

¹PTE KPVK Illyés Gyula Pedagógusképző Intézet

²PTE BTK Pszichológia Intézet

³Semmelweis Egyetem, I. sz. Szülészeti- és Nőgyógyászati Klinika

⁴Vakok Óvodája, Általános Iskolája, Szakiskolája, Készségfejlesztő Iskolája, Egységes Gyógypedagógiai Módszertani Intézménye, Kollégium és Gyermekotthona

A munkamemória és a numerikus képesség összefüggése koraszülött gyermekek vizsgálatában

GYÖRKŐ ENIKŐ¹ – LÁBADI BEATRIX² – BEKE ANNA³ – SZESZÁK SZILVIA⁴

gyorkoc@gmail.com

labadibea@gmail.com

panni@noi1.sote.hu

szeszak@vakisk.hu

ABSZTRAKT

Háttér és célok: A megelőző fejlődés-neuropszichológiai eredmények egyértelművé tették, hogy összefüggés mutatható ki a munkamemória és a területspecifikus ismeretek között. A kapcsolat a specifikus ismeretek hozzáférést, tárolását és az előhívás kapacitásnövekedését befolyásolja. Ennek egyik leginkább kutatott területe a numerikus ismeretek és az emlékezeti funkciók interakciója. A fejlődéslélektani vizsgálatok, amelyek átívelnek az iskoláskoron hangsúlyosan kiállnak amellett, hogy kölcsönös viszony igazolható az emlékezet, a tanulás és a numerikus tudás között. Kutatásunk célja, hogy feltárja a számérzék és a téri-vizuális munkamemória atipikus fejlődésének jellegzetes vonásait koraszülött gyermekek csoportjában, illetve összefüggést keresen a gesztációs változók, a numerikus képességek és a téri-vizuális munkamemória fejlődése között.

Módszer: A kutatásunkba neurológiai tünetektől mentes, 1700 g alatt és 26-30 gesztációs hétre született, 5 éves koraszülött gyermekeket válogattunk, illetett mintával. Vizsgáltuk a gyermekek számérzékének működését, a téri-munkamemória teljesítményét és bevontuk az intelligenciakomponenst, kontroll változóként.

Eredmények: Tapasztalataink szerint a koraszülöttség szelektív hatást gyakorol a számérzék fejlődésére, amely érinti a mennyiségek összehasonlításának képességét, megnehezíti a kisebb/nagyobb numerikus nagyságok egybevetését. További a kutatási tapasztalataink arra utalnak, hogy az idő előtt született gyermekek és a kontroll csoportba válogatott óvodáskorú munkamemória teljesítménye között jelentős különbség nem igazolható.

Következtetések: Mivel az ötéves koraszülöttek számottevően nem mutatnak deficites működést a számérzék fejlődésben, a munkamemóriában pedig megközelítő teljesítményt nyújtanak az időre született gyermekek teljesítményéhez képest, úgy tűnik, hogy az atipikus biológiai érés csupán részleges érintettséggel jár együtt a numerikus képességek területén.

Kulcsszavak: számérzék, mennyiség összehasonlítás, számtani távolság, téri-vizuális munkamemória, koraszülöttség

HÁTTÉR ÉS CÉLOK

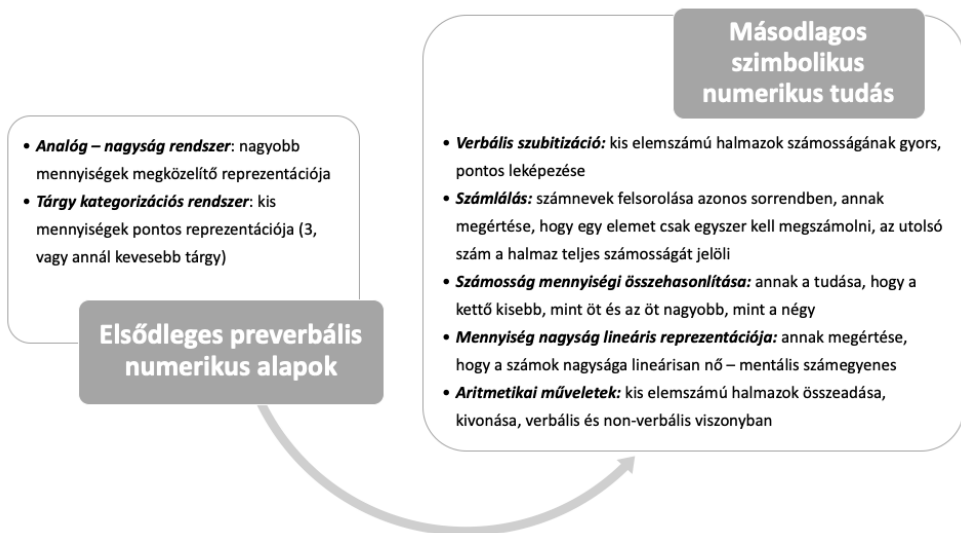
A számérzék fejlődése

A számlálás, a számok sorozatának és a mennyiségek közötti összefüggések megértése kulcskérdés a matematikai teljesítményben. A numerikus teljesítményhez szükséges tudás többek között egy velünk született képességen, a *számérzéken* alapul. A számérzék egy előre huzalozott tulajdonsága az emberi agynak, sok mindenre alkalmas „kognitív svájci bicskaként” funkcionál.

Neuropszichológiai megközelítés szerint egy speciális mentális modul, amely egy primitív számfeldolgozó egységként működik. Elősegíti a numerikus viszonyok intuitív felfogását, a számosság megértését, felelős a mennyiségek számontartásáért, a numerikus műveletek alkalmazásáért, és a mentálisan reprezentált mennyiségek szabályok szerinti átalakításáért (Dehaene, 2011).

A számérzék tipikus fejlődési útvonala már a korai élet évektől nyomon követhető. A korábbi, konstruktivista felfogás (Piaget, 1970) a szenzomotoros interakciókból származó tapasztalatok és a logikai készségek fejlődésén alapuló, elvonatkoztatott mentális reprezentációra helyezte a hangsúlyt. Mára köztudott tény, hogy a preverbális fejlődés szakaszában is mérhető numerikus tudással rendelkeznek a csecsemők (Wynn, 1992). Az utóbbi években számos habituációs paradigma (Lipton & Spelke, 2003; Xu & Spelke, 2000) irányult a fiatal gyermekek számtani tudására, és egyértelművé vált, hogy a korai évek numerikus érzékenysége befolyással bír a későbbi óvodás- és kisiskoláskor matematikai teljesítményére (Siegler, 2009).

A számérzék korai fejlődését a beszéd megjelenése előtt az *elsődleges preverbális numerikus alapok*, míg a beszéd megjelenése után a *másodlagos szimbolikus numerikus tudás* támogatja (1. sz. ábra). A két folyamat számtani modulba ágyazottan, játékos utánzással alakítja a tapasztalatokat implicit tudássá (Dehaene, 2011). Jelentős szerepe lesz ebben a szakaszban a környezeti ingerek hatásának. A numerikus ingereknek való kitettség, a numerikus információk iránti egyéni érdeklődés és a számokkal kapcsolatos tevékenységek gyakorlása hozzájárulnak a képesség fejlődéséhez.



1. ábra Numerikus képességek korai fejlődése (saját szerkesztés Jordan & Levine (2009) alapján)

A másodlagos numerikus képességek előrelépésében jelentős kognitív húzóerő a nyelvi kompetenciák fejlődése. A helyes *számlálási algoritmussal* az óvodáskor végére, és az iskolai matematikaoktatás kezdetére alkalmassá válnak a gyermekek a halmazok pontos számosságának meghatározására (Jármí, 2012). Négyéves kortól képesek megválaszolni, hogy melyik halmaz tartalmaz több vagy kevesebb elemet, illetve iskolába lépés előtt felismerik a mennyiségi viszonyokat, és sikeresen megoldják a *mennyiségi diszkriminációs* helyzeteket (Griffin, 2004).

Hatévesen megértik, hogy a halmazok számossága művelettel megváltoztatható (hozzáadás, elvétel), és belátják, hogy a két halmaz akkor válik egyenlővé, ha minden egyes elemük egymással pontosan megfeleltethető (Butterworth, 1999). Lényeges fejlődés lesz annak megértése is, hogy a számok egymást követve mindig eggyel növekednek a mentális számegegyenesen: $N, N + 1, (N + 1) + 1 \dots$ (Le Corre & Carry, 2007; Jordan, Glutting, Ramineni & Watkins, 2010). Ezzel együtt megértik a szomszédos mennyiségi viszonyokat (az öt nagyobb, mint a négy, de kisebb, mint a hat). Az *aritmetikai műveletek* helyes használata kritikus eleme a numerikus képességek fejlődésének. Többségük felismeri, hogy számlálás útján kivonjon, vagy összeadjon, és ezt a tudást egyre gyakrabban spontán módon is alkalmazzák (Dehaene, 2011).

A számérzék fejlődésében a veleszületett és a környezeti változók (Tosto et al., 2014), illetve az életkori mérföldkövek (Soltész, Szűcs és Szűcs, 2010) egyaránt szerepet játszanak, és jól magyarázzák az egyéni és a fejlődési szakaszok különbségének alakulását. A fent bemutatott fejlődési útvonalból arra következtethetünk, hogy a számérzék egyik kitüntetett életkori övezete az óvodáskor időszaka. Ebben az életkori időszakokban (főként 4 és 5 éveseknél) mért produktivitás megbízható előrejelzője a későbbi teljesítmény-mintázatoknak (Jordan, et al, 2010; Gersten, Jordan & Flojo, 2005). Iskolás és felnőttkorú személyek nyomon követésében egyértelmű igazolást nyert, hogy a számérzék támogatja a sikeres iskolai teljesítményt (Halberda, Ly, Wilmer, Naiman & Gemine, 2012), azonban atipikus fejlődése egy olyan vonás, amely egyértelmű korrelációt mutat a gyenge matematikai teljesítménnyel (Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek & Van de Rijt, 2009; Passolunghi & Lanfranchi, 2012).

A munkamemória és a számérzék kapcsolata

A munkamemória felelős a beérkező információk egyidejű feldolgozásáért és tárolásáért. Kapacitása szerint alkalmas legalább 4-5 elem emlékezetben tartására, illetve rugalmassága révén a tárgyak téri képviselőitől függően nagyobb halmazok számosságának megítélésére, megőrzésére. Jellemző, hogy az elemek egyesével, vagy kisebb csoportban elrendezve, illetőleg halmazszerűen fordulnak elő, feloldhatja a munkamemória szigorú korlátait és segítheti a felidézést (Feigenson, 2011).

A közelmúlt fejlődépszichológiai és neuropszichológiai kutatásai célkeresztbe állították a specifikus ismeretek tárolásának, hozzáférhetőségének és az előhívás kapacitásnövekedésének életkori változással összefüggő tipikus és atipikus tényezőit. Egyértelműen igazolást nyert, hogy a munkamemória-modell három különböző, de funkcionálisan összefüggő tényezője a korai gyermekkortól a serdülőkorig (Vuontela, et.al., 2003; Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004) a prefrontális kéreg érésevel jelentős fejlődésen megy keresztül (Fuster, 2002; Kwon, Reiss & Menon, 2002; Bunge & Wright, 2007).

Fokozott tudományos érdeklődés jelent meg a rövidtávú emlékezetnek a tanulásban játszott központi szerepével kapcsolatban is (Alloway, 2009; Alloway, Gathercole, Kirkwood & Elliott, 2009). Mára egyértelművé vált, hogy a matematikai gondolkodáson belül is kritikus szerepe van a munkamemóriának. A kutatások hangsúlyosan kiállnak amellett, hogy kölcsönös viszony igazolható az emlékezet, a tanulás és a numerikus tudás között (Passolunghi & Lanfranchi, 2012) és ez a korreláció már a kora gyermekkortól kezdődően (Dumontheil & Klinberg, 2011) az

iskoláskorön keresztül fennáll (Bull, Espy & Wiebe, 2008; Kroesbergen, Van Luit & Aunio, 2012). Általánosságban igazolták a munkamemóriának az olvasásra és a matematikai képességekre gyakorolt hatását (Bayliss, Jarrold, Gunn & Baddeley, 2003), és a mélyebb elemzésekkel jelentős összefüggést találtak a fonológiai hurok, a téri vizuális vázlattömb és a numerikus teljesítmény között (Logie, Gilhooly & Wynn, 1994; DeStefano & Le Fevre, 2004). A kapcsolat kölcsönösségét a fejlesztő hatások is igazolták. Óvodáskorúak számára összeállított fejlesztő programban 4-5 hetes munkamemória és numerikus feladatok tréningjével közvetlen hatást értek el a számolási képességek javításában, illetve transzferhatást találtak a munkamemória tréning és számolási képességek fejlődését tekintve (Kroesbergen, Van't Noordende & Kolkman, 2012; Passolunghi & Costa, 2014).

Különös figyelmet kapott ezzel egyidejűleg az atipikus teljesítményt mutató gyermekek csoportja. 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 gyermekek esetében. Az utóbbi csoportnál igazolni tudták, hogy a gyenge téri-vizuális képesség és a gyenge matematikai kompetencia mögött szelektív téri-vizuális munkamemória-deficit igazolható. Más vizsgálati eredmények igazolni tudták, hogy az alacsony matematikai teljesítmények kapcsolatba hozhatók egyes periférikus rendszerekkel, mint a vizuális ábrák észlelésének képessége (Reuhkala, 2001; Keeler & Swanson, 2001), a kognitív folyamatok sebessége (Geary, Hoard, et al., 2007), a téri-vizuális figyelem, amelyek leginkább a visszakeresési hiányosságokban, és/vagy a procedurális műveletek gyengeségében mutatkoznak meg (Geary & Hoard, 2001). A tapasztalatok, amelyek a munkamemória és a számérzék gyenge teljesítményének korrelációján alapulnak, a numerikus tényezők közül a számosság nagyságának megítélését, a feldolgozási/bemutatósi sebességet, az életkort/tapasztalatokat, és a nyelvi tényezőket találtak érintett változóknak (Raghubar, Barnes & Hecht, 2010).

Habár a gyermekek körében végzett kutatások eltérő vizsgálati módszerekkel (statikus mátrixok vs. dinamikus mátrixok pl. Corsi-kocka) elemzik a munkamemória és a numerikus teljesítmény kapcsolatát, nem vitatható, hogy az eredmények jól diszkriminálnak a tipikus és atipikus fejlődés között.

Koraszülött gyermekek atipikus fejlődése

Mára a medikális ellátás korszerű eszközeivel az idő előtt született gyermekek életben maradásának esélyei növekedtek, és ezzel együtt a későbbi fejlődés kockázati tényezői részben csökkentek (Zeitlin, Szamotulska, et al., 2013). A körültekintő terhesgondozás ellenére azonban a koraszülés aránya emelkedik (Blencowe, Counsels, et al., 2013), és a gondos perinatális ellátás ellenére a koraszülött gyermekek egyes területek fejlődésében, mint például a kognitív teljesítmény, elmaradást mutathatnak (Mangin, Horwood & Woodward, 2017; Spittle, Orton & Anderson, 2015). A komplex fejlődésneurológiai rizikómutatók ismerete egyértelműen jelzi, hogy az enyhe és a közepes fejlődésneurológiai zavarok széles skálája befolyásolhatja a pszichomotoros és kognitív fejlődést (Hámori, 2013). Az eltérő neurológiai deficitek prediktív faktora a területspecifikus elmaradásoknak (Karmiloff-Smith, 1998; Luu, Ment et al., 2009), ezért a koraszülött gyermekek fejlődépszichológiai kutatásaiban különös gonddal kezelik a neurológiai tünetmentesség kérdéskörét is.

Az összehasonlító vizsgálatok, amelyek elfogadják a koraszülött gyermekek kognitív sebezhetőségének hipotézisét, többek között egyértelműen igazolni tudták a numerikus képességek

érintettségét is (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus, Duivenvoorden, Goudoever & Oosterlaan, 2013). Egy reprezentatív felmérés alapján a koraszülött gyermekek szignifikánsan alacsonyabb teljesítményt értek el a számolásban, az aritmetikai műveletekben és a geometriai feladatokban az időse születt gyermekekhez képest (Nepomnyaschy, Hegyi, Ostfeld & Reichman, 2012). Az atipikus numerikus fejlődésük már ötéves kortól igazolható, és a koraszülött gyermekek mintájának mintegy 20%-át érinti. A kutatások egyértelműen arra utalnak, hogy a háttérben szelektív deficit áll fenn, amely egyértelműen összefüggésbe hozható a kognitív gyengeségeken belül a vizuális-téri percepció terület érintettségével (Kiechl-Kohlendorfer, Ralser, et al., 2013) és a vizuális-téri figyelemmel (Tinelli, Anobile, et al., 2015).

A koraszülött gyermekek nagyobb valószínűséggel mutatnak deficites működést már a korai évektől a memória területén is, mint az időse születt gyermekek (Rose, Feldman, Jankowski, Van Rossem, 2005; Nosarti, Froudust-Walsh, 2016). A fiatal koraszülött gyermekek explicit memóriájának vizsgálata alapján már 19 hónapos korban alacsony teljesítményt igazoltak 15 perces késleltetésnél (de Haan, Bauer, Georgieff & Nelson, 2000). A többszörös ingerbemutatósi emlékezeti paradigmában az igen kis súlyú koraszülött gyermekek kevesebb téri elhelyezést tudtak visszaidézni, mint a kontroll csoport tagjai az első bemutatás után 3 éves korban. Ennek egyik lehetséges magyarázata a hippocampus érintettsége. Fejlődés-neuropszichológiai tény a hippocampális területnek a perinatális hónapoktól kezdődően 2 éves korig tartó gyors, intenzív növekedése és fejlődése (Insausti, Cebada & Marcos, 2010). A nagyobb csecsemőkori hippocampális térfogat később jobb verbális emlékezeti funkciókkal hozható összefüggésbe (Thompson, Adamson et al., 2013). Azonban a kis súlyú koraszülött gyermekek esetében a terület szelektív sérülését a hypoxémiás-ischémiás állapotok (Schmidt-Kastner & Freund, 1991), illetve az ellátási károsodások egyaránt okozhatják. A perinatális gondozásban a bronchopulmonary dysplasia megelőzésére használt Dexamethasone (corticosteroid) neurotoxin hatása a hippocampusra (Sapolsky, Uno, Rebert & Finch 1990), ami szerepet játszhat a terület sérülésében (Murphy, Rueter, Trojanowski, & Lee, 2001). A károsodások következtében fellépő volumen deficitproblémák, egyértelműen korrelálnak az alacsony születési súllyal és az intenzív osztályon eltöltött napok számával (Aanes, Bjuland, Skranes & Lohaugen, 2015).

A biológiai érettséget befolyásoló tényezők közül még jelentős szerepet játszik a későbbi kognitív fejlődésben a magzat fejlődési kora (gesztációs hét) és a születési súlya. Egyértelmű összefüggés igazolható az extrém alacsony súly (<1000 g), és/vagy a megrövidült gesztációs hét (<34 hét) és az emlékezet szelektív deficitje között. Úgy tűnik, hogy a perinatális tényezőket szignifikáns rizikófaktorként kezelhetjük a téri tanulás fejlődési késésében, illetve károsodásában (Baron, Erickson, et al., 2010).

A későbbi életkorok munkamemóriájának javulása azonban némi spekulációra adott alapot (Anderson & Doyle, 2004). Egyes tapasztalatok szerint már serdülőkorban elhanyagolható, vagy nincs is különbség a koraszülött és a kontroll csoport között (Rushe, Rifkin, et al., 2001; Saavalainen, Luoma, et al., 2007), ami a kutatók szerint egyértelmű felzárkózásra utal (Curtis, Lindeke & Georgieff, 2002). Baron és munkatársai (2010) azonban nem tudtak azonos tanulási pályát igazolni az atipikus és a tipikus fejlődésű gyerekek között. Ezt a mintázatot figyelték meg kisiskolás és kamaszkorban verbális tanulási helyzetben is (Taylor & Klein, 2000; Taylor & Minich, 2004). Egy, a közelmúltban megjelent átfogó tanulmány (Omizzolo, Scratch, et al., 2014) kohorszvizsgálatában 7 éves gyermekek vizuális és verbális munkamemóriájának, illetve tanulási

képességének vizsgálatát célozta meg. Összhangban a korábbi eredményekkel, a koraszülött gyermekek teljesítménye jelentős elmaradást mutatott minden memóriaterületen. 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 deficitjének prevalenciája. Habár utalást találunk arra, hogy a lemaradás kamaszkorra csökken, mégis egyes szerzők szükségesnek tartják a terület későbbi nyomon követését. Úgy tapasztalták, hogy a memóriaprobléma nem specifikus jelenség. A fejlődés során a deficit az általános, károsodott kognitív teljesítményhez kapcsolódva igazolhatóan megzavarja a tanulási folyamatokat (Narberhaus, Segarra, et al.,2007).

A kutatás célja

Tudomásunk szerint az idő előtt született gyermek matematikai képességeinek és munkamemória-teljesítményének megismerésével foglalkozó általános szintű kutatások száma folyamatosan növekszik, azonban kevés ismeret áll rendelkezésre a készségprofilok variabilitásáról, a kognitív és matematikai készségek erősségeiről és gyengeségeiről. Ezen túlmenően a legtöbb tanulmány csak a formális iskolai oktatás ideje alatt vizsgálta az idő előtt született gyermekek matematikai képességeit (Hannula-Sormunen & Nanu, 2017), és kevesebb figyelem irányult az iskoláskort megelőző életkorok memóriateljesítményére (McCann, Bayliss, Anderson & Cambell, 2017).

Tanulmányunk célja a megelőző kutatások eredményeinek tükrében arra irányul, hogy összehasonlítsa az időre és a korábban született óvodáskorú gyermekek számérzékfejlődését, továbbá a numerikus teljesítményben jelentős szerepet játszó téri-vizuális munkamemória-kapacitás fejlődési sajátosságait óvodáskorú koraszülöttek és időre született gyermekek körében. A számérzék vizsgálatában a Jordan és munkatársai (2012) által kidolgozott Number Sense Screener (NSS) eljárást alkalmaztuk, míg a téri munkamemória tesztelésére a Location Learning Test (LLT) használatával kívántuk összehasonlítani a két csoport teljesítményét.

Vizsgálati kérdések

Eltér-e a koraszülött gyermekek számérzékfejlődése 5 éves korban a tipikusan fejlődő csoportétól, s ha igen, a számérzék mely területén?

A számérzék fejlődésében tipikusan fejlődő, ötéves gyermekek már képesek a számlásra legalább 10-es számkörben, illetve alkalmasak kisebb mennyiségek összehasonlítására és kis elemszámú halmazokkal történő aritmetikai műveletek elvégzésére (Jordan & Levine, 2009). A közelmúlt kutatásai szerint biztosan igazolható, hogy a fiatal, iskoláskorú koraszülött gyermekek körében magas a matematikai teljesítményzavar kockázata. Az eredmények alapján az atipikus fejlődés már a hatéves korosztály esetében egyértelműen jelen van és igazolható a számérzék több területén, különösen a mennyiségek becslésében (Libertus, Forsman, Adén & Hellgren, 2017). Amennyiben az atipikus fejlődés meghatározott jellemző a numerikus képességekben, akkor kérdés, hogy

hatéves kor előtt igazolható-e a vizsgálatunkba bevont fiatal koraszülött korosztályban az eltérő képességmintázat a számérzék egyes területein belül.

Eltér-e a koraszülött gyermekek téri munkamemória teljesítménye a tipikusan fejlődő csoporttól, s ha igen, akkor milyen mértékben?

A kutatások szerint a koraszülöttek csoportjában számottevő eltérés igazolható a kognitív funkciók közül a figyelemben, a memória működésében, és ezen belül a téri munkamemória helyzetekben (Arthursson, et al, 2017). Ezek a területek összefüggésbe hozhatók a koraszülött gyermekek csoportján belül is a matematikai képességek óvodáskori fejlődésével és az iskoláskori teljesítménnyel (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus, Duivenvoorden, van Goudoever & Oosterlaan, 2013; Adrian, Haist & Akshoomoff, 2019). Az eredmények szerint a koraszülött gyermekek szignifikánsan gyengébb numerikus teljesítményt mutatnak alacsony munkamemória-teljesítmény és az atipikus téri-vizuális képesség esetében (Simms, Gilmore, Cragg, Clayton, Marlow & Johnson, 2013). Amennyiben elfogadjuk a koraszülött gyermekek munkamemóriájának eltérő fejlődési mintázatát, várható, hogy az ötéves, atipikus fejlődésű gyermekek csoportja alacsonyabb teljesítményt mutat a téri-vizuális munkamemória területén a kontroll csoporthoz képest.

Amennyiben eltérés igazolható a számérzék fejlődésben a fiatal koraszülött gyermekek csoportjában, abban az esetben melyik biológiai rizikófaktor hozható összefüggésbe a számérzék atipikus fejlődésével?

Általános egyetértés van abban, hogy a rizikófaktorok hatással vannak a neurális fejlődésre, így jelentősen befolyásolva a neurokognitív fejlődést (Stoll, et al., 2010). Továbbá közismert tény, hogy a biológiai faktorok prediktív tényezők a végrehajtó funkciók közül a kognitív rugalmasságban, a munkamemóriában (Stalnacke, Lundequist, Böhm, Forsberg & Smelder, 2019), illetve a numerikus képességekben (Twilhaar, Kieviet, Aarnoudse-Moens, van Elburg & Oosterlaan, 2017). Egyes tanulmányok azonban eltérő véleményen vannak a tekintetben, hogy a gesztációs időt, vagy a születési súlyt vegyék figyelembe a kognitív képességeket befolyásoló biológiai rizikófaktorok közül. Amennyiben elfogadjuk a rizikófaktorok negatív hatását, úgy a vizsgált mintánkban a számérzék különböző területeivel és a munkamemória teljesítményével együttjárást igazolhatunk a korai gesztációs héttel és/vagy az alacsony születési súllyal.

MÓDSZER




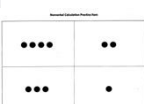

Mérőeszközök

Intellektuális képesség vizsgálata

Az intelligenciakomponenst kontrollváltozóként a *Színes Raven Progresszív Matrixok* teszt alkalmazásával mértük. A perceptív, nemverbális teszt induktív feladatai az általános intelligencia (g-faktor) két összetevőjét, az edukatív és a reprodukív képességet méri (Raven, 2000). A teszt megoldása komplex logikai műveletet kíván a mintázat szabályosságának felismerésével, a sorrendezési elvek megértésével, az egységek mérlegelésével, a célok és részcélok hierarchiájának kezelésével, amely a matematikai problémák megoldásának egyik sarkalatos pontja (Carpenter, Just & Shell, 1990). Az intellektus vizsgálatát a szűrőeljárás alkalmazása előtt végeztük el.

Számérzékvizsgálat a Number Sense Screener (NSS) alkalmazásával

A NSS a következő területeken méri a numerikus képességek fejlettségét (1. sz. táblázat): *számlálás*, a *számismeret*, a *menyiségek összehasonlítása*, a *nemverbális számolás*, a *szöveges feladatok* (szövegkörnyezetbe ágyazott numerikus helyzetek: összeadás, kivonás) és a *számkombináció* (numerikus tényezőkkel végzett összeadás, kivonás), így alkalmas arra, hogy átfogó képet nyújtson a gyermekek számérzékről (Jordan, Glutting & Dyson, 2012).

	A. próba Számolási képesség	B. próba Számismeret	C. próba Mennyiség összehasonlítás	D. Próba Nemverbális számolás	E. próba Szöveges feladatok	F. próba Számkom- bináció
FELADATOK	<ol style="list-style-type: none"> 1) Elemek megszámlálása megérintéssel 2) Megszámolt elemek szám utólagos megnevezése 3) Számolás: 4) Számsor produkciója, legalább 10-ig, legfeljebb 20-ig 	<p>Megmutatott számképek megnevezése: egyjegyű, kétjegyű, háromjegyű számkörben (2, 4, 9, 13, 37, 82, 124)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Melyik szám követi a megnevezett mennyiséget egyjegyű, illetve kettővel 2) Nagyobb mennyiség 3) megnevezése 4) Kisebb mennyiség megnevezése 5) Nagyság lineáris reprezentáció 	<p>Nem-szimbolikus mennyiségekkel végzett számtani műveletek nem verbális helyzetben, takarással (2 + 1; 3 + 2; 4 + 3; 3 - 1)</p>	<p>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, számejegyes stb.</p>	<p>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, számejegyes stb.</p>
PÉLDÁK						

1. táblázat Number Sense Screener szubtesztjei

Téri munkamemória vizsgálat

A téri munkamemória vizsgálatához a Bucks, Willison & Byrne (2000) által kidolgozott Location Learning Test eljárást alkalmaztuk. A teszt eredetileg felnőtt mintára standardizált. Az elsődleges elgondolás szerint idősebb és demenciában szenvedőknél mérte a téri-vizuális tanulás mértékét. A teszt nem igényel finom motoros vezérlelést, 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 helyes felhelyezést, a felismerést és a felidézés nyers pontszámait is használtuk.

Eljárás

A téri-vizuális memória vizsgálatában a teszt „A verzióját” alkalmaztuk. A 10 darab közismert tárgyképet random módon egy 5x5-ös mátrixban rögzített pozícióban látták a kísérletben résztvevő gyermekek. Rövid fixációs idő (30 - 40 mp) után a gyermekek előtt fekvő képekkel rögzített táblát egy üres, kép nélküli mátrixszal takartuk el. Ezt követően átadtuk a gyermekek számára az eltakart képek másolatait kártyákon, majd arra kértük őket, hogy emlékeik szerint minden kártyaképet helyezzenek be az üres hálóba a korábban látott pozíciójuk szerint. Összesen öt alkalommal mutattuk be ugyanazt az elrendezést, így öt alkalommal kellett a gyermeknek a képeket az üres mátrixba elhelyezni (*tanulási index, félrehelyezési mutató*). Ezután 15 perces nem-vizuális feladattal eltöltött késleltetett idővel felismerési teszt következett. A gyermekeknek az eredeti képekhez képest még 10 új képet (B verzió képei) adtunk. Így a 20 képből kiválogatva (*késleltetett felismerési helyzet*) az eredeti 10 képet a helyük felidézésével (*késleltetett felidézés*) kellett ismét az eredeti pozíciójukba visszahelyezni.

Minta

A vizsgálatban résztvevő koraszülött gyermekek csoportjába a Semmelweis Egyetem Baross utcai I. sz. Szülészeti és Nőgyógyászati Klinika Koraszülött Utógondozójában vizsgált, neurológiai tünetektől mentes gyermekeket válogattunk. A koraszülött gyermekek kiválasztási szempontjai nagyon szigorúak, ezért a csoport alacsony elemszámú mintává vált. Az illesztett mintába a PTE IGY Gyakorlóiskola, Művészeti Iskola és Gyakorló Óvoda gyermekei közül választottunk gyermekeket páros illesztéssel (2. sz. táblázat).

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

2. táblázat A vizsgálatban résztvevő koraszülött és az illesztett, időre született 5 éves óvodás-korú gyermekek adatai

EREDMÉNYEK

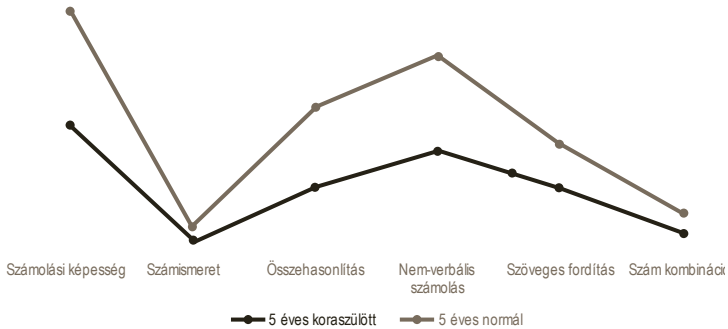
A Raven intelligenciatesztben nyújtott teljesítmény az elért pontértékek alapján a koraszülött gyermekek csoportja ($W_{(24)} = ,977, p = ,839$) és az illesztett kontrollcsoport ($W_{(24)} = ,926, p = ,078$) normál eloszlásúnak mutatkozott (3. táblázat).

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

3. táblázat A koraszülött és kontroll csoport pontértékei a Színes Raven Progresszív Mátrixot tesztben nyújtott teljesítmény alapján

Számérzék vizsgálata

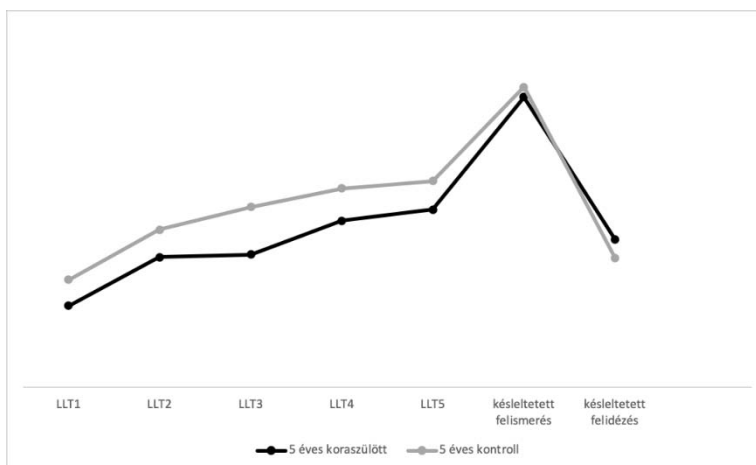
Az NSS szűrőeljárásban mért eredmények elemzése alapján (2. ábra) a koraszülött és az időre született gyermekek egybevetett szubtesztértékei között szignifikáns teljesítménykülönbség kizárólag a *Mennyiségek összehasonlítása* próbában (*C próba*) ($t = -2,032$; $p < ,048$) mutatkozott.



2. ábra Koraszülött és az illesztett időre született 5 éves gyermekek teljesítménye az NSS szubtesztjeiben. (A próba: számolási képesség, B próba: számismeret, C próba: mennyiség összehasonlítás, D próba: nem-verbális számolás, E próba: szöveges feladatok, F próba: számkombináció)

Téri-vizuális munkamemória vizsgálata

Elemzésünkben Bucks és Willison (1997) alapján az öt alpróba megfelelő elhelyezéseinek sikerességét vizsgáltuk tanulási helyzetenként. A két csoport teljesítménye az öt próba során kismértékben szétválik, és mindkét esetben egyenletes teljesítménynövekedés figyelhető meg (3. ábra). Azonban a koraszülött gyermekek és az illesztett kontroll csoport nem mutatott szignifikáns különbséget a megfelelő felhelyezések számában, a tanulási folyamat öt helyzetében, a késleltetett felismerésben, illetve a késleltetett felidézésben.



3. ábra Koraszülött és kontroll csoport teljesítménye a Location Learning Test esetében. (felhelyezési mutatók az öt ismétlés során: LLT1, LLT2, LLT3, LLT4, LLT5, késleltetett felismerés, késleltetett felidézés)

A vizsgálat során a késleltetett felismerésben az illesztett kontroll csoport elérte a plafonövezetet, míg a koraszülött csoport a plafonövezet közelébe jutott (4. 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	10,00 SD = ,0000	4,291 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	9,666 SD = 2,099	4,916 SD = 3,437

4. táblázat Location Learning Test átlag és szórás értékei a koraszülött és a kontroll csoportoknál az öt felhelyezési próbában, a késleltetett felismerésben és a késleltetett felidőzésben

Végül a koraszülött gyermekek csoportja eredményeinek elemzése során 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. Együttjárás ($r = ,394$, $p < 0,05$) a gesztációs hét és a mennyiség felismerésében igazolható.

KÖVETKEZTETÉSEK

Egyetértünk azzal, hogy a számérzék egy területspecifikus képesség (Karmiloff-Smith, 2006) és a fejlődése során a numerikus tapasztalatokkal explicit tudássá alakul. Alapvető feltevésünk szerint a kissúlyú koraszülött gyermekek a számérzék és a vele összefüggésben álló téri-vizuális munkamemória-kapacitás területén sajátos fejlődési utat járnak be. Habár az eredményeink azt mutatják, hogy az ötéves koraszülöttek nem mutatnak számottevően eltérő működést a vizsgált területeken, azonban úgy tűnik, hogy az atipikus biológiai érés mégis részleges érintettséggel jár együtt, és a kutatási tapasztalataink szerint elsősorban a mennyiségi reprezentáció megítélését érinti.

Egyes vizsgálati adatok szerint a mennyiségek összehasonlításának képessége érzékeny mutatója a számérzék atipikus fejlődésének. A tipikusan fejlődő négyéves gyermekek igazolhatóan képesek a látott halmazokat a több-kevesebb dimenziója mentén összehasonlítani, és potensek a mennyiségi fogalmak helyes használatában (Griffin, 2004). Tény, hogy a számosság összehasonlításának képessége a legerősebb prediktív faktora az iskolai matematikai sikerességnek, és megalapozza az összetett numerikus készségeket (Clark & Shinn, 2004). Egyes kutatások szerint azonban az igen kis súllyal született 6-8 éves korú gyermekeknél szelektív hiányosság igazolható a *szimbolikus távolsághatás* mentális reprezentációjának területén, illetve az arab számok és pontthalmazok mennyiségének összevetésében, lassuló reakcióidő mellett (Guarini, Sansavini, et al., 2006). Később megerősítették, hogy a különbség az általános feldolgozási sebesség deficitjével hozható összefüggésbe, és a felzárkózás nyolcéves kortól igazolható (Guarini, Sansavini, et al., 2014). Más vizsgálatok az extrém korán született gyermekeknél (<26 gesztációs hét) bizonyították az iskolai évek alatt is elhúzódó mennyiségi reprezentációs nehézségeket (Simms, Gilmore, et al.,

2013). Ezek az adatok egybeesnek az első osztályos, matematikai tanulási nehézséggel küzdő gyermek teljesítményére vonatkozó eredményekkel (De Smedt & Gilmore, 2011).

A saját kutatási eredményeink hasonlóságot mutatnak a nemzetközi eredményekkel, miszerint a mennyiségek megítélése és összehasonlítása a koraszülött gyermekek esetében atipikus fejlődési utat jár be. Felmerül tehát annak a lehetősége, hogy a koraszülöttség egy szelektív hatású deficitet hoz létre, amelyik az alapvető képességekben (számlálás) nem, azonban az absztrakciót kívánó feladatokban (mennyiségi diszkrimináció) egyértelműen megnyilvánul. Mindebből úgy tűnik, hogy a számérzéken belül a számosság mennyiségi összehasonlítása egy érzékeny reprezentáció (Guarini, Sansavini, et al., 2014), így a feltárt szelektív elmaradások lényeges markerei lehetnek a koraszülöttek numerikus fejlődésének.

Karmiloff-Smith (1994) szerint a fejlődés a területspecifikus és területáltalános átalakulások kölcsönhatásának eredője. Az atipikus fejlődés esetében kulcskérdés, hogy egyes tényezők milyen kölcsönhatásban állnak egymással. Tény, hogy a numerikus reprezentáció közvetlen kapcsolatban áll területáltalános kognitív képességgel, többek között a munkamemóriával (Karmiloff-Smith 2006). Egyes kutatások szerint a koraszülött gyermekek szignifikánsan gyengébb teljesítményt nyújtanak a szelektív és tartós figyelemi feladatokban (Mulder, Pitchford, Hagger & Marlow, 2009), továbbá a munkamemória területén, a verbális munkamemória (Hasler & Akshoomoff, 2019), illetve a téri-vizuális emlékezet teljesítményében (Aanes, Bjulandb, et al., 2019), annak ellenére, hogy a koraszülött gyermekek hasonló stratégiát használnak a téri-munkamemória helyzetekben, mint a tipikusan fejlődő társaik (Luciana, Lindeke, et al., 1999).

Bár a kutatások többsége azt igazolja, hogy a koraszülött gyermekek érzékenyek a kognitív funkciók sebezhetőségére, az általunk mért eredmények szerint azonban a téri-vizuális munkamemória területén csekély különbség van a két vizsgált minta között, amely szignifikánsan nem igazolható. A fejlődési pálya vizsgálata kapcsán hasonló eredményről számolt be egy friss kutatás (Suikkaken, et al., 2020). A vizsgálatba koraszülöttként világra jött (34. hét előtt, 34-36 hét között) és időre született felnőttkorú kontroll csoportot vontak be. Noha a koraszülöttség veszélyt jelent a fejlődő idegrendszerre, mégis a kognitív teljesítményben a felnőttkorú koraszülöttek hasonló teljesítményt mutattak a korábban tipikusan fejlődő nagykorúakhoz képest. Következéseik szerint feltételezhető, hogy egyrészt a támogatói környezetben lehetőségük van a megközelítő felzárkózásra, másrészt a kedvezőtlen hatások ellenére nem feltétlenül maradnak fenn az atipikus fejlődéses jegyek.

Ennek ellenére nem zárhatjuk ki az elemzési szempontjaink közül az általánosan elfogadott „alvó hatást”, vagy a „*mozgó rizikó*” paradigmát sem (Jens & Gordon, 1991). A koraszülöttek esetében számolnunk kell azzal a ténnyel, hogy egyes fejlődési elmaradások feltehetően korábban rögzültek, de csak a későbbi fejlődés során válhatnak nyilvánvalóvá. A kutatási eredmények szerint a fejlődési akadályok ugyan eltűnhetnek, de a változó körülmények hatására ismét megjelenhetnek. Ez a folyamat akár többször is megismétlődhet a fejlődés során (Kalmár és Boronkai, 2006).

További magyarázó tényező, hogy a nemzetközi kutatások eredményei sem egységesek a kognitív vulnérabilitást illetően. Egyes vizsgálati eredmények a memória működéséhez szükséges kognitív rugalmasság (Taylor, Minich, Bangert, Filpek & Hack, 2004) és gátló funkciók (Nosarti, Allin, Frangou, Rifkin & Murray, 2005) érintettségét igazolták, míg mások nem találtak az említett területeken hiányosságot (Curtis, Lindeke & Georgieff, 2002; Espy, Stalets, McDiarmid, Senn, Cwik & Hamby, 2002; Elgen, Lundervold & Sommerfelt, 2004).

Mindent egybevetve, az általunk demonstrált eredmények a „fejlődésben felzárkózó tendenciát” támogató kutatásokhoz illeszthető, amelyek a kedvező hatásokat, különösen a korai ellátás korszerűsödését (Twilhaar, Wade, de Kieviet, van Goudoever, van Elburg & Osterlaan, 2018), a preventív/interventív tevékenységeket emelik ki (Charpak, et al., 2005; Grunewaldt, Lohaugen, Austeng, Brubakk & Skranes, 2013; Lee, Pei, Andrew, Kerns & Rasmussen, 2016), illetve a „kiegészítő ingerpótlás” (Dieter & Emory, 1995) és a reziliencia (Bugental, Beaulieu & Schwartz, 2008) jelentőségét hangsúlyozzák a pozitív fejlődési kimenetel szempontjából.

Számos tanulmány igazolta, hogy egyes perinatális tényezők jelentős mértékben megnövelik a kognitív képességek atipikus fejlődés kockázatát. Egyes vizsgálati eredmények erősen korreláltak az újszülöttkori kockázati tényezőkkel, mint az idő előtti születés és/vagy alacsony születési súly (Kull & Coley, 2015).

Jelen kutatásunkban az összegyűjtött adatok alapján a rövid gesztációs hét és az alacsony születési súly hatásának vizsgálatára volt lehetőségünk. Vizsgálati eredményeink alapján egy érintett numerikus képesség (mennyiség felismerés) és a gesztációs idő között igazolható együttjárás. A feltárt gyenge korrelációs kapcsolat ellenére úgy gondoljuk, hogy csatlakozni kívánunk azokhoz a tanulmányokhoz, amelyek az idő előtti születésből származó vulnérabilitást hangsúlyozzák. Egyes kutatási eredmények bebizonyították, hogy a rövid gesztációs idő előjelezője a munkamemória-funkciók, a kognitív rugalmasság és a végrehajtó funkciók nehézségeinek (Duvall, Erickson, MacLean & Lowe, 2015).

Azonban úgy gondoljuk, hogy a szelektív deficitek nemcsak a prenatális faktorok függvényei. Egyetértve más kutatók véleményével (pl. Beauchamp, Thompson, et al., 2008), célszerűnek tartjuk újabb változókat, mint a perinatális tényezők (ellátási traumák) és a postnatális fejlődési faktorok (korai fejlesztés és neurológiai utógondozás elérhetősége) vizsgálatba emelését. Ezen felül különös figyelmet kell szánni a korai regulációs folyamatok, a proximális (szülői érzelmi-hangulati állapot, interaktív stratégiák) és a disztális környezeti faktorok (szocioökonómiai státusz) kölcsönhatásának, melyeknek jelentős szerepük van a kognitív fejlődés folyamataiban (Hámori, 2013). Ez a tény abból a megfontolásból is fontos, hogy a tágabb szociális környezet jelentős befolyással bír a fejlődési mintázat adaptív, illetve maladaptív kimenetelére (Péley, 2010).

Irodalomjegyzék

- Aanes, S., Bjuland, K. J., Skranes, J., & Løhaugen, G. C. (2015). Memory function and hippocampal volumes in preterm born very-low-birth-weight (VLBW) young adults. *NeuroImage*, *105*, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.10.023>
- Aanes, S., Bjuland, K. J., Sripatha, K., Sølshnes, A. E., Grunewaldt, K. H., Håberg, A., Løhaugen, G. C., & Skranes, J. (2019). Reduced hippocampal subfield volumes and memory function in school-aged children born preterm with very low birthweight (VLBW). *NeuroImage. Clinical*, *23*, 101857. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.101857>
- Aarnoudse-Moens, C. S., Weisglas-Kuperus, N., Duivenvoorden, H. J., van Goudoever, J. B., & Oosterlaan, J. (2013). Executive function and IQ predict mathematical and attention problems in very preterm children. *PloS one*, *8*(2), e55994. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055994>

- Adrian, J. A., Haist, F. & Akshoomoff, N. (2019). Mathematics skills and executive functions following preterm birth: A longitudinal study of 5- to 7-year old children. *PsyArXiv Preprints*. <https://psyarxiv.com/j42at/> Letöltve: 2020. június 26.
- Alloway, T. P. (2009). Working memory, but not IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties. *European Journal of Psychological Assessment, 25*(2), 92–98.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H. & Elliott, J. (2009). The cognitive and behavioral characteristics of children with low working memory. *Child Development, 80*(2), 606–621.
- 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.
- Arthursson, P. S. H., Thompson, D. K., Spencer-Smith, M. Chen, J., Silk, T., Doyle, L. W. & Anderson, P. J. (2017). Atypical neuronal activation during a spatial working memory task in 13-year old very preterm children. *Human Brain Mapping, 38*, 6172–6184.
- 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.
- 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.
- Blencowe, H., Counsels, S., Chou, D., Oestergaard, M., Say, L., Moller, A. B., Kinney, M. & Lawn, J. (2013). Born Too Soon: The global epidemiology of 15 million preterm births. *Reproductive Health, 10*, (2), 2–14.
- 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.
- Bugental, D. B., Beaulieu, D. & Schwartz, A. (2008). Hormonal sensitivity of preterm versus full-term infants to the effects of maternal depression. *Infant Behaviour and Development, 31*(1), 56–61.
- 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.
- Butterworth, B. (1999). *The Mathematical Brain*. Macmillan, London.
- Carpenter, T. P., Just, M. A. & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven Matrices Test. *Psychological Review, 97*, 404–431.
- Charpak, N., Ruiz, G., Zupan, J., Cattaneo, J., Figueroa, Z., Tessier, R., Cristo, M., Anderson, G., Ludington, S., Mendoza, S., Mokhachane & M. Worku, B. (2005). Kangaroo mother care: 25 years after. *Acta Paediatrica, 94*(5), 514–522.

- 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.
- Cornoldi, C. & Vecchi, T. (2003). Visuo-spatial Working Memory and Individual Differences. London: Psychology Press, <https://doi.org/10.4324/9780203641583>
- 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: a journal of neurology*, *125*(Pt.7), 1646–1659. <https://doi.org/10.1093/brain/awf159>
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press, New York.
- 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.
- Dieter, J. N. & Emory, E. K. (1995). Supplemental stimulation of preterm infants: A treatment model. *Journal of Pediatric Psychology*, *22*(3), 281–293.
- Dumontheil, I. & Klinberg, T. (2011). Brain Activity during a Visuospatial Working Memory Task Predicts Arithmetical Performance 2 Years Later. *Cerebral Cortex*, *22*(5), 1078–1085.
- Duvall, S. W., Erickson, S. J., MacLean, P. & Lowe, J. R. (2015). Perinatal medical variables predict Executive Function within a sample of preschoolers born very low birth weight. *Journal of Child Neurology*, *30*(6), 735–740.
- Elgen, I., Lundervold, A. J. & Sommerfelt, K. (2004). Aspects of inattention in low birth weight children. *Pediatric Neurology*, *30*(2), 92–98.
- Espy, K. A., Stalets, M. M., McDiarmid, M. M., Senn, T. E., Cwik, M. F. & Hamby, A. (2002). Executive functions in preschool children born preterm: application of cognitive neuroscience paradigms. *Child Neuropsychology*, *8*(2), 83–92.
- Feigenson, L. (2011). Objects, Sets, and Ensembles. In Dehaene, S. Brannon, E. M. (eds.) *Space, Time and Number in the Brain* (p. 13–22). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385948-8.00002-5>
- Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal Neurocytol.* *31*(3-5), 373–85.
- 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. & 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., Nugent, L. & Numtee Ch. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, *78*(4), 1343–1359.
- 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.
- Griffin, S. (2004). Building number sense with number worlds: A mathematics program for young children. *Early Childhood Research Quarterly*, *19*(1), 173–180.

- Guarini, A., Sansavini A., Giovannelli, G., Alessandroni, R., Faldella, G., Ansari, D. & Karmiloff-Smith, A. (2006). Basic numerical processes in preterms. *World Journal Pediatrics*, 2(2),102–108.
- 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.
- Grunewaldt, K. H., Løhaugen, G. C. C., Austeng, D., Brubakk, A. M., & Skranes, J. (2013). Working Memory training improves cognitive function in VLBW preschoolers. *Pediatrics*, 131(3), 747–754.
- 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 & Child Neurology*, 42, 304–312.
- Hannula-Sormunen, M. M., Nanu, C. E., Laakkone, E., Munc, P., Kiur, N. & Lehtonen, L. (2017). Early Mathematical Skill Profiles of Prematurely Born and Full Term Born Children. *Learning and Individual Differences*, 55, 108–119.
- Halberda, J., Ly, R., Wilmer, J. B., Naiman, D. Q. & Gemine, L. (2012). Number sense across the lifespan as revealed by a massive Internet-based sample. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(28), 11116–11120.
- Hasler, H. M. & Akshoomoff, N. (2019). Mathematics Ability and Related Skills in Preschoolers Born Very Preterm. *Child neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 25(2), 1–29.
- Hámori E. (2013). Rizikófaktorok, adaptáció és reziliencia a korai fejlődésben – a koraszülöttség a fejlődési pszichopatológia modelljében. *Magyar Pszichológiai Szemle*. 68(1), 7–22.
- Insausti R., Cebada, S. & Marcos, S. P. (2010). *Postnatal development of the human hippocampal formation*. Springer, Berlin.
- Jármí É. (2012). Számolási képességek fejlődése óvodás- és kisiskolás korban. *Pszichológia*, 34(4), 317–339
- Jens, K., G. & Gordon, B., N. (1991). Understanding risk: Implications for tracking high-risk infants and making early service delivery decisions. *International Journal of Disability Development and Education*, 38(3), 211–224.
- Jordan, N., C, Glutting, J., 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, Glutting, J. & Dyson, N. (2012). *Number Sense Screener. User's guide*, K-1. Paul H. Brookes Publishing Co., Baltimore.
- Kalmár M. & Boronkai J. (2006). Meddig „koraszülött” a koraszülött gyerek? *Magyar pszichológia Társaság Nagygyűlés* 2006.
- 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 and Behavioral Neuroscience*, 6(1), 9–17.

- 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.
- Kiechl-Kohlendorfer, U., Ralser, E., Pupp Peglow, U., Pehboeck-Walser, N. & Fussenegger, B. (2013). Early risk predictors for impaired numerical skills in 5-year-old children born before 32 weeks of gestation. *Acta Paediatrica, 102*, 66–71.
- Kroesbergen, E., Van Luit, J., Van Lieshout, E., Van Loosbroek, E. & Van De Rijt, B. (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.
- Kroesbergen, E. H., van't Noordende, J. E. & Kolman, M. E. (2012). Training working memory in kindergarten children: Effects on working memory and early numeracy. *Child Neuropsychology, 20*(1), 23–37.
- Kull, M. A. & Coley, R. L. (2015). Early physical health conditions and school readiness skills in a prospective birth cohort of U.S. Children. *Social Science & Medicine, 142*, 145–153.
- Kwon, H., Reiss, A. L. & Menon, V. (2002). Neural basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America, 99*(20), 13336–41.
- 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.
- Lee, C. S., Pei, J., Andrew, G., A Kerns, K. & Rasmussen, C. (2016). Effects of Working Memory training on children born preterm. *Applied Neuropsychology: Child, 1*–16.
- Lipton, J. S. & Spelke, E. S. (2003). Origins of Number Sense large-number discrimination in human Infants. *Psychological Science, 14*(5), 396–401.
- Libertus, M. E., Forsman, L., Adén, U. & Hellgren, K. (2017). Acuity and mathematical abilities in 6.5-year-old children born extremely preterm. *Frontiers in Psychology, 11*(7), 1-12.
- Logie, R. H., Gilhooly, K. J. & Wynn, V. (1994). Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory and Cognition, 22*, 395–410.
- 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.
- McCann, M., Bayliss D. M., Anderson M., Cambell C., French, N., McMichael, J., Reid, C. & Bucks, R. S. (2017). The relationship between sleep problems and working memory in children born very preterm. *Child Neuropsychology, 24*(1), 124–144.
- Mangin, K. S., Horwood, L. J. & Woodward, L. J. (2017). Cognitive Development Trajectories of Very Preterm and Typically Developing Children. *Child Development, 88*(1), 282–298.
- Mulder, H., Pitchford, N. J., Hagger, M. & Marlow, N. (2009). Development of Executive Function and Attention in Preterm Children: A Systematic Review. *Developmental Neuropsychology, 34*(4), 393–421.

- Murphy, D. D., Rueter, S. M., Trojanowski, J. Q. & Lee, V. M. (2001). Synucleins Are Developmentally Expressed, and α -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.
- Nepomnyaschy, L., Hegyi, T., Ostfeld, M. & Reichman, N. E. (2012). Developmental Outcomes of Late-Preterm Infants at 2 and 4 Years. *Maternal and Child Health Journal*, 16(8), 1612–16.
- Nosarti, C., Allin, M. P., Frangou, S., Rifkin, L. & Murray, R. M. (2005). Hyperactivity in adolescents born very preterm is associated with decreased caudate volume. *Biological Psychiatry*, 57(6), 661–666.
- Nosarti C., Froudist-Wals, S. (2016). Alterations in development of hippocampal and cortical memory mechanisms following very preterm birth. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 58(4), 35–45.
- 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.
- Piaget, J. (1970). *Válogatott tanulmányok*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Passolunghi, M. & Lanfranchi, S. (2012). Domain specific and domain general pre- cursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 42–63.
- Passolunghi, M. & Costa, H. M. (2014). Working memory and early numeracy training in preschool children. *Child Neuropsychology*, 22, 81–98.
- Péley B. (2010). Fejlődés és evolúció: Evolúciós szemlélet a fejlődésben, apszichopatológiában és a pszichoterápiában. magyar. *Pszichológiai Szemle*, 65(1). 65–83.
- 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.
- Rose, S. A., Feldman, J. F., Jankowski, J. J. & Van Rossem, R. (2005). Pathways from prematurity and infant abilities to later cognition. *Child Development*, 76(6), 1172–1184.
- 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.
- Sapolsky, R., Uno, H., Rebert, C. & Finch, C. (1990). Hippocampal damage associated with prolonged glucocorticoid exposure in primates. *Journal Neuroscience*, 10, 2897–2902.
- Schmidt-Kastner, R. & Freund, T. F. (1991). Selective vulnerability of the hippocampus in brain ischemia. *Neuroscience*, 40, 599–636.

- Siegler, R. S. (2009). Improving the numerical understanding of children from low-income families. *Child Development Perspectives*, 3, 118–124.
- 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.
- 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), 1–14.
- Spittle, A., Orton, J. & Anderson, P. J. (2015). Early developmental intervention programmes provided post hospital discharge to prevent motor and cognitive impairment in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11.
- Staltnacke, J., Lundequist, A., Böhm, B., Forssberg, H. & Smelder, A. (2019). A longitudinal model of executive function development from birth through adolescence in children born very or extremely preterm. *Child Neuropsychology*, 25(3), 318–335.
- Stoll, B. J., Hansen, N. I., Bell, E. F., Shankaran, S., Laptook, A. R., Walsh, M. C. & Kennedy, K. A. (2010). Neonatal outcomes of extremely preterm infants from the NICHD Neonatal Research Network. *Pediatrics*, 126(3), 443–456.
- Suikkanen, J., Miettola, S., Heinonen, K., Vääräsmäki, M., Tikanmäki, M., Sipola, M., Matinelli, H. M., Järvelin, M. R., Räikkönen, K., Hovi, P., & Kajantie, E. (2020). Reaction times, learning, and executive functioning in adults born preterm. *Pediatric research*, 10.1038/s41390-020-0851-4. Advance online publication. <https://doi.org/10.1038/s41390-020-0851-4>
- 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.
- Tinelli, F., Anobile, G., Gori, M., Aagten-Murphy, D., Bartoli, M., Burr, D. C., Cioni, G. & Morrone, M. C. (2015). Time, number and attention in very low birth weight children. *Neuropsychologia*, 73, 60–69.
- Thompson, D. K., Adamson, C., 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. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.12.053>
- Tosto, M. G., Petrill, S. A., Halberda, J., Trzaskowski, M., Tikhomirova, T. N., Bogdanova, O. Y., Ly, R., Wilmer, J. B., Naiman, D. Q., Germine, L., Plomin, R., & Kovas, Y. (2014). Why do we differ in number sense? Evidence from a genetically sensitive investigation. *Intelligence*, 43, 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.12.007>
- Twilhaar, E. S., de Kieviet, J. F., Aarnoudse-Moens, C. S., van Elburg, R. M., & Oosterlaan, J. (2018). Academic performance of children born preterm: a meta-analysis and meta-regression. *Archives of disease in childhood. Fetal and neonatal edition*, 103(4), F322–F330. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-312916>
- Twilhaar, E. S., Wade, R. M., de Kieviet, J. F., van Goudoever, J. B., van Elburg, R. M., & Oosterlaan, J. (2018). Cognitive Outcomes of Children Born Extremely or Very Preterm Since the 1990s and Associated Risk Factors: A Meta-analysis and Meta-regression. *JAMA Pediatrics*, 172(4), 361–367. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.5323>

- Vuontela, V., Steenari, M. R., Carlson, S., Koivisto, J., Fjällberg, M. & Aronen, E. T. (2003). Audiospatial and visuospatial working memory in 6-13 year old school children. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 10(1), 74–81. <https://doi.org/10.1101/lm.53503>
- Wynn K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358(6389), 749–750. <https://doi.org/10.1038/358749a0>
- Xu, F. & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74(1), B1–B11. [https://doi.org/10.1016/s0010-0277\(99\)00066-9](https://doi.org/10.1016/s0010-0277(99)00066-9)
- Zeitlin, J., Szamotulska, K., Drewniak, N., Mohangoo, A. D., Chalmers, J., Sakkeus, L., Irgens, L., Gatt, M., Gissler, M., Blondel, B. & Euro-Peristat Preterm Study Group (2013). Preterm birth time trends in Europe: a study of 19 countries. *BJOG: an international journal of obstetrics and gynaecology*, 120(11), 1356–1365. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.12281>