

Aszimmetrikus távolsághatás óvodáskorú
gyermekeknél szám összehasonlítási feladatban

Asbóth Hanna Ágota

Témavezető:

Dr Krajcsi Attila

habilitált egyetemi docens

2023

Tartalomjegyzék

Absztrakt	2
A számok mennyiségi feldolgozását leíró modellek	3
Az akkumulátor metafora	3
Közelítő Számosság Rendszer	4
Diszkrét Szemantikus Rendszer	5
Tárgykövető Rendszer	5
A számlálás korai elsajátítása	6
Sorrendiség szerepe a döntéshozatalban	7
Hipotézis	10
Módszer	11
Minta	11
Eljárás	11
Eredmények	12
Adj X tárgyat feladat	12
Szám összehasonlítási feladat	13
Diszkusszió	17
Limitációk és erősségek	18
Konklúzió	19
Felhasznált irodalom	20

Ábrajegyzék

1. ábra: <i>A különböző számismerettel rendelkező résztvevők eloszlása</i>	13
2. ábra: <i>A helyes válaszok aránya a bemutatott számpárok különböző távolságának esetében, a kis szám alkalmaz ismerők körében növekvő és csökkenő sorrend esetén</i>	14
3. ábra: <i>A helyes válaszok aránya különböző távolságok esetén százalékban</i>	14
4. ábra: <i>A távolsághatást mutató görbe meredeksége csökkenő és növekvő sorrendben bemutatott számok esetében</i>	15
5. ábra: <i>A helyes válaszok aránya az egymástól egy számnyi távolságra lévő számpárok növekvő és csökkenő sorrendben való bemutatása esetén</i>	16

Absztrakt

A kutatás célja a különböző szám feldolgozási stratégiák kora gyermekkori működésének feltárása volt. A számok mennyiségi feldolgozásának elsajátításának kulcsmozzanata a kardinalitás elvének megismerése. A jelen kutatás azokra a gyermekekre fókuszált, akik még nem ismerik a kardinalitás elvét, így csak az általuk ismert számok egy csoportjának ismerik a mennyiségre vonatkozó jelentését, tehát alhalmaz ismerők.

A számok feldolgozásának két fő stratégiája különíthető el. A mennyiség szerinti és a sorrendiségre fókuszáló feldolgozás. A mennyiségi feldolgozás során számpárok összehasonlításakor távolsághatás figyelhető meg, ami azt jelenti, hogy a számpár közötti távolság növekedésével csökken a reakcióidő. Ezzel szemben a sorrendiségre fókuszáló feldolgozás során fordított távolsághatás figyelhető meg, ami azt jelenti, hogy a számok közötti távolság növekedésével nő a reakcióidő. A két stratégia megjelenése valószínűleg nem különül el élesen egymástól, így a számok sorrendiségére irányuló döntéshozatali stratégiák a számok nagyság szerinti összehasonlítására vonatkozó feladatokban is megjelenhetnek, jellemzően növekvő sorrendben bemutatott számpárok esetében. A két stratégia interferenciája felnőttek körében aszimmetrikus távolsághatáshoz vezethet, vagyis ahhoz, hogy a növekvő sorrendben bemutatott számpárok esetében a távolsághatás gyengébb, mint a számok csökkenő sorrendben való bemutatása esetén.

A jelen kutatásban egy szám összehasonlítási feladat segítségével vizsgáltuk a jelenséget alhalmaz ismerő gyermekek esetében (N=47). Gyermekek esetében nem jelent meg az aszimmetrikus távolsághatás, illetve a számok sorrendiségének feldolgozására utaló nagyobb hibázási arány a csökkenő sorrendben bemutatott számpároknál, a növekvő sorrendben bemutatott számpárokhoz képest. Ez arra utal, hogy gyermekek esetében a nagyság szerinti döntéshozatal folyamatában a mennyiségi döntéshozatal stratégiái önállóan működhetnek a Közelítő Számosság Rendszer a Diszkrét Szemantikus Rendszer vagy a Tárgykövető Rendszer által leírt módon.

A számok mennyiségi feldolgozását leíró modellek

Az akkumulátor metafora

A matematikáról sokszor szövevényessége és bonyolultsága jut eszünkbe, emiatt hajlamosak lehetünk nagyon magas szintű kognitív képességként gondolni rá. Ennek ellenére a numerikus kognícióval foglalkozó kutatások felfedték, hogy a matematikai képességek nem humánspecifikus tulajdonságok, különböző állatok esetében is megjelenhet a számolás képessége (Laties, 1972; Mechner & Guevrekian, 1962; Meck, & Church, 1983). De vajon milyen mentális reprezentáció segítheti a számok feldolgozását, ami a nyelvhez hasonló szimbólumok nélkül képessé tehet feldolgozásukra?

A számok feldolgozásáról folytatott patkánykísérletek tanulsága szerint a számok feldolgozásának hátterében egy akkumulátor metaforával leírható reprezentáció állhat (Meck, & Church, 1983). Az akkumulátor a számokat folytonos módon reprezentálja, olyan módon, hogy a számlálás során egyre jobban feltöltődik (Gibbon, 1977; Gibbon & Church, 1981; Meck, & Church, 1983). A patkányokkal folytatott kísérlet alapján, az akkumulátorhoz kapcsolódó számreprezentáció működése több móddal is rendelkezik, ami lehetővé teszi a diszkrét ingerek, mint például egy pedál egyszeri lenyomásának, és a folytonos ingerek, mint például egy pedál lenyomás időtartamának reprezentálását is. Azonban az akkumulátor működésének precizitása korlátozott. Egy mennyiséget az akkumulátor töltöttségének egy intervalluma reprezentál, ezen intervallumok között pedig átfedés található. Emiatt a mennyiségek reprezentálása csupán hozzávetőleges, a Weber-törvény által leírható módon zajlik. Az eloszlás paraméterei a számok nagyságától függenek, olyan módon, hogy az eloszlás szélessége a számok növekedésével egyre nagyobb lesz. Azt, hogy két szám milyen pontossággal különböztethető meg egymástól, a számokat reprezentáló eloszlások nagysága közti átfedés jelzi. Ebből az következik, hogy az egymástól a távolabb eső számok megkülönböztetése könnyebb, mint az egymáshoz közel álló számoké. Emellett, mivel a nagyobb számokhoz kapcsolódó eloszlás kiterjedtebb, megkülönböztetésük szintén nehezebbé válik annál, mint amit a kisebb számok esetében tapasztalhatunk (Gibbon & Church, 1981; Siegler & Opfer, 2003).

Közelítő Számosság Rendszer

Az akkumulátor metaforával alapvetően a számok nem szimbolikus reprezentációi jellemezhetőek (Gallistel & Gelman, 2005), azonban ebből nem következik egyértelműen, hogy a szimbolikus számok feldolgozása mögött is azonos mechanizmus áll. A szimbolikus számokat az különbözteti meg a nem szimbolikus mennyiség jelölésektől, hogy esetükben a számosságot valamilyen szimbólummal fejezzük ki, ami nem utal egyértelműen a mennyiségre. Tehát például az arab számokat szimbolikus számnak nevezhetjük, szemben azzal, ha valaki strigulákkal jelöl egy adott mennyiséget, hiszen abban az esetben a strigulák mennyisége mutatja a jelölt halmaz számosságát. Emiatt a szimbolikus számok esetében felmerül annak lehetősége, hogy feldolgozásuk során nem a Weber-törvénnyel leírható az észlelés területéről ismert folyamatok állnak, hanem magasabb szintű kognitív mechanizmusok (Moyer & Landauer, 1967).

A szimbolikus számok feldolgozásának jellegzetességeinek vizsgálatára készített kutatást Moyer és Landauer 1967-ben. Kísérletükben felnőtteket kértek arra, hogy két, egyjegyű, szimbolikus számról döntsék el minél rövidebb idő alatt, hogy melyik a nagyobb. Az eredmények szerint a helyes válaszok aránya, és a döntéshez szükséges reakcióidő a két szám arányától függött, a következő módon. Minél kisebb volt a két szám aránya, annál nagyobb volt a hibázási arány, és annál több időt vett igénybe a döntéshozatal. Tehát a kísérlet eredményei szerint a szimbolikus számok esetében is hasonló tendencia jelent meg a döntéshozatal során, mint amit a korábban említett akkumulátor modell jósol. A Közelítő Számosság Rendszer (Approximate Number System, ANS) (Dehaene, 1992; Moyer & Landauer, 1967) modell szerint a szimbolikus számok feldolgozásának hátterében is, az észlelés területéről ismert, evolúciósan ősi, Weber-törvényhez hasonló mechanizmus állhat mely a két szám távolságából és nagyságából összeadódó arányhatáshoz vezet.

A Közelítő Számosság Rendszer gyermekkori működéséről nem szimbolikus számok esetében számos kutatás született. Ezek tanulsága szerint a Közelítő Számosság Rendszer működése már 6 hónapos korban megjelenik (Xu & Spelke, 2000), ám óvodáskorban még fejlődik a pontossága (Halberda & Feigenson, 2008; van Marle és mtsai., 2014). A Közelítő Számosság Rendszer gyermekkori működését a szimbolikus számok feldolgozásával is összefüggésbe hozták. Egyes kutatások szerint a nem szimbolikus mennyiségek nagyságáról hozott döntések pontosságában fellelhető egyéni különbségek szignifikáns prediktorai lehetnek a matematikai

képességeknek a szimbolikus számok terén is (De Smedt és mtsai., 2009; Halberda & Feigenson, 2008; Holloway & Ansari, 2009; Schneider és mtsai., 2017).

Diszkrét Szemantikus Rendszer

A két szám nagyság szerinti összehasonlításakor felmerülő arányhatás magyarázatára egy alternatív modell is született. Diszkrét Szemantikus Rendszer (Discrete Semantic System) (Krajcsi és mtsai., 2016) a számokat egy szemantikus hálózat csomópontjaiként írja le. A csomópontok között különböző erősségű összeköttetések jönnek létre, melyeken keresztül az egyik csomópont aktivációja áterjed a vele összeköttetésben álló csomópontokra is. A csomópontok közötti összeköttetés alapjául a számok matematikai tulajdonságai (pl.: páros számok, prímszámok) és a nem matematikai jellemzői egyaránt szolgálhatnak (pl.: meseszámok, szerencseszámok). A modell a Közelítő Számosság Rendszer által leírt arány hatást a távolság és nagyság hatásra bontja le. A Diszkrét Szemantikus Rendszer a nagyság hatást azzal magyarázza, hogy a kisebb számok gyakrabban fordulnak elő a hétköznapi életünkben a nagyobb számoknál (Dehaene & Mehler, 1992), emiatt könnyebb a feldolgozásuk. A távolság hatás magyarázatára a modell két megoldást kínál. Egyrészt a kis számok és nagy számok a gráfban összeköttetésben állhatnak a kis és nagy csomópontokkal, ez a különbség pedig megkönnyítheti a nagyságukról szóló döntés meghozatalát. A másik magyarázat szerint az egymáshoz közel álló számok között, hasonló jelentésük miatt erősebb összeköttetés lehet, emiatt pedig aktivációjuk interferálhat egymással a döntéshozatal közben. Azonban ezt a modellt eddig csak felnőtt mintán vizsgálták, így arról, hogy milyen kapcsolatban lehet a numerikus kogníció gyermekkori fejlődésével, még nincsenek információink.

Tárgykövető Rendszer

Az Közelítő Számosság Rendszer és Diszkrét Szemantikus Rendszer modellel a szimbolikus számok és nem szimbolikus mennyiségek pontatlan reprezentációjáért felelős kognitív mechanizmusok írhatóak le. Azonban létezik egy másik reprezentáció is, ami a kis mennyiségek pontos és gyors felismeréséért felel. A Tárgykövető Rendszer (Object Tracking System) (Trick & Pylyshyn, 1994) segítségével a preverbális korban lévő gyermekek legfeljebb három (Feigenson és mtsai., 2004; Feigenson & Carey, 2003), a felnőttek legfeljebb négy objektum mennyiségének megállapítására képesek (Feigenson és mtsai., 2004; Mandler & Shebo, 1982; Trick & Pylyshyn, 1994). A Tárgykövető Rendszer pontossága a Közelítő Számosság Rendszerrel és Diszkrét Szemantikus Rendszerrel szemben nem a két megkülönböztetendő

mennyiség arányától függ, hanem azok nagyságától, hiszen négynél nagyobb mennyiségek megállapítására nem képes (Feigenson és mtsai., 2004).

A számlálás korai elsajátítása

Jelen kutatás fókuszában a számok különböző feldolgozási stratégiáinak kora gyermekkori működése áll. A gyermekek számlálás tanulásával kapcsolatos korai kutatások felfedték, hogy a számsor ismerete nem vezet automatikusan a számlálás képességének birtoklásához. A gyermekek a számsort először ahhoz hasonlóan sajátítják el, mint amikor mondókát tanulnak, majd később kötnek jelentést a számsor elemeihez (Wynn, 1990). A szakirodalom jelen állása szerint a számlálás képességének elsajátításának egyik legfontosabb kulcsmozzanata a kardinalitás ismeretének elsajátítása (Wynn, 1990, 1992). A kardinalitás elve azt jelenti, hogy egy halmaz megszámlálásakor az utolsó, a számsorban használt számjegy jelenti a halmaz számosságát (Gelman & Gallistel, 1978; Wynn, 1990).

A gyermekek számlálással kapcsolatos ismereteinek felmérésére leggyakrabban az Adj X tárgyat feladatot használják (Wynn 1990, 1992b). Ebben a feladatban a vizsgálatvezető arra kéri a résztvevő gyermeket, hogy egy halmazból válasszon ki adott mennyiségű tárgyat, és adja át a vizsgálatvezetőnek, vagy helyezze valamilyen tárolóba. Ennek a feladatnak segítségével megállapítható, hogy mekkora az a számkör, amiben a résztvevő gyermek kompetensen mozog a számlálás terén. Wynn (1990, 1992b) eredményei alapján a gyermekek a feladatban használt stratégiájuk alapján két csoportba oszthatóak. Az első csoportban a gyermekek a megfelelő mennyiségű tárgyat egyszerre markolják fel. A második csoportba tartozó gyermekek a megfelelő mennyiségű tárgy kiválasztására számlálást alkalmaznak. Emellett Wynn azt is megfigyelte, hogy azok a gyermekek, akik jellemzően a felmarkolás stratégiáját használták, pusztán az általuk ismert számsor egy alhalmazát tudták megbízhatóan odaadni a feladatban. Például tízig ismerik a számsort, azonban csak háromig tudják megbízhatóan odaadni a számokat. Ezt a csoportot a szakirodalomban alhalmaz ismerőknek nevezik. Ezzel szemben a jellemzően számlálást alkalmazó csoportban található gyermekek az általuk ismert számsor összes tagját képesek voltak megbízhatóan odaadni a feladatban. Emellett más feladatokban is nagyobb arányban adtak a kardinalitás elvének ismeretére utaló válaszokat. Emiatt, ezt a csoportot kardinalitás ismerőknek nevezi a szakirodalom. Wynn, megfigyeléseiből arra következtetett, hogy az ötnél kisebb számok elsajátítása fokozatos folyamat, azonban a gyermekek három és fél és négyéves koruk között elsajátítják a kardinalitás elvének ismeretét, aminek felhasználásával a tudásukat generalizálják az általuk ismert számsor összes tagjára.

Az Adj X tárgyat feladat módszertana

Az utóbbi években születtek Wynn (1990, 1992b) kutatásainak némileg ellentmondó eredmények (Gunderson és mtsai., 2015; Krajcsi & Fintor, 2023; Marchand és mtsai., 2022; Mussolin és mtsai., 2012; Wagner & Johnson, 2011). Ezen eredmények szerint léteznek olyan gyermekek, akik négynél nagyobb számokat is képesek megbízhatóan odaadni az Adj X tárgyat feladatban, azonban tudásukat még nem generalizálták az általuk ismert teljes számsorra. Ezt a csoportot a Krajcsi és Fintor (Krajcsi & Fintor, 2023) kutatásában nagy szám alhalmaz ismerőnek nevezték el. Emellett olyan eseteket is megfigyeltek, ahol egyes gyermekek számismeretében kihagyások figyelhetők meg (Sarnecka & Gelman, 2004). Ezek a megfigyelések arra utalnak, hogy a szimbolikus számok elsajátítása a kezdetben feltételezetteknél fokozatosabb folyamat lehet.

A Wynn (1990, 1992b) kutatásai és a nagy szám alhalmaz ismerőket találó kutatások közötti legjelentősebb eltérés az Adj X tárgyat feladat módszertanához kötődik. Wynn (1990, 1992b) kutatásaiban a legnagyobb szám, amit kérdeztek a hat volt és a titrálás módszerét használták. A titrálás módszerét alkalmazva helyes válasz esetén mindig az egyel nagyobb szám következik, helytelen válasz esetén pedig mindig az egyel kisebb. Ezzel a módszerrel azonban nem találhatók meg azok a gyermekek, akiknek kihagyások találhatók a számismeretében, vagy négynél nagyobb számokat is megbízhatóan oda tudnak adni a feladatban, ám tudásuk még nem generalizálódott a számsor minden tagjára (Krajcsi & Fintor, 2023).

Sorrendiség szerepe a döntéshozatalban

Jelen kutatás a kardinalitást még nem ismerő, tehát alhalmaz ismerő (Wynn, 1990, 1992) gyerekek szám összehasonlítási képességeiben található aszimmetrikus távolsághatás vizsgálja. Ez azt jelenti, hogy a már korábban említett hatás nagysága, miszerint két szám összehasonlításakor a hibázási arány a két szám távolságától függ olyan módon, hogy az egymástól távolabb álló számokat könnyebben tudjuk megkülönböztetni az egymáshoz közel álló számoknál, a két szám bemutatásának sorrendjétől függ. Egy korábban folytatott kutatáshoz a kutatócsoportunk korábbi mérésében gyűjtött adatokban figyelték meg a jelenséget, miszerint abban az esetben, ha az összehasonlítandó számpárt csökkenő sorrendben mutatják be (például 4-3), a távolsághatás sokkal kifejezettebb, mint ha növekvő sorrendben történne a számok bemutatása (például 3-4). A mérés, melyben a jelenséget megfigyelték nem erre a kérdéskörre lett optimalizálva, így felmerült, hogy a kapott eredmény pusztán műtermék, így szükséges a mérés megismétlése, egy erre a kutatási kérdésre létrehozott méréssel.

Az aszimmetrikus távolsághatást eddig legjobb tudomásunk szerint pusztán egy kutatásban írták le, ahol felnőtt mintával dolgoztak. Turconi és munkatársai (Turconi és mtsai., 2006) kutatásában a résztvevőknek különböző feladatokban számpárokról kellett eldönteniük, hogy melyik a nagyobb, illetve, hogy csökkenő vagy növekvő sorrendbe vannak-e rendezve. Az eredmények szerint a mennyiség szerinti összehasonlítás során aszimmetrikus távolsághatást találtak, tehát a távolsághatás abban az esetben, ha a számokat csökkenő sorrendben mutatták be, erősebb volt, mint akkor, amikor a számokat növekvő sorrendben mutatták be. A sorrendiségről szóló döntéshozatali feladatban a csökkenő feltétel esetén szintén jelentkezett a már ismert távolsághatás, azonban a növekvő feltétel esetén fordított távolsághatást találtak. Ez azt jelenti, hogy a döntéshozatal sebessége a párok között lévő távolság növekedésével nőtt.

Az aszimmetrikus távolsághatás megjelenésnek oka az lehet, hogy a döntéshozatal során, a számok feldolgozásának különböző módjai interferálnak egymással (Turconi és mtsai., 2006). A számok feldolgozásának két fő stratégiája különíthető el: a kardinalitásra (vagyis a számok mennyiségként való értelmezésére) vonatkozó feldolgozás, és a sorrendiségre vonatkozó feldolgozás (Sury & Rubinsten, 2012; Vos és mtsai., 2017). Az aszimmetrikus távolsághatást az okozhatja, hogy a mennyiségről szóló összehasonlítás esetében a sorrendiségről szóló döntéshozatal asszociáción alapuló stratégiái szintén aktiválódhatnak. A számok között lévő asszociáció annál erősebb, minél közelebb vannak egymáshoz, ezért a döntéshozatalhoz szükséges idő, a számok közötti távolsággal nő. Emiatt a sorrendiségről szóló döntéshozatal során a távolsághatás a mennyiségről szóló döntéshozatallal ellentétes módon jelenik meg (fordított távolsághatás). A sorrendiség eldöntéséhez szükséges stratégia aktivációja a növekvő sorrendű bemutatás esetében nagyobb eséllyel történhet meg, hiszen a hagyományos sorrend esetén erősebb asszociáció kötheti össze a sorozat tagjait. Emellett a növekvő számsorok gyorsan előhívhatóak a memóriából, ami hatékony döntéshozatalhoz vezethet a számok mennyiség szerinti összehasonlításánál is, így ezekben az esetekben a számok közti asszociációkra alapuló stratégia léphet életbe (Caplan, 2015; Ebbinghaus (1885), 2013; Lewandowsky & Murdock Jr., 1989; Vos és mtsai., 2017). Ez megmagyarázhatja, hogy a növekvő sorrendben történő bemutatás esetében miért gyengült a távolsághatás és maradt kifejezettebb a csökkenő sorrendben történő bemutatás esetében, ezzel aszimmetriát hozva létre (Turconi és mtsai., 2006).

A fordított távolsághatásról szóló további kutatások szintén arra utalnak, hogy a mennyiség szerinti döntéshozatal és a sorrendiségről szóló döntési folyamatok nem különülnek el élesen. Azonban születtek a Turconi és munkatársai (2006) kutatásában találtaknak részben

ellentmondó eredmények a fordított távolsághatás megjelenését illetően. Első osztályosok esetében számpárok sorrendiségéről szóló döntéshozatali feladatban hagyományos távolsághatást találtak (Vogel és mtsai., 2015), még számhármassok esetében fordított távolsághatást (Lyons & Ansari, 2015). Vos és munkatársai kutatásában (Vos és mtsai., 2017) felnőttek esetében is ezt a tendenciát figyelték meg. Ennek oka az lehet, hogy a kettős számpárok esetében a mennyiség szerinti döntéshozatal támogató mechanizmusok is szerepet játszottak, még a hármass sorozatok esetében erősebb volt a sorrendi feldolgozás szerepe (Franklin és mtsai., 2009; Turconi és mtsai., 2006; Vos és mtsai., 2017). Vos és munkatársai (Vos és mtsai., 2017) kutatásában felnőtt résztvevőknek három számból, betűből vagy hónap névből álló sorozatokról kellett eldöntenie, hogy sorrendjük növekvő vagy csökkenő. Az eredmények szerint a fordított távolsághatás minden esetben megjelent, azonban a csökkenő sorrend esetében gyengébb volt, mint amikor növekvő sorrendben mutatták be az ingereket. Emellett abban az esetben, ha a számsorozatokat rendezetlen sorrendben mutatták be (például, 1-3-2) a hagyományos távolsághatás jelentkezett. Ezen eredmények arra utalnak, hogy a sorrendről szóló döntéshozatalban a számok közötti asszociációkon és mennyiség szerinti összehasonlításra alapuló folyamatok egyaránt szerepet játszanak (Turconi és mtsai., 2006; Vos és mtsai., 2017). Páronkénti összehasonlítással, a mennyiség szerinti döntéshozatal abban az esetben is hatékony lehet, ha a sorrendről kell döntést hozni. Azonban abban az esetben, ha az ingereket növekvő sorrendben mutatják be, a sorrendiségről szóló asszociáció erősebb lehet, ami felülírja a mennyiség szerinti döntéshozatal folyamatát (Turconi és mtsai., 2006).

Bár számok mennyiség szerinti elkülönítésének esetében, vagy sorrendről szóló döntéshozatal tartalmazó feladatoknál, a két stratégia egyszerre jelen lehet, az ingerek sorrendiségének feldolgozásának és a nagyságszerinti összehasonlításának folyamatait feltehetően különböző kognitív mechanizmusok támogatják. Sasanguie és munkatársai (Sasanguie és mtsai., 2017) kutatásukban azt vizsgálták, hogy a számok sorrendjének meghatározása esetében megjelenő fordított távolsághatás és a nagyságukról szóló döntéshozatal esetében megjelenő hagyományos távolsághatás milyen kapcsolatban áll egymással, illetve a matematikai képességekkel. Eredményeik szerint a két különböző feladatban megjelenő távolsághatás között nem volt statisztikailag szignifikáns összefüggés. Emellett a matematikai képességek fejlődése szempontjából a sorrendiség megállapítására irányuló feladaton elért teljesítmény fontosabbnak bizonyult a mennyiség szerinti összehasonlításban mért teljesítménynél.

A távolsághatás megjelenését a bemutatott számok jellege is befolyásolhatja, olyan módon, hogy a szimbolikus, illetve nem szimbolikus mennyiségjelölések esetén eltérő

távolsághatásokat tapasztalhatunk. Egy olyan kísérletben (Lyons & Beilock, 2013), ahol a nagyság szerinti összehasonlítási és a sorrendiség megállapítására irányuló feladatot kellett végezniük a résztvevőknek, mind szimbolikus mind nem szimbolikus számokon, azt találták, hogy a fordított távolsághatás kizárólag a szimbolikus számok sorrendiségének megállapításánál jelent meg, a nem szimbolikus mennyiségek sorrendiségének megállapításánál nem.

A szimbolikus számok sorrendiségéről alkotott döntéshozatali folyamatok neurális szinten is elkülönülnek, a nem szimbolikus mennyiségek esetében a sorrendiségről és nagyságról, valamint szimbolikus számok esetében a nagyságról hozott döntéshozatali folyamatoktól (Lyons & Beilock, 2013).

Hipotézis

Az aszimmetrikus távolsághatás jelenségét a korábban ismertetett modellek egyike sem tudja önmagában megmagyarázni. A Közelítő Számosság Rendszer és a Diszkrét Szemantikus Rendszer egyaránt szimmetrikus távolsághatást feltételez. A Tárgykövető Rendszer szintén nem tulajdonít jelentőséget a sorrendiségnek.

Abban az esetben, ha az alhalmaz ismerők körében valóban megjelenik az aszimmetrikus távolsághatás, arra következtethetünk, hogy esetükben, a felnőtt populációban kapott eredményekhez hasonlóan (Turconi és mtsai., 2006; Vos és mtsai., 2017) nem kizárólag a mennyiségek megállapítására szolgáló reprezentációk működnek, hanem, amennyiben a bemutatott számok közötti asszociációk aktiválják, a számok sorrendjét előhívó stratégia is megjelenhet.

A jelen kutatásban az aszimmetrikus távolsághatás megjelenésének tesztelése egy szám összehasonlítási feladattal történik majd, melyben a résztvevőknek két egyjegyű szám közül kell eldöntenie, hogy melyik a nagyobb. A feladat során az egyes számpárok növekvő (például 1-2) vagy csökkenő (például 2-1) sorrendben lesznek bemutatva. A bemutatott számok 1-5-ig terjednek.

Az első hipotézis szerint, a csökkenő sorrendben bemutatott számok esetében a távolsághatást mutató görbe meredeksége nagyobb lesz, mint a növekvő sorrendben bemutatott számok esetében.

Turconi és munkatársai (Turconi és mtsai., 2006) kutatása alapján a növekvő sorrendű bemutatáskor egymás utáni számok esetében (például 3-4) megjelenő, a csökkenő esetben bemutatott párokhoz képest gyorsabb döntéshozatali sebesség arra utalhat, hogy a mennyiség szerinti döntéshozatali feladat esetében is a számok sorrendjén alapuló döntéshozatali stratégiák aktiválódtak.

A második hipotézis szerint a szám összehasonlítási feladatban a növekvő számpárok esetében a helyes válaszok aránya nagyobb lesz, mint a csökkenő sorrendben bemutatott számok esetében.

Módszer

Minta

A kutatásban 137 óvodás korú gyermek vett részt. Az adatfelvételt budapesti óvodákban végeztük. Az elemzés során négy résztvevőt kizártunk az elemzésből, mivel a szám összehasonlítási feladatban a feladat szempontjából irreleváns válaszokat adtak. Így a végleges minta 133 főből állt. A résztvevők átlagéletkora 4 év volt. A szórás 4.8 hónap volt. A legfiatalabb résztvevő 3 éves volt, a legidősebb pedig 5 éves. Az adatfelvétel teljesen önkéntes és anonim módon történt. A résztvevő gyermekek szülei és az intézményvezető is beleegyező nyilatkozattal járult hozzá az adatfelvétel megvalósulásához.

A vizsgálat során a gyermekekkel összesen négy feladatot végeztünk el, azonban ezek közül a jelen kutatás szempontjából csak két feladat releváns, az Adj X tárgyát feladat, és a számok összehasonlításáról szóló feladat.

Eljárás

Adj X tárgyát feladat

Az adatfelvételt az Adj X tárgyát feladattal kezdtük. A feladat során a vizsgálatvezető megkérte a gyermekeket, hogy 20 szivacs-golyó közül válogassanak ki egy adott mennyiséget, majd helyezték egy tárolóedénybe (*„Ebben a feladatban arra vagyok kíváncsi, hogy milyen ügyesen tudod összegyűjteni ezeket a golyókat. Tudnál rakni x golyót a tálba/dobozba? Csak tedd ide a tálba/dobozba.”*). Miután a résztvevő kiválogatta a golyókat a vizsgálatvezető egy ellenőrző kérdést tett fel (*„Ez x golyó?”*). Amennyiben a résztvevő gyermek nemmel válaszolt a vizsgálatvezető ismét megkérte, hogy rakjon X golyót a tárolóedénybe.

Az Adj X tárgyat feladatban a legkisebb kért szám az egy volt, a legnagyobb pedig a kilenc. A feladat során nem a titrálás módszerét használtuk, így minden résztvevőtől minden számot megkérdeztük adott sorrendben (1, 3, 2, 6, 4, 5, 7, 9, 8), összesen négy alkalommal, tehát minden résztvevő esetében 36 próbát tartalmazott a feladat.

Szám összehasonlítási feladat

Az aszimmetrikus távolsághatás felmérésére egy szám összehasonlítási feladatot végeztünk a résztvevőkkel. A feladat egy mesés keretben hangzott el, ami két gyermekről szólt, akik almát szedtek, és abban versenyeztek, hogy melyikük szedett többet. A feladat során a résztvevőknek el kellett döntenie, hogy melyikük szedett több almát. *„Emma és Máté almát szednek, és azon versenyeznek, hogy ki szed több almát. Minden egyes almaszedés után idehozzák neked az almákat, és neked kell megmondanod, hogy kinek van több almája. Emma „X” almát szedett, Máté „Y” almát szedett. Kinek van több almája? Emmának, akinek „X” almája van, vagy Máténak, akinek „Y” almája van?*

A vizsgálat során 1-től 5-ig az összes lehetséges számpárt megkérdeztük csökkenő és növekvő sorrendben is. Az feladatban a következő számpárok hangzottak el: 2-1, 1-3, 4-2, 2-3, 5-4, 3-1, 1-5, 3-4, 5-2, 1-2, 4-1, 2-4, 5-1, 2-5, 3-2, 1-4, 4-3, 3-5, 4-5, 5-3.

Eredmények

Adj X tárgyat feladat

Az elemzés során az Adj X tárgyat feladat segítségével állapítottuk meg a gyermekek számismeretét, annak érdekében, hogy a szám összehasonlítási feladatban csak azokat a próbákat elemezzük, melyekben a számpár mindkét tagja ismert, illetve azért, hogy a kardinalitás ismerőket ki tudjuk zárni az elemzésből. Egy szám ismertként kategorizálásának két feltétele volt. Az első, hogy a résztvevő, legalább az esetek felében (tehát, legalább két próbánál) megfelelő mennyiséget válasszon ki (Krajcsi & Fintor, 2023). Ez azonban még nem elégséges feltétel ahhoz, hogy megállapítsuk, hogy egy gyermek valóban ismeri az adott számot, hiszen ehhez az is szükséges, hogy más számoktól képes legyen diszkriminálni. Így egy szám ismeretének második feltétele az elemzés során az volt, hogy ne adja az adott számmal jelölt mennyiséget kettőnél többször olyan esetben, amikor nem azt a számot kérte a vizsgálatvezető (Krajcsi & Fintor, 2023). A résztvevők számismeretének eloszlását a melléklet első 1. táblázata és az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra

A különböző számismerettel rendelkező résztvevők eloszlása.



Megjegyzés. A vízszintes tengely a résztvevők számismeretét, a függőleges pedig a résztvevők számát mutatja (N=133)

Ezek után a vizsgálatban résztvevőket alcsoportokra osztottuk a számismeretük alapján. Összesen három alcsoport jött létre: a kis szám alhalmaz ismerők, a nagy szám alhalmaz ismerők, illetve a kardinalitás ismerők. Amennyiben egy résztvevő csak ötnél kisebb számokat ismert, kis szám alhalmaz ismerőként kategorizáltuk. Amennyiben egy résztvevő ismert ötnél nagyobb számokat, de nem ismerte az összes kérdezett számot, nagy szám alhalmaz ismerőként soroltuk be. Így a mintában összesen 92 kis szám alhalmaz ismerő, 19 nagy szám alhalmaz ismerő, tehát összesen 111 alhalmaz ismerő és 19 kardinalitás ismerő szerepelt.

Szám összehasonlítási feladat

A szám összehasonlítási feladatban a számpárok között összesen nyolc féle távolság merülhetett fel, mínusz négytől plusz négyig. Az Adj X tárgyat feladat segítségével megállapított számtudás figyelembevételével kiszűrtük azokat a próbákat, ahol a résztvevők nem ismerték minden számot, így csak azok a próbák kerültek elemzésre, ahol a gyermekek számára a számpár mindkét tagja ismert volt.

Az 2. ábra, a kis szám alhalmaz ismerők egyes távolságokra adott helyes válaszainak arányát szemlélteti növekvő és csökkenő sorrend esetén. A különböző távolságok esetében a helyes válaszok arányát a melléklet 2. táblázata és 3. ábra szemlélteti.

2. ábra

A helyes válaszok aránya a bemutatott számpárok különböző távolságának esetében, a kis szám alhalmaz ismerők körében növekvő és csökkenő sorrend esetén.

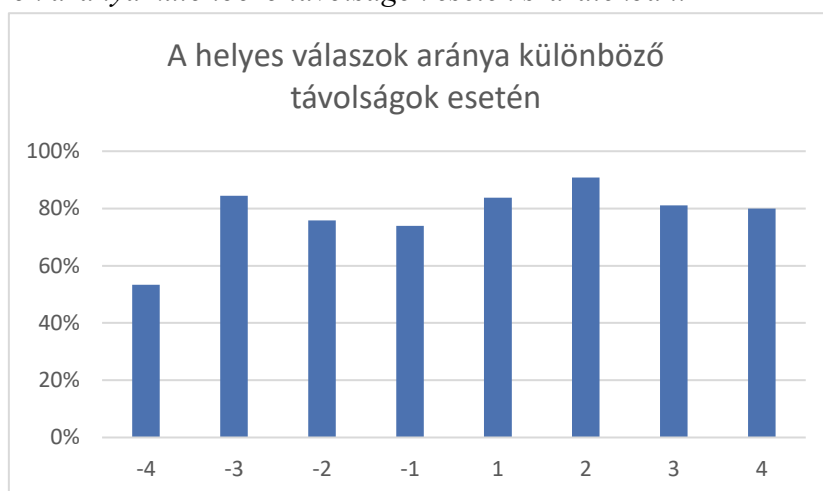
1 ismerők N=35						2 ismerők N=12						3 ismerők N=21					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1		77%	80%	71%	69%	1		83%	83%	100%	75%	1		81%	95%	76%	95%
2	46%		71%	80%	69%	2	83%		67%	92%	92%	2	76%		95%	86%	76%
3	49%	26%		69%	69%	3	75%	58%		58%	67%	3	71%	76%		71%	62%
4	40%	37%	46%		63%	4	67%	67%	67%		33%	4	81%	90%	76%		62%
5	51%	49%	43%	37%		5	67%	58%	50%	50%		5	71%	81%	71%	57%	

4 ismerők N=14						5 ismerők N=5					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1		79%	100%	93%	79%	1		80%	100%	90%	100%
2	86%		100%	93%	93%	2	90%		100%	90%	90%
3	86%	86%		86%	86%	3	100%	90%		100%	100%
4	100%	93%	71%		71%	4	100%	90%	70%		90%
5	100%	93%	64%	86%		5	80%	90%	70%	60%	

Megjegyzés. Az ábrán a függőleges tengely jelzi az első bemutatott számot, a vízszintes pedig a másodikat.

3. ábra

A helyes válaszok aránya különböző távolságok esetén százalékban.



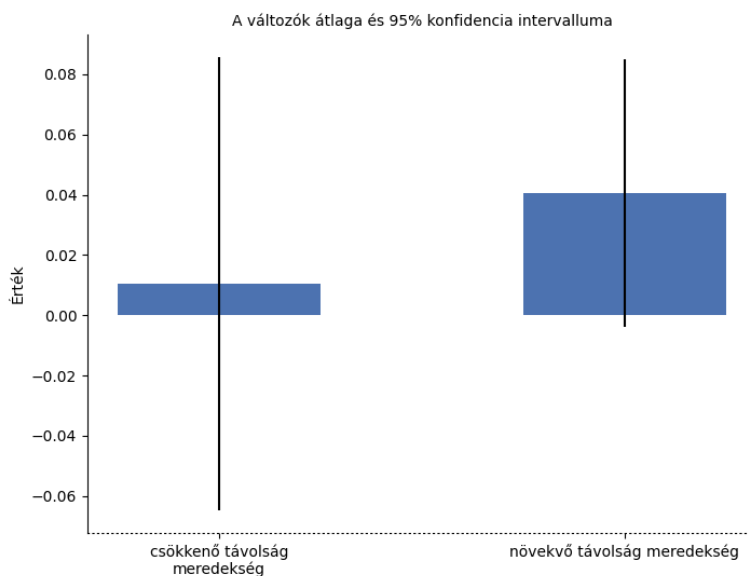
Megjegyzés. N= 133

Az első hipotézis teszteléséhez összehasonlítottuk a növekvő és csökkenő sorrendben fellépő távolsághatást. A távolsághatás megállapításához minden résztvevő esetében kiszámoltuk a helyes válaszok arányát mutató görbe meredekségét (lásd 3. és 4. ábra), a növekvő és csökkenő feltételek esetében, mely a távolsághatás indikátoraként szolgált. A csökkenő távolság esetén a görbe átlagos meredeksége 0.01 volt (95% CI alsó korlát: -0.064, felső korlát: 0.085) a növekvő távolság esetén pedig 0.04 (95% CI alsó korlát: -0.004, felső korlát: 0.085). A két görbe átlagos meredekségét a 4. ábra szemlélteti. A görbék meredekségének értéke közötti különbség

tesztelésére, mivel a normalitás feltétele sérült a Shapiro-Wilk teszt alapján ($W = 0.69$, $p < .001$) Wilcoxon-tesztet használtunk. A teszt eredményei szerint a két görbe meredeksége között nincs szignifikáns különbség ($T=145.00$, $p=0.886$).

4. ábra

A távolsághatást mutató görbe meredeksége csökkenő és növekvő sorrendben bemutatott számok esetében.

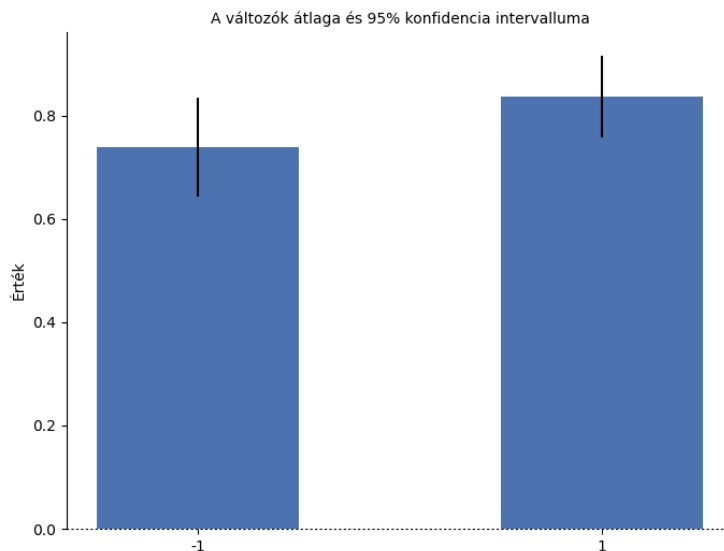


Megjegyzés. N=47

A második hipotézis teszteléséhez az egymás után következő, tehát egymástól egy szám távolságra elhelyezkedő számpárok esetében hasonlítottuk össze a helyes válaszok arányát. Csökkenő sorrend esetén a helyes válaszok aránya 73.9% volt (95% CI alsó korlát: 64.4%, felső korlát: 83.5%), növekvő sorrend esetén pedig 83.74% (95% CI alsó korlát: 75.8%, felső korlát: 91.7%) (lásd 5. ábra). A helyes válaszok közötti különbség tesztelésére, mivel a Shapiro-Wilk teszt alapján a normalitás feltétele sérült ($W = 0.88$, $p < .001$), Wilcoxon-tesztet használtunk. A teszt eredményei szerint a növekvő és csökkenő sorrendben bemutatott, egymás után következő számpárok között nem volt statisztikailag szignifikáns különbség a helyes válaszok arányában ($T = 146.00$, $p = .073$).

5. ábra

A helyes válaszok aránya az egymástól egy számnyi távolságra lévő számpárok növekvő és csökkenő sorrendben való bemutatása esetén.



Megjegyzés. N=47

Az elemzés eredményei szerint az aszimmetrikus távolsághatás nem található meg az adatokban. Ahogyan az ábra is szemlélteti, a növekvő távolság esetében nagyobb a görbe meredeksége, ami ellentmond a kutatásban feltételezetteknek, bár a különbség statisztikailag nem szignifikáns. Az elemzés a második hipotézist sem erősítette meg. Bár a növekvő sorrendben bemutatott számok esetében a helyes válaszok aránya valóban magasabb volt, a különbség nem volt szignifikáns.

Diszkusszió

A kutatás célja az aszimmetrikus távolsághatás vizsgálata volt alhalmaz ismerők esetében. A kutatás feltételezései szerint a távolsághatás abban az esetben, ha a számpárt csökkenő sorrendben mutatják be, kifejezettebb mint akkor, ha a számpárt növekvő sorrendben mutatják be. Ennek oka az lehet, hogy a növekvő sorrendben történő bemutatás során a számok közötti asszociáció erősebb, mint a csökkenő sorrendben, ami a sorrendiségen alapuló feldolgozási folyamatok stratégiáját hívja elő a kardinalitáson alapuló feldolgozással szemben (Caplan, 2015; Ebbinghaus (1885), 2013; Lewandowsky & Murdock Jr., 1989; Vos és mtsai., 2017). Amennyiben a számsoron alapuló asszociatív folyamatok stratégiája kerül alkalmazásra, fordított távolsághatás lép fel, mivel ebben az esetben a két szám távolságának növekedésével válik egyre nehezebbé a feldolgozás, ez a hatás pedig csökkentheti a hagyományos távolsághatás megjelenését.

Az eredmények szerint a csökkenő és növekvő sorrendben bemutatott számpárok esetében megjelenő távolsághatást mutató görbe meredeksége között nincs szignifikáns különbség. A kutatás feltételezéseivel ellentétes módon a számpárok növekvő sorrendben való bemutatásakor a távolsághatás nagyobb volt, mint a csökkenő sorrendben való bemutatásukkor. A sorrendiségről szóló második hipotézis feltételezéseit sem támasztották alá a kutatásban gyűjtött adatok. Az elemzés szerint, bár a növekvő sorrendben bemutatott számpárok esetében a helyes válaszok aránya nagyobb volt, mint a csökkenő sorrend esetében, a különbség nem volt statisztikailag szignifikáns.

Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az alhalmaz ismerő gyermekek a mennyiség szerinti szám összehasonlítási feladatban nem, vagy csak kis mértékben hagyatkoztak a sorrendiség megítélésére szolgáló mechanizmusra. Ez megerősíti azt a feltételezést, hogy a gyermekek esetében a mennyiségek megállapítására szolgáló mechanizmus működhet a feladatban, amilyen a Közelítő Számosság Rendszer (Dehaene, 1992; Moyer & Landauer, 1967), a Diszkrét Szemantikus Rendszer (Krajcsi és mtsai., 2016) vagy a Tárgykövető Rendszer (Trick & Pylyshyn, 1994).

Az eredmények magyarázataként szolgálhatnak a feladat jellegzetességei is, miszerint a szám összehasonlítási feladatot a korábban aszimmetrikus távolsághatást (Turconi és mtsai., 2006), vagy fordított távolsághatást (Lyons & Beilock, 2013; Sasanguie és mtsai., 2017; Turconi és mtsai., 2006; Vos és mtsai., 2017) találó kutatásokban másképpen prezentálták. Ezekben a kísérletekben az összehasonlításra kerülő számpárok egyszerre kerültek bemutatásra egy

képernyőn. Ezzel szemben a jelen kutatásban a számpárok egy, a vizsgálatvezető által elmondott történetben kerültek bemutatásra. Emiatt egyrészt a vizuális bemutatás helyett, itt hallás után dolgozták fel a résztvevők a bemutatott számpárokat, másrészt a két szám nem közvetlenül követte egymást, hanem egy összekötő szövegrészlettel megszakítva. Ez amiatt lehet fontos, mert a korábbi kutatásokban talált, a sorrendiségről szóló döntéshozatalra utaló eredmények, a számok közötti asszociációs kapcsolatokból adódhatnak (Caplan, 2015; Ebbinghaus (1885), 2013; Lewandowsky & Murdock Jr., 1989; Vos és mtsai., 2017). Az, hogy a számok nem közvetlenül egymás után hangzanak el, csökkentheti annak lehetőségét, hogy a döntéshozatal során a sorrendiséggel kapcsolatos feldolgozási stratégiák aktiválódjanak, ami az aszimmetrikus távolsághatás megjelenéséhez vezethetne.

Limitációk és erősségek

A kutatás erőssége, újszerűsége, mivel a szakirodalom, ami a számok sorrendiségének és mennyiségének feldolgozásának viszonyát vizsgálja, mind felnőtt, mind gyermek mintán limitált. Legjobb tudomásunk szerint óvodás korosztályban még nem végeztek ehhez hasonló kutatást, illetve az aszimmetrikus távolsághatás jelenségét még nem vizsgálták korábban alhalmaz ismerőket tartalmazó mintán, és felnőtt mintán is csak egy kutatásban írták le a jelenséget (Turconi és mtsai., 2006).

A kutatás limitációja a minta elemszáma, ami bár alapvetően nagy volt (137 fő), a hipotézistesztelésre szolgáló elemzésbe összesen csak 47 fő került be. Ennek legfőbb oka az volt, hogy a kutatásban kizárólag a mintában található olyan alhalmaz ismerők voltak, akik legalább három számot ismertek, hiszen csak ebben az esetben volt a résztvevőknél legalább kétféle távolság a bemutatott számpárok között, ami lehetővé tette a távolsághatást mutató görbe meredekségének kiszámolását.

A kutatás limitációja továbbá, hogy csak a mennyiség szerinti összehasonlítást vizsgálta. Annak érdekében, hogy teljes képet kaphassunk a sorrendiségről és mennyiségről szóló döntéshozatalok mechanizmusainak interakcióiról, érdemes lehet a vizsgálatot úgy megismételni, hogy a nagyság szerinti összehasonlítást tartalmazó feladat mellett, egy sorrendiségről szóló feladatot is elvégeznek a résztvevők. Ezzel felmérhetővé válna az is, hogy az alhalmaz ismerők milyen mechanizmust használnak a sorrendiség megítélésére. Azonban, a korábbi kutatásokból az derül ki, hogy két szám bemutatása esetében nem feltétlenül jelenik meg a fordított távolsághatás a sorrendiséggel kapcsolatos döntéshozatali folyamatokban sem (Sasanguie és mtsai., 2017; Vogel és mtsai., 2015). Emiatt érdemes lenne a vizsgálatba három

számból álló sorozatokat is bevonni, azonban az óvodás korosztály esetében ez a feladat lehet, hogy túl komplexnek bizonyulna.

Konklúzió

Összefoglalva, a jelen kutatásban kapott eredmények összességében arra utalnak, hogy a korábban alkalmaz ismerők esetében megfigyelt aszimmetrikus távolsághatás műterméknek bizonyul. Ez azt jelentheti, hogy az alkalmaz ismerők esetében a számok mennyiség szerinti összehasonlítására vonatkozó feladatban a kardinalitás meghatározására szolgáló korábbi modellek által leírt mechanizmusok dominálhatnak szemben a sorrendi feldolgozásra utaló folyamatokkal.

Felhasznált irodalom

- Caplan, J. B. (2015). Order-memory and association-memory. *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 69, 221–232. <https://doi.org/10.1037/cep0000052>
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 469–479. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.01.010>
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1–2), 1–42. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-N](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-N)
- Dehaene, S., & Mehler, J. (1992). Cross-linguistic regularities in the frequency of number words. *Cognition*, 43(1), 1–29. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90030-L](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90030-L)
- Ebbinghaus (1885), H. (2013). Memory: A Contribution to Experimental Psychology. *Annals of Neurosciences*, 20(4), 155–156. <https://doi.org/10.5214/ans.0972.7531.200408>
- Feigenson, L., & Carey, S. (2003). Tracking individuals via object-files: Evidence from infants' manual search. *Developmental Science*, 6(5), 568–584. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00313>
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002>
- Franklin, M. S., Jonides, J., & Smith, E. E. (2009). Processing of order information for numbers and months. *Memory & Cognition*, 37(5), 644–654. <https://doi.org/10.3758/MC.37.5.644>
- Gallistel, C., & Gelman, R. (2005). Mathematical cognition. *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*, 559–588.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The Child's Understanding of Number*. Harvard University Press.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, 84(3), 279–325. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.3.279>
- Gibbon, J., & Church, R. M. (1981). *Time Left: Linear Versus Logarithmic Subjective Time*.
- Gunderson, E. A., Spaepen, E., & Levine, S. C. (2015). Approximate number word knowledge before the cardinal principle. *Journal of Experimental Child Psychology*, 130, 35–55. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.09.008>
- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the „number sense”: The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, 44(5), 1457–1465. <https://doi.org/10.1037/a0012682>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.04.001>

- Krajcsi, A., & Fintor, E. (2023). A refined description of initial symbolic number acquisition. *Cognitive Development*, 65, 101288. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2022.101288>
- Krajcsi, A., Lengyel, G., & Kojouharova, P. (2016). The Source of the Symbolic Numerical Distance and Size Effects. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2016.01795>
- Laties, V. G. (1972). The modification of drug effects on behavior by external discriminative stimuli. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 183, 1–13.
- Lewandowsky, S., & Murdock Jr., B. B. (1989). Memory for serial order. *Psychological Review*, 96, 25–57. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.1.25>
- Lyons, I. M., & Ansari, D. (2015). Numerical Order Processing in Children: From Reversing the Distance-Effect to Predicting Arithmetic: Development of Ordinality. *Mind, Brain, and Education*, 9(4), 207–221. <https://doi.org/10.1111/mbe.12094>
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2013). Ordinality and the Nature of Symbolic Numbers. *The Journal of Neuroscience*, 33(43), 17052–17061. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1775-13.2013>
- Mandler, G., & Shebo, B. J. (1982). Subitizing: An analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111(1), 1–22. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.111.1.1>
- Marchand, E., Lovelett, J. T., Kendro, K., & Barner, D. (2022). Assessing the knower-level framework: How reliable is the Give-a-Number task? *Cognition*, 222, 104998. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104998>
- Mechner, F., & Guevrekian, L. (1962). Effects of deprivation upon counting and timing in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 5(4), 463–466. <https://doi.org/10.1901/jeab.1962.5-463>
- Meck, W. H., & Church, Ru. M. (1983). *A Mode Control Model of Counting and Timing Processes*.
- Moyer, R. S., & Landauer, T. K. (1967). Time required for Judgements of Numerical Inequality. *Nature*, 215(5109), 1519–1520. <https://doi.org/10.1038/2151519a0>
- Mussolin, C., Nys, J., Leybaert, J., & Content, A. (2012). Relationships between approximate number system acuity and early symbolic number abilities. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2012.09.003>
- Sarnecka, B. W., & Gelman, S. A. (2004). Six does not just mean a lot: Preschoolers see number words as specific. *Cognition*, 92, 329–352. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.10.001>
- Sasanguie, D., Lyons, I. M., De Smedt, B., & Reynvoet, B. (2017). Unpacking symbolic number comparison and its relation with arithmetic in adults. *Cognition*, 165, 26–38. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.04.007>

- Schneider, M., Beeres, K., Coban, L., Merz, S., Susan Schmidt, S., Stricker, J., & De Smedt, B. (2017). Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing with mathematical competence: A meta-analysis. *Developmental Science*, 20(3). <https://doi.org/10.1111/desc.12372>
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The Development of Numerical Estimation: Evidence for Multiple Representations of Numerical Quantity. *Psychological Science*, 14(3), 237–250. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.02438>
- Sury, D., & Rubinsten, O. (2012). Ordinal Processing of Numerical and Non-numerical Information. In Z. Breznitz, O. Rubinsten, V. J. Molfese, & D. L. Molfese (Szerk.), *Reading, Writing, Mathematics and the Developing Brain: Listening to Many Voices* (o. 209–232). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4086-0_13
- Trick, L. M., & Pylyshyn, Z. W. (1994). Why are small and large numbers enumerated differently? A limited-capacity preattentive stage in vision. *Psychological Review*, 101, 80–102. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.1.80>
- Turconi, E., Campbell, J. I. D., & Seron, X. (2006). Numerical order and quantity processing in number comparison. *Cognition*, 98(3), 273–285. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.12.002>
- van Marle, K., Chu, F. W., Li, Y., & Geary, D. C. (2014). Acuity of the approximate number system and preschoolers' quantitative development. *Developmental Science*, 17(4), 492–505. <https://doi.org/10.1111/desc.12143>
- Vogel, S. E., Remark, A., & Ansari, D. (2015). Differential processing of symbolic numerical magnitude and order in first-grade children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 129, 26–39. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.07.010>
- Vos, H., Sasanguie, D., Gevers, W., & Reynvoet, B. (2017). The role of general and number-specific order processing in adults' arithmetic performance. *Journal of Cognitive Psychology*, 29(4), 469–482. <https://doi.org/10.1080/20445911.2017.1282490>
- Wagner, J. B., & Johnson, S. C. (2011). An association between understanding cardinality and analog magnitude representations in preschoolers. *Cognition*, 119(1), 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.11.014>
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36(2), 155–193. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(90\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(90)90003-3)
- Wynn, K. (1992). Children's acquisition of the number words and the counting system. *Cognitive Psychology*, 24(2), 220–251. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90008-P](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90008-P)
- 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)