyermek által használt stratégiát (A Használati Útmutató 2. fejezet tartalmazza a stratégia teljes magyarázatát). A feladatszakasz végén található a megjegyzés rovat ahol feljegyezhető néhány jelentős viselkedés, vagy fontosabb esemény a vizsgálat során. A helyes válaszok zárójelben vannak.

A. SZÁMOLÁSI KÉPESSÉG										
1. Írjon le minden egyes számot, amit a gyermek mond a csillagok számolás a során _____									Helyes (+) / Helytelen (#) _____	
2. Hány csillagot láttál a lapon?									Helyes (+) / Helytelen (#) _____(5)	
3. Számolás 10-ig _____ Maximális szám (opcionális) _____									Helyes (+) / Helytelen (#) _____(10)	
B. SZÁMFELISMERÉS (Minden egyes tételnél helyes válasznál írjon [ + ], a helytelen válaszokat pontosan jegyezze fel)										
Melyik szám ez?	Feladat (nem tarozik a pontszámításba)		A. _____ (2)	B. _____ (4)	C. _____ (9)					
Melyik szám ez?	1. _____ (13)	2. _____ (37)	3. _____ (82)	4. _____ (124)						
C. SZÁM ÖSSZEHASONLÍTÁS (Minden egyes tételnél helyes válasznál írjon [ + ], a helytelen válaszokat pontosan jegyezze fel)										
1. _____ (8) 7 után	2. _____ (9) Kettővel 7 után	3. _____ (5) Melyik nagyobb: 5,4	4. _____ (9) Melyik nagyobb: 7,9	5. _____ (6) Melyik kisebb: 8,6	6. _____ (5) Melyik kisebb: 5,7	7. _____ (6) Közelebb 5:6,2				
D. NEM-VERBÁLISZÁMOLÁS (Minden egyes tételnél helyes válasznál írjon [ + ], a helytelen válaszokat pontosan jegyezze fel)										
1. _____ (3) 2 + 1	2. _____ (5) 3 + 2		3. _____ (7) 4 + 3			4. _____ (2) 3 - 1				
E. SZÖVEGES FELADATOK (Minden egyes tételnél helyes válasznál írjon [ + ], a helytelen válaszokat pontosan jegyezze fel)										
Feladat	Stratégiák (karikázza be az összes alkalmazott stratégiát)									Megjegyzés
1. _____ (3) 2 + 1	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors válasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
2. _____ (7) 4 + 3	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors válasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
3. _____ (5) 3 + 2	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors válasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
4. _____ (2) 6 - 4	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors válasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
5. _____ (3) 5 - 2	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors válasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	

F. SZÁMKOMBINÁCIÓ										
Összeadási feladat	Stratégiák (karikázza be az összes alkalmazott stratégiát)									Megjegyzés
1. ____ (3) 2 + 1	művelet leírása írás	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors viálasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
2. ____ (5) 3 + 2	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors viálasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
3. ____ (7) 4 + 3	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors viálasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
4. ____ (6) 2 + 4	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors viálasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
Kivonási feladat	Stratégiák (karikázza be az összes alkalmazott stratégiát)									Megjegyzés
5. ____ (4) 7 - 3	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors viálasz	teljes számlálás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
6. ____ (3) 5 - 2	művelet leírása	rajzolás	számlista	ujjak	eszköz nélküli számolás	gyors viálasz	teljes elszámolás	tagoktól számlálás	nem megfigyelhető	
TELJES NYERS PONTSZÁM			STANDARD PONTSZÁM				PERCENTILIS			
Teljes			Stratégiahasználat: jegyezze fel a használt stratégiák számát mindkét feladat esetében							
A Total: ____ / 3							Szöveges feladat		Számkombináció	
B Total: ____ / 4										
C Total: ____ / 7										
D Total: ____ / 4										
E Total: ____ / 5										
F Total: ____ / 6										
MEGJEGYZÉS										



### 3. számú melléklet



**LLT**

---

**Location Learning Test**

---

**Scoring Sheet**

**Subject and test details**

Name

Date of birth

Age

Gender  Male  Female

Date of test

Assessment  First  Second

Version  A  B

Note: Before you start the test ensure you have all the appropriate equipment: small practice picture grid; large picture grid; small and large blank grids; 22 small cards; stopwatch.

**Score summary and calculations**

Column A	Column B	Column C	Or
Transfer the Displacement Scores for trials 1 to 5	Calculate the Subject's Learning Index	<i>Either</i> Calculate the Subject's Delayed Recall Score	Calculate the Subject's Discrimination Index
dis1 (from p.2) <input style="width: 40px;" type="text"/>			
dis2 (from p.2) <input style="width: 40px;" type="text"/>	$\frac{dis1 - dis2}{dis1} =$ <input style="width: 40px;" type="text"/>		
dis3 (from p.2) <input style="width: 40px;" type="text"/>	$\frac{dis2 - dis3}{dis2} =$ <input style="width: 40px;" type="text"/>		
dis4 (from p.3) <input style="width: 40px;" type="text"/>	$\frac{dis3 - dis4}{dis3} =$ <input style="width: 40px;" type="text"/>		
dis5 (from p.3) <input style="width: 40px;" type="text"/>	$\frac{dis4 - dis5}{dis4} =$ <input style="width: 40px;" type="text"/>		
	Sum of the four ratios <input style="width: 40px;" type="text"/>	dis5 (from p.3) <input style="width: 40px;" type="text"/>	Delayed Recognition Total targets (from p.3) <input style="width: 40px;" type="text"/>
Total Displacement Score <input style="width: 40px;" type="text"/>	Learning Index = Sum / 4 <input style="width: 40px;" type="text"/>	disdel (from p.3) <input style="width: 40px;" type="text"/>	Total distractors (from p.3) <input style="width: 40px;" type="text"/>
		Delayed Recall Score = dis5 - disdel <input style="width: 40px;" type="text"/>	Discrimination Index = targets - distractors <input style="width: 40px;" type="text"/>

**Score interpretation**

Estimated IQ band  85-99  100-114  115+

From Table 11 (Manual), Total Displacement Score percentile

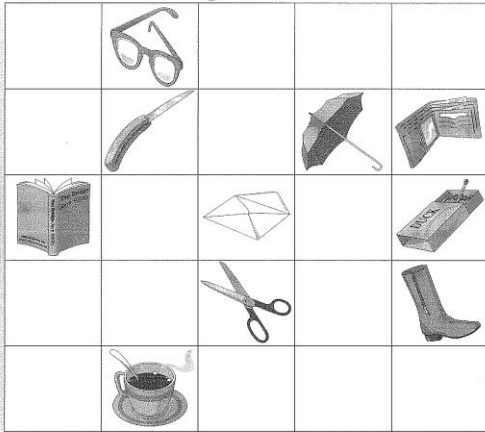
From Table 12 (Manual), Learning Index percentile

From Table 13 (Manual), Delayed Recall percentile

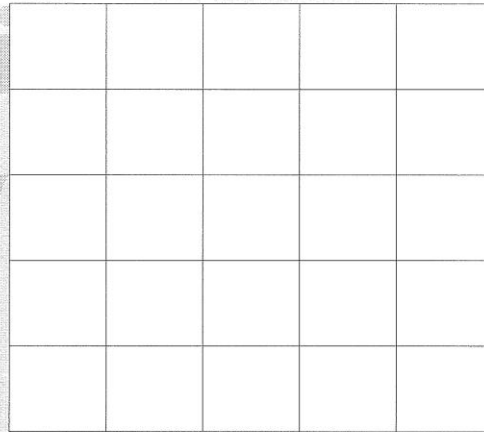
Alternatively, from Table 14 (Manual), Discrimination Index below cut-off?  yes  no



**Version A reference grid**

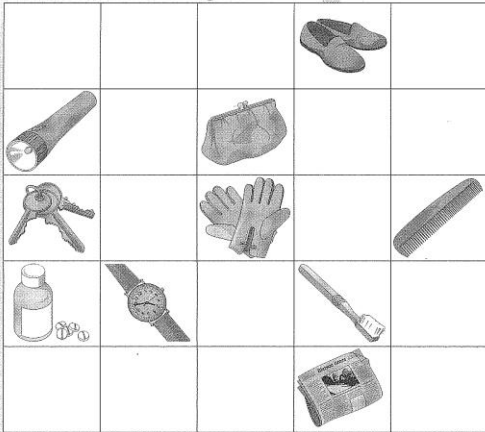


**Trial 1**

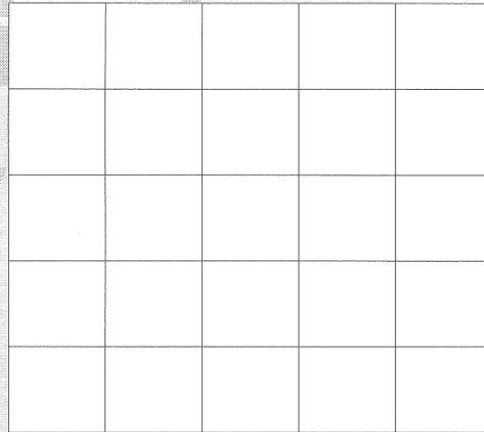


Displacement Score (dis1)

**Version B reference grid**



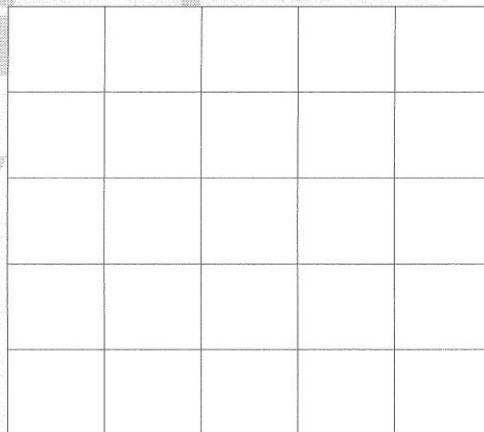
**Trial 2**



Displacement Score (dis2)

To calculate Displacement Score count the number of places away from the correct location that a picture has been placed, i.e. if the picture is in the correct location the Displacement Score for that picture will be zero. Displacement is calculated on the basis of horizontal or vertical moves only, not diagonals; much as a knight moves around a chess board.

**Trial 3**



Displacement Score (dis3)

**Trial 4**


Displacement Score (dis4) **Delayed recognition**

The Delayed Recognition test can be given if the assessor is unsure why a subject is performing poorly and wishes to rule out inability to recognise the stimuli. If the recognition test is used, Delayed Recall should not be assessed.

**Version A****Targets**

- book
- boot
- cup of tea
- envelope
- glasses
- knife
- matches
- scissors
- umbrella
- wallet

**Distractors**

- comb
- gloves
- keys
- newspaper
- pills
- purse
- slippers
- toothbrush
- torch
- wrist watch

**Version B****Targets**

- comb
- gloves
- keys
- newspaper
- pills
- purse
- slippers
- toothbrush
- torch
- wrist watch

**Distractors**

- book
- boot
- cup of tea
- envelope
- glasses
- knife
- matches
- scissors
- umbrella
- wallet

Total correct (targets) Total false positives (distractors) **Trial 5**


Displacement Score (dis5)  Time Trial 5 ended **Delayed Recall** Time administration started 


Displacement Score (disdel)