

A vizuális kategorizációs folyamatok érésének feltérképezése 7–15 éves egészséges gyermekek és felnőttek körében

A vizuális kategorizáció a megismerés alapvető funkciója, mely lehetővé teszi a minket nap mint nap érő információ gyorsabb és hatékonyabb feldolgozását, rendszerzését. A képességünk, hogy a különböző tárgyakat, jelenségeket kategorizáljunk, már igen korán, csecsemőkorban megjelenik, alapjául szolgálva más kognitív képesség kialakulásának (például: emlékezet, érvelés). A szakirodalomban főként a csecsemőkorban történő érési folyamatokról olvashatunk, és csak nagyon keveset tudunk arról, hogy milyen változások következnek be iskoláskorban. Jelen kutatás célja a vizuális kategorizációs folyamatok feltérképezése 7 és 15 éves kor között. Az eredeti képek mellett bemutatott módosított képtípusoknak köszönhetően vizsgálhatóvá válik továbbá az egyes kéregalatti vizuális csatornák (magno- és parvocelluláris pályák) fejlődése is. A vizsgálódás kiemelkedően fontos, hiszen több eredmény utal a magnocelluláris csatorna érintettségére például fejlődési diszlexiában.*

Bevezetés

A perceptuális kategorizáció – azaz a körülöttünk lévő tárgyak gyors és pontos rendszerezése – fontos szerepet játszik mindennapi tevékenységeinkben. A környezetünkkel való interakció során például az autókban ülve a csúcsforgalomban számos, a helyzet szempontjából releváns és kevésbé releváns inger és impulzus ér minket, ahhoz azonban, hogy megfelelően tudjunk működni és megfelelő döntéseket hozunk, stabil információ-feldolgozó és -kategorizáló funkciókra van szükségünk. A környezet ingereinek jelentéssel bíró rendszerezése tehát megismerő funkciónk és így komplex viselkedésünk egyik fontos alapja, továbbá a kategóriák létrehozása segíti az információ gazdaságos tárolását és rendszerezését (Freedman és Miller, 2008). Nem meglepő tehát, hogy a kategorizáció a megismerési folyamatok széles skáláját felöleli az észleléstől egészen a kivitelező funkciókig (Smith és Jonides, 2000). A kategorizáció során egyrészt az egymástól fizikailag különböző dolgokat csoportosítjuk, másrészt a fizikailag hasonló

* A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

dolgokat el tudjuk különíteni egymástól, így a kategorizációs folyamatok ugyanolyan fontos faktora a differenciálás, mint a generalizálás (Kovács, 2003).

Több elméletet is találunk arra vonatkozóan, hogy mi az a mechanizmus, amely segítségével a különböző tárgyakat, jelenségeket kategóriákba soroljuk. A klasszikus elméletek szerint a kategorizáció alapja bizonyos jól definiált tulajdonságok megléte, ugyanakkor a kategóriahatárok nagyon világosak és merevek. A valószínűségi elméletek

Több elméletet is találunk arra vonatkozóan, hogy mi az a mechanizmus, amely segítségével a különböző tárgyakat, jelenségeket kategóriákba soroljuk. A klasszikus elméletek szerint a kategorizáció alapja bizonyos jól definiált tulajdonságok megléte, ugyanakkor a kategóriahatárok nagyon világosak és merevek. A valószínűségi elméletek szerint a kategória központi eleme a prototípus, amely az adott kategória legjobb, legtipikusabb eleme. Ebben az esetben a kategóriába tartozást a prototípushoz való hasonlóság határozza meg, a kategóriahatárok elmosódottak. Végül a mentális kategorizációs elméletek a feladat kontextusát, illetve a sémák és elméletek szerepét emelik ki, melyek az egyes jellemző tulajdonságok súlyát határozzák meg (Kovács, 2003).

szerint a kategória központi eleme a prototípus, amely az adott kategória legjobb, legtipikusabb eleme. Ebben az esetben a kategóriába tartozást a prototípushoz való hasonlóság határozza meg, a kategóriahatárok elmosódottak. Végül a mentális kategorizációs elméletek a feladat kontextusát, illetve a sémák és elméletek szerepét emelik ki, melyek az egyes jellemző tulajdonságok súlyát határozzák meg (Kovács, 2003).

Egy adott objektum vagy jelenség kategorizációja több szintem is megvalósulhat, a megfelelő működéshez azonban lényeges a megfelelő szint kiválasztása, az aktuálisan releváns információkat és célokat figyelembe véve. A kategorizáció legáltalánosabb szintje az úgynevezett fölérendelt szinten valósul meg (ilyen például a jármű, élőlény, bútor stb. kategória), ahol a kategóriák igen átfogóak, és az egyes tagoknak kevés közös perceptuális tulajdonságuk van. Az általánosítás mértéke ezen a szinten a legnagyobb. A következő szint az alapszint, ahol az általános hasonlóság mértéke a legoptimálisabb (például: autó, madár, repülő). Itt az előző szinthez képest az egyes tagoknak több közös tulajdonságuk van és a generalizáció mértéke is csökken. Az alárendelt szinten a kategóriák száma még tovább növekszik, és egy sokkal specializáltabb osztályozás válik lehetővé, figyelembe véve azokat a jegyeket is, amelyek az egyes tagokat egyedivé teszik (például: kolibri, papagáj, galamb). Ezen a szinten a generalizáció lehetősége még tovább csökken (Ragó, 2000; Kovács, 2003).

Mareshal és Quinn (2001) szerint az, ahogyan csoportosítjuk vagy kategorizáljuk a különböző elemeket, meghatározza, hogy hogyan tanuljuk meg az egyes objektumok közötti kapcsolatot, és hogy ezeket a kapcsolatokat hogyan terjesztjük, általánosítjuk az új elemek esetén. Ez alapján pedig kijelenthetjük, hogy a kategorizáció mint mentális működés kritikus szerepet játszik a megismerés megszervezésében és stabilitásában.

A vizuális kategorizáció fejlődése

Kategorizációs képességeink kialakulása és fejlődése fontos számos kognitív képesség megszerzésében, így kritikus szerepet játszik az emlékezet, az érvéles és a problémamegoldás fejlődésében, illetve abban, hogy minél hatékonyabb módszerekkel sajátítsuk az új tudást, vagyis hogy megtanuljunk tanulni (*O'Sullivan*, 1996). A kategorizációs képesség fejlődését csecsemőkorban számos különféle technika és módszer segítségével vizsgálták, úgymint a nézési preferencia (*Eimas és Quinn*, 1994; *Quinn és Eimas*, 1996a; *Quinn, Eimas, és Tarr*, 2001), tárgyvizsgálat (*Mandler és McDonough*, 1993; *Oakes, Coppage és Dingel*, 1997; *Mandler és McDonough*, 1998a), feltételes/kondicionált láb rúgás (*Hayne, Rovee-Collier és Perris*, 1987; *Shields és Rovee-Collier*, 1992) vagy a generalizált utánzás (*Mandler és McDonough*, 1996; *Mandler és McDonough*, 1998b).

Az első év során a képesség, hogy az egyes tárgyakat és jelenségeket különböző kategóriákba soroljuk, hatalmas fejlődésen megy keresztül (*Quinn és Eimas*, 1996b). Korai vizsgálatok alapján úgy tűnik, hogy a csecsecsők az első néhány hónapban már képesek különböző pontokból álló vizuális mintázatok (*Bomba és Siqueland*, 1983), továbbá különböző vonalak orientációjának kategorizálására (*Quinn, Siqueland és Bomba*, 1985). *Quinn* és kutatócsoportja (*Quinn, Eimas és Rosenkrantz*, 1993; *Eimas és Quinn*, 1994; *Quinn és Eimas*, 1998) vizsgálataikban arra hívták fel a figyelmet, hogy a 3–4 hónapos csecsemők már képesek a különböző állatokat kategóriákba sorolni. *Eimas és Quinn* 1994-es vizsgálatukban 3–4 hónapos csecsemőknek lovakat ábrázoló színes képeket mutattak be, egyszerre mindig kettőt. A vizsgálat során egy lovat csak egyszer mutattak be. A lovakat ábrázoló képek után olyan képpárok következtek, amelyekben egy addig nem látott, új ló mellett macska, zebra, illetve zsiráf szerepelt. A csecsemők tovább nézték a macska, a zebra, illetve a zsiráf képét, mint a lóét. Ezen eredmények arra utalnak, hogy a 3–4 hónapos csecsemők már kialakították a ló kategóriáját (feltehetően a perceptuális hasonlóság alapján), amely nem tartalmazza a macskát, a zebrát, illetve a zsiráfot. Későbbi vizsgálatok azt is kimutatták, hogy ugyanebben az életkorban az arc jegyei és a fej kontúrja elegendőek ahhoz, hogy a csecsemők különböző kategóriák reprezentációit alkossák kutyákról és macskákról (*Quinn és Eimas*, 1996a; *Spencer, Quinn, Johnson és Karmiloff-Smith*, 1997; *Quinn, Eimas és Tarr*, 2001).

Behl-Chanha (1996) vizsgálatsorozata rámutatott arra, hogy a 3–4 hónapos csecsemők nem csak alapszinten, hanem úgynevezett fölérendelt-szerű vagy globális kategóriák esetén is képesek kategória-representációkat alkotni. A vizsgálatban szereplő gyermekek például képesek voltak létrehozni az emlős kategória reprezentációját, amely tartalmazza az új emlős példányt, viszont kizárja a nem emlőst, valamint a bűtort.

Ahogy az előző vizsgálatokból kiderül, az első év során jelentős fejlődés figyelhető meg a vizuális kategorizáció terén, azonban közel sem tisztázott, hogy vajon mi állhat a változás hátterében. *Mandler* (2000, 2010) kettős feldolgozás modelljében párhuzamosan működő kettős reprezentációs rendszert tételez fel. Nagy hangsúlyt kap a perceptuális információn való túllépés, és megkülönbözteti a gyermek kiváló diszkriminációs képességet egy mélyebb fogalmi tudáson alapuló tudásszervezéstől. Míg a perceptuális kategóriák csakis a statikus perceptuális tulajdonságokon alapulnak, addig a fogalmi rendszer elvontabb kapcsolatok detektálására képes. Ezen elméletét főként a *McDonough*-val 1993-ban közösen lefolytatott vizsgálat eredményeire alapozza. Kutatásukban az úgynevezett szekvenciális tárgyvizsgálat módszert alkalmazták 7 és 11 hónapos csecsemők kategorizációs képességeinek vizsgálatára, amely során a gyermekeknek állatok, illetve járművek makettjeit kellett kategorizálni. Eredmények szerint a 9–10 hónapos csecsemők szét tudták választani az állat, illetve jármű kategóriát akkor is, amikor azok nagyon hasonlóak voltak, tehát különböző kategóriaként kezelték a madarakat, illetve a repülőket annak ellenére, hogy a madarak szárnya kiterjesztett állapotban volt, így nem tértek

el nagyon a repülőktől. A szerzők az eredményekből arra következtettek, hogy ebben az életkorban a perceptuális kategóriák mellett már a fogalmi kategóriák is megjelennek (Mandler és McDonough-val, 1993).

Ezzel ellentétben Quinn és Eimas (1996b, 2000) úgy gondolják, hogy a Mandler és McDonough (1993) vizsgálatában szereplő csecsemők esetében a finomabb perceptuális különbségtétel fokozottabb képességek megjelenésének köszönhető, hogy a csecsemők ilyen korán képesek voltak megkülönböztetni a madarakat a repülőktől (vagyis képesek voltak észrevenni például a madarak és a repülők farka közötti különbséget). Szerintük a kategorizációs folyamatok fejlődésének háttérében nem az eltérő kategorizációs stratégiák alkalmazása áll, hanem fejlődése sokkal inkább annak köszönhető, hogy a csecsemő egyre több információval, ismerettel gazdagodik a tárgyakkal kapcsolatban, így amikor a szenzoros modalitáson alapuló perceptuális információk összeolvadnak a megfelelő funkcionális ismeretekkel, sokkal összetettebb kategóriák jelennek meg. Felhívják a figyelmet arra, hogy a felnőtt kategóriák is erősen beágyazottak a perceptuális információkba, vagyis a kategorizációs folyamatok a fejlődés későbbi szakaszaiban is perceptuális jegyeken alapulnak (Quinn és mtsai, 2001).

Gutheil, Vera és Keil (1998) szintén az előzőekben részletezett és a szakirodalomban nagy vitákat kavarázó fogalmi váltás jellemzőit szerették volna vizsgálni, különösen a naiv biológiai tudást illetően. Eredményeik szerint a 4–5 évesek már megértik, hogy az élőlények nagyon sok olyan tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek megkülönböztetik őket az élettelen dolgoktól. Úgy gondolják, hogy a 4 éves gyermekek már rendelkeznek egy korlátozott, de koherens „biológiai elmélettel”, amely kiváló alapját képezi annak, hogy később magabiztosan megértsék a különböző biológiai funkciókat és struktúrákat.

A gyermekek vizuális kategorizációjával foglalkozó tanulmányok többsége az iskoláskor előtti időszakot vizsgálja és csak nagyon keveset tudunk arról, hogy iskoláskorban milyen változások következnek be ezen képesség tekintetében. Az egyik ilyen vizsgálatban Batty és Taylor (2002) 7–15 éves gyermekek és felnőttek viselkedéses adatait, illetve a P1, N2 és a P3-as eseményfüggő potenciáljait vizsgálták egy állat/nem állat kategorizációs feladatban. Eredményeik szerint mindhárom komponens amplitúdója csökkent az életkorral. Viselkedéses adatok tekintetében mind a pontosság, mind a reakcióidő esetében megfigyelhető életkori hatás. A vizsgálat tehát rámutatott, hogy annak ellenére, hogy a gyermekek számára is nagyon egyszerű állat/nem állat kategorizáció volt a feladat, különbség figyelhető meg a mögöttes neurális feldolgozásban a vizsgált korcsoportokban. Rosch (1976) szerint, bár a 3 éves gyermekek az ismert ingereket képesek alapszinten kategorizálni, a fölérendelt, magasabb szintű besorolás az iskolai évek alatt érik és fejlődik tovább. Tehát bár a kategorizáció már korai csecsemőkorban megjelenik, mégis a képesség, hogy egyre absztraktabb és komplexebb besorolásokat végezzünk, úgy tűnik, egész gyermekkorunk alatt fejlődik.

A magnocelluláris és a parvocelluláris pályák fejlődése

Manapság széles körben elfogadottak azok az elméletek, amelyek a vizuális információ parallel feldolgozását hangsúlyozzák. Ezen elméletek szerint a vizuális színtér különböző jellemzőit látórendszerünk egyszerre, egymástól függetlenül elemzi, analizálja (Benedek, Janáky, Benedek és Kéri, 2005). A vizuális információ parallel feldolgozásának egyik modellje például a retina különböző méretű ganglionsejt-osztályaiból indul ki, amely alapján megkülönbözteti egymástól a magnocelluláris (M-sejtek) és a parvocelluláris (P-sejtek) sejteket, illetve a hozzájuk tartozó látópályákat. Élettani szempontból számos különbséget figyelhetünk meg a két pálya között. Az M-sejtek receptív mezője nagy, így térbeli felbontóképességük viszonylag kicsi. Az M-pálya úgymond rá van hangolva az

alacsony térbeli frekvenciákra, nagyobb érzékenységet mutat az alacsonyabb kontrasztú ingerekre, továbbá időbeli felbontóképessége is jobb a P-sejtekhez viszonyítva. Ezzel ellentétben a P-sejteket kis receptív mező, jó térbeli felbontóképesség, viszonylag kicsi kontrasztérzékenység, illetve rossz időbeli felbontóképesség, továbbá a magas térbeli frekvenciákra mutatott érzékenység jellemzi. Míg a magnocelluláris a dinamikus, addig a parvocelluláris pálya elsősorban a statikus ingerek feldolgozását végzi. Fontos továbbá kiemelni a parvocelluláris pálya szerepét a különböző hullámhosszú fény megkülönböztetésében (színészlelés) (*Livingstone és Hubel, 1988*).

A csecsemők látása az első három hónapban jelentős fejlődésen megy keresztül, és bár ez a fejlődés lelassul, de egészen a serdülőkorig folytatódik (*Kovács, 2000*). Mahajan és McArthur (2012) serdülők és felnőttek bevonásával a vizuális eseményfüggő potenciálok fejlődésének vizsgálatát tűzték ki célul. Kutatásukban sakktablához hasonló fekete-fehér négyzetekből álló ábrákat mutattak. A fényerő és a kontrasztok paramétereit állandónak tartották, csupán a négyzetek méretét változtatták, ezzel manipulálva a térbeli frekvenciákat. A szerzők abból indultak ki, hogy a négyzetek méretének manipulálásával különböző látópályákat stimulálhatnak. Eredményeik szerint az életkor előrehaladtával az N75, P100 hullámok esetében amplitúdócsökkenés figyelhető meg, ezzel ellentétben az N135 komponensnél az amplitúdó növekedését tapasztalták. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az alapvető vizuális szenzoros funkciók fejlődése egészen serdülőkorig elhúzódik, továbbá arra következtettek, hogy mind a parvocelluláris, mind a magnocelluláris pálya fejlődése serdülőkorban is folytatódik.

A Benedek és munkatársai 2003-as vizsgálatában kapott eredmények a magnocelluláris pálya késői érésére utalhatnak. Tanulmányukban a vizuális kontrasztérzékenység fejlődését vizsgálták 5 és 14 éves kor között. Eredményeik szerint jelentős érés figyelhető meg a vizuális kontrasztérzékenységben, amely megközelítőleg 11–12 éves korban érte el a maximum értéket, továbbá elmondható, hogy a fejlődés jelentősebb volt az alacsonyabb térbeli frekvenciák esetén. A szerzők szerint ezek az eredmények a magnocelluláris pálya késői fejlődésére engednek következtetni. Benedek és munkatársai (2003) eredményeit támasztja alá Adams és Courage (2002) vizsgálata. A szerzők korábbi vizsgálatainak (*Adams, Mercer, Courage és van Hof-van Duin, 1992; Adams és Courage, 1993*) eredményeit ötvözve újabb adatokkal, 1 hónapos kortól egészen 9 éves korig vizsgálták a kontrasztérzékenység fejlődését. Eredményeik szerint az alacsony térbeli frekvenciákon fokozottabb fejlődés figyelhető meg. Ugyancsak a magnocelluláris pálya késői fejlődését támogatják a mozgáskoherencia-küszöb vizsgálatára vonatkozó pszichofizikai eredmények (*Gunn, Cory, Atkinson, Braddick, Wattam-Bell, Guzzetta és Cioni, 2002*), továbbá az úgynevezett illuzórikus flicker-kontraszt feladatokat alkalmazó vizsgálatok adatai (*Barnard, Crewther és Crewther, 1998*). A magnocelluláris pálya kései érése mellett anatómiai bizonyítékok is szólnak. Fontos azonban megemlítenünk, hogy számos olyan vizsgálatot is találunk, amely a magnocelluláris pálya korai fejlődésére utal (*Dobkins, Anderson és Lia, 1999*).

Milyen szerepet töltenek be a magno- és a parvocelluláris pályák a vizuális kategorizációban? Bar (2003, 2009) modellje szerint míg a lassabb parvocelluláris rendszer a részletazonosításban játszik fontos szerepet, addig a magnocelluláris pályák által gyorsabban szállított, durvább térbeli felbontású információ komplex ingerek esetén segítheti a céltárgy úgynevezett „felülről lefelé” (‘top-down’) jellegű gyors és hatékony felismerését/kategorizációját. E ’top-down’ hatások a modell szerint a homloklebeny alsó területeiből származnak, és jelentősen befolyásolják a látókérgi folyamatokat. Mindezeket figyelembe véve elképzelhető, hogy a két pálya eltérő sebességű fejlődése hatással lehet a kategorizációs folyamatok fejlődésére is.

Az előzőekben ismertetett vizsgálatok arra hívják fel a figyelmet, hogy bár a kategorizáció a megismerés alapvető funkciója, fejlődése egészen a serdülőkorig elhúzódhat.

Mivel csak néhány olyan vizsgálatot találunk, amely az iskoláskorú gyermekek kategorizációs folyamatainak vizsgálatára irányul, nagyon sok a kérdés és a feltáratlan terület. Jelen kutatás célja a különböző iskolás korcsoportok viselkedéses adatainak (reakcióidő és pontosság) összehasonlítása egy fölrendelt, állat-jármű kategorizációs feladat végzése során. Hipotézisem szerint a vizuális kategorizáció fejlődése még iskoláskorban is folytatódik, így a gyermekek teljesítménye korcsoporttól függő módon elmarad a felnőttétől. A kutatás során céлом volt továbbá az egyes kéregalatti vizuális csatornák érzésének és a kategorizációs folyamatok összefüggéseinek feltérképezése is 7–15 éves kor között. Az előzőekből látható, hogy a magno- és parvocelluláris pályák fejlődését számos módszerrel vizsgálták, mégsem tisztázott, hogy a két pálya eltérő dinamikájú érése vajon ugyanolyan mértékben befolyásolja-e a vizuális kategorizációs folyamatokat. A korábbi vizsgálatokkal ellentétben kutatásomban komplex képek alacsony és magas térbeli frekvenciájú változatainak bemutatásával talán közelebb kerülhetünk ezen kérdések megválaszolásához. Feltételezésem szerint, bár mind a két pálya esetében fejlődés figyelhető meg a vizsgált életkorban, a magnocelluláris pálya markánsabb érzésével kell számolnunk, ami a csak alacsony térbeli frekvenciákat tartalmazó ingerek gyengébb kategorizációs teljesítményével jár gyermekkorban, elsősorban a kisiskolások esetében.

Módszerek

Résztevők

A vizsgálatban 90 személyt kértünk fel állat-jármű kategorizációs feladat végzésére. A résztvevők között egészséges 7–8 (N=23, átlagéletkor=7,68, SD=0,48), 9–10 (N=20, átlagéletkor=9,45, SD=0,51), 13–15 éves gyermekek (N=25, átlagéletkor=13,92, SD=0,86), illetve fiatal felnőttek (N=22, átlagéletkor=25,09, SD=3,8) szerepeltek. A teljes mintában és az egyes csoportokon belül is törekedtem a nemek arányának kiegyenlítésére (42 fiú, 48 lány). Rákérdeztem a személyek látásélességére, ami minden esetben szükség szerint korrigálva volt. A résztvevők egyike sem szenvedett fejlődési, pszichiatrai vagy neurológiai rendellenességben.

A vizsgálat megkezdésekor az intézmény vezetőjének, a gyermekek szüleinek és a vizsgálati személynek a hozzájárulását kértem. A gyermek vizsgálati személyek szülei írásos beleegyezésével kerültek a vizsgálati csoportba, a kutatásról történő részletes tájékoztatást mind a személyek, mind a szülők megkapták. A vizsgálatok elvégzése során a Magyar Pszichológiai Társaság által előírt etikai szabályokat követtem. A vizsgálatban való részvétel önkéntes volt, a résztvevők semmiféle fizetségben vagy jutalomban nem részesültek.

Ingerek

A kutatásban az ingerek bemutatása, a feladatban nyújtott teljesítmény és reakcióidő rögzítése az E-Prime számítógépes programmal (Psychology Software Tools, Inc., USA) történt.

A vizsgálat során állatokat és járműveket ábrázoló szürkeárnyalatos eredeti képek mellett azok alacsony és magas térbeli frekvenciájú változatai is bemutatásra kerültek. Az eredeti képeket a Li, VanRullen, Koch és Perona (2002) által alkalmazott, az interneten is elérhető adatbázisból (<http://vision.stanford.edu/Datasets/AnimTransDistr.rar>) válogattam össze. A két kategóriában szereplő képeket megpróbáltam minél nagyobb változatossággal kiválasztani, így az állat kategóriában emlősök, madarak, rovarok és

hüllők voltak láthatóak, a jármű kategóriába pedig autókat, vonatokat, polgári és katonai repülőgépeket, illetve hajókat ábrázoló képek tartoztak. A képek felbontása 255 pixel/inch, méretük pedig 576×384 pixel volt.

Az eredetileg színes képek szürkeárnyalatossá alakításához, illetve alacsony és magas térbeli frekvenciájú képek előállításához az Adobe photoshop CS5 szoftvert (Adobe Systems Inc., San Jose, USA) alkalmaztam. Az alacsony térbeli frekvenciájú képek esetében a Gaussian blur szűrőt (szűrő: 6,1), a magas térbeli frekvenciájú képeknél pedig az Adobe photoshop felüláteresztő szűrőjét (szűrő: 0,5) használtam. E két szűrési eljárás elterjedt módja a kognitív idegtudományban a különböző térbeli frekvenciájú képek előállításának (például: Bar és mtsai, 2006, Carretié és mtsai, 2012). A kategorizáció vizsgálatával foglalkozó kutatásokban általában környezetükből kiragadott, leegyszerűsített (például fekete-fehér rajzok) ingereket alkalmaznak, így hiányoznak azok a vizuális vonások, melyek a természetes környezetet jellemzik. Ezzel ellentétben, vizsgálatomban olyan képeket mutattam be, amelyekben az állatok, illetve a járművek természetes vizuális környezetükben szerepeltek.

A 3-féle kondícióban (eredeti, alacsony és magas térbeli frekvenciájú ingerek) állat-jármű kategóriánként 60–60, azaz összesen 360 képet mutattam be, random sorrendben. Annak érdekében, hogy elkerüljem az esetleges gyakorlási hatást, a személyek minden képet csak egyszer láttak. A vizsgálatban alkalmazott ingerekre az 1. ábrán látható példa.



1. ábra. Az ábrán a kutatásban használt eredeti (bal oszlop), magas (középső oszlop) illetve alacsony (jobb oszlop) térbeli frekvenciájú képekre látható példa állat (felső sor) és jármű (alsó sor) kategóriában.

Kísérleti elrendezés

Az adatfelvétel egy elsötétített szobában zajlott, ahol csak a vizsgálati személy és a vizsgálatvezető tartózkodott. Az adatfelvétel egy hordozható számítógéppel, illetve egy speciálisan erre a célra preparált billentyűzettel történt, amelyen csak a két válaszgomb: a „C”, illetve az „M” billentyűk szerepeltek. Annak érdekében, hogy az oldaliség ne befolyásolja a kapott eredményeket a résztvevők fele a „C” billentyűt, a másik fele pedig az „M” billentyűt nyomta meg „állat” válasz esetén. Az adatfelvételkor a résztvevők először a képernyőn megjelenő instrukciót látták, és mivel a mintában olvasni még nem tudó gyermekek is szerepeltek, az szóban is elhangzott. A személyek egy gombnyomással indították a kísérletet. A képernyőn elsőként 1000 ms-ig egy fixációs pont, majd ezt

követően a három kondíció valamelyikéből egy kép jelent meg, amely a válaszgombok egyikének lenyomásáig volt látható. A program a következő képet a válaszgomb lenyomását követően 1000 ms elteltével jelenítette meg. Hangsúlyoztam, hogy próbálják meg minél gyorsabban megnyomni a megfelelő gombot. Az adatfelvétel három blokkban történt és megközelítőleg 20 percig tartott.

Statisztika

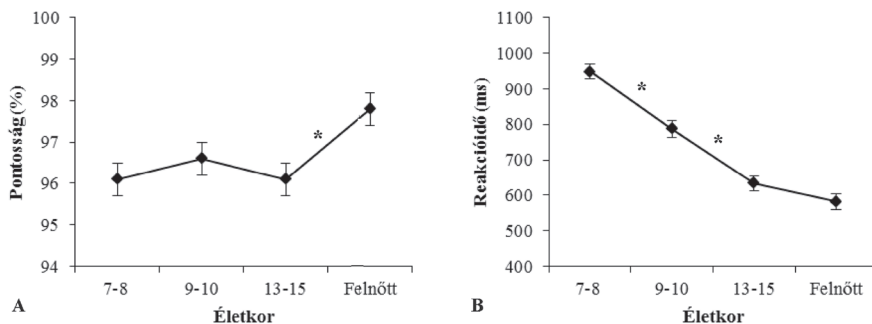
Az adatok elemzése az SPSS statisztikai programmal (SPSS Inc., Chicago, USA) történt. A vizsgálat során arra voltam kíváncsi, hogy a pontosság és a reakcióidő hogyan változik az életkor (7–8 éves, 9–10 éves és 13–15 éves gyermekek, felnőttek), a képtípus (eredeti, magas és alacsony térbeli frekvenciájú képek), illetve ezek interakciójának függvényében. A reakcióidőt mediánokban számoltam ki, a pontosságot pedig a helyes válaszok aránya adja. Az elemzés során 4 (életkor) \times 3 (képtípus) elrendezésű ismételt mérésees varianciaanalízist (ANOVA) futtattam le, ahol a képtípus összetartozó mintás változó, az életkor pedig nem összetartozó mintás változó volt. Az életkor hatásának vizsgálatokor ismételt kontrasztanalízist ('repeated contrast analysis') végeztem, amely során a szomszédos korcsoportokat vettem össze egymással (7–8 évesek vs. 9–10 évesek; 9–10 évesek vs. 13–15 évesek; 13–15 évesek vs. felnőttek). Az egyes képtípusokra jelentkező pontosság- és reakcióidő-adatok páronkénti összehasonlítására egyszerű kontrasztanalízist ('simple contrast analysis') alkalmaztam, ahol az egyes módosított képtípusokat az eredetivel vettem össze (eredeti vs. magas térbeli frekvenciájú képek; eredeti vs. alacsony térbeli frekvenciájú képek). Az adatok elemzése során $p < 0,05$ szignifikancia-szintet alkalmaztam. A jelentkező hatások nagyságának demonstrálására a parciális éta négyzet (η^2) értékeket is feltüntettem.

Annak vizsgálatára, hogy a különböző korcsoportok esetében az egyes képtípusokra jelentkező pontosság- és reakcióidő-adatok hogyan különböznek egymástól, páros t-próbákat futtattam le, páronként összehasonlítva az egyes képtípusokat.

Eredmények

Az életkor hatása a pontosságra és a reakcióidőre

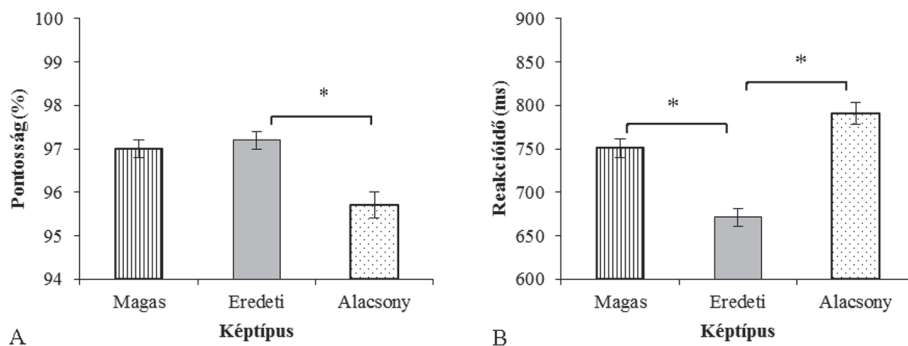
A kutatásban a pontosság elemzése során az életkor főhatás [$F(3,86)=4,91$; $p=0,003$] szignifikánsnak bizonyult, az ismételt kontrasztanalízis eredménye szerint csak a 13–15 éves gyermekek és felnőttek összehasonlításakor ($p=0,001$) figyelhető meg szignifikáns különbség, a felnőtt személyek szignifikánsan pontosabban teljesítenek. A különböző csoportoknál jelentkező pontosság adatokat a 2A ábra mutatja. A reakcióidő vizsgálatokor a pontossághoz hasonlóan szignifikáns életkor főhatást [$F(3,86)=60,82$; $p < 0,001$] találtam, a kontrasztanalízis során egyedül a 13–15 éves gyermekek és felnőttek összehasonlításakor nem találtam szignifikáns eltérést (7–8 évesek – 9–10 évesek: $p < 0,001$; 9–10 évesek – 13–15 évesek: $p < 0,001$). Az életkor előrehaladtával egyre csökken a reakcióidő, és a 13–15 éves csoport eléri a felnőttekre jellemző reakcióidőt. A csoportonként regisztrált reakcióidő adatok a 2B ábrán láthatóak.



2. ábra. Az ábrán a különböző korcsoportok esetében jelentkező pontosság (A) és reakcióidő (B) adatok átlaga és szórása látható. A csillag a szignifikáns különbséget mutatja 0,05-os szignifikancia-szintnél.

A képtípus hatása a pontosságra és a reakcióidőre

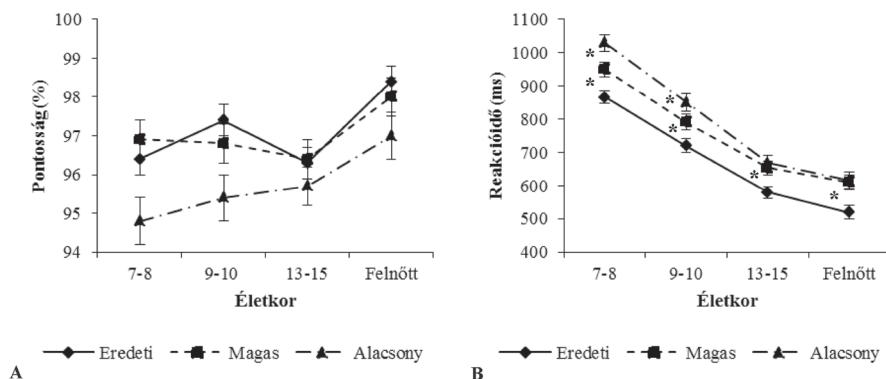
A pontosság adatok elemzése során szignifikáns képtípus főhatást [$F(2,172)=17,185$; $p<0,001$; $\eta^2=0,167$] tapasztaltam. Az egyszerű kontrasztanalízis csak az eredeti és az alacsony térbeli frekvenciájú képek [$F(1,86)=30,088$; $p<0,001$; $\eta^2=0,259$] összehasonlításakor mutatott szignifikáns különbséget, a személyek pontatlanabbak voltak az alacsony térbeli frekvenciájú képek esetén (3A ábra). A reakcióidő vizsgálatok a képtípus főhatás szintén szignifikánsnak bizonyult [$F(2,172)=229,002$; $p<0,001$; $\eta^2=0,727$]. A módosított és az eredeti képek összehasonlításakor mind a két esetben szignifikáns különbséget kaptam, az eredeti képekre a személyek szignifikánsan gyorsabban válaszoltak [eredeti képek – magas térbeli frekvenciájú képek: $F(1,86)=317,463$; $p<0,001$; $\eta^2=0,787$; eredeti képek – alacsony térbeli frekvenciájú képek: $F(1,86)=382,581$; $p<0,001$; $\eta^2=0,816$]. Az egyes képtípusokra kapott reakcióidőket a 3B ábra mutatja.



3. ábra. A különböző képtípusok esetében mért pontosság (A) és reakcióidő (B) adatok átlagait és szórásait mutatja az ábra. A csillag a szignifikáns különbségeket mutatja 0,05-os szignifikancia-szint mellett.

Az életkor és a képtípus interakciójának hatása a pontosságra és a reakcióidőre

Mivel szignifikáns életkor \times képtípus interakció csak a reakcióidő [F(6,172)=6,685; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,189$] esetében volt megfigyelhető (4B ábra), ezért a pontosság adatokat (4A ábra) a továbbiakban nem elemeztem. A kontrasztanalízis csak az eredeti és alacsony térbeli frekvenciájú képek összehasonlításakor [F(3,86)=8,236; $p < 0,001$] mutatott szignifikáns interakciós eredményt, vagyis két képtípus között jelentkező különbség az életkorral változik.



4. ábra. Az ábrán a különböző korcsoportok pontosság (A) és reakcióidő (B) adatai láthatóak az eredeti, alacsony, illetve magas térbeli frekvenciájú képtípusok esetén. A csillag a páros t -próbák által kapott szignifikáns különbséget mutatja 0,05-os szignifikancia-szint mellett.

Az egyes képtípusok korcsoportonkénti összehasonlításakor azt láthatjuk, hogy az eredeti képekre jelentkező reakcióidő minden korcsoportnál szignifikánsan rövidebb az alacsony és a magas térbeli frekvenciájú képekhez viszonyítva. Az alacsony és magas térbeli frekvenciájú képek reakcióidő adatai csak a 7–8 és a 9–10 éves korcsoport esetében különböznek szignifikánsan. Ebben a két korcsoportban az alacsony térbeli frekvenciájú képeknél szignifikánsan hosszabb reakcióidő figyelhető meg (1. táblázat).

1. táblázat. A táblázatban a páros t -próbák során kapott t -értékek láthatóak. A csillag a szignifikáns különbséget mutatja 0,05-os szignifikancia-szintnél.

	eredeti vs. magas	eredeti vs. alacsony	magas vs. alacsony
7–8 éves gyerekek	7,947*	12,724*	-5,015*
9–10 éves gyerekek	7,531*	7,189*	-3,542*
13–15 éves gyerekek	10,957*	9,769*	-1,691
Felnőttek	10,089*	12,150*	-,677

Megvitatás

Jelen kutatás célja az iskoláskorú gyermekek kategorizációs folyamatainak feltérképezése volt a magno- és parvocelluláris látópályák fejlődésének szempontjából. Ennek vizsgálatára 7–15 éves egészséges gyermekeket és felnőtteket kértem fel állat-jármű kategorizációs feladat elvégzésére. A szakirodalmi adatok alapján feltételeztem, hogy a vizuális kategorizációs folyamatok érése még iskoláskorban is folytatódik, főként, ha a

célkategoriák a fölrendelt szintet képviselik (Rosch, 1976). Az éresi folyamatok feltérképezésére az állatokat és járműveket ábrázoló eredeti komplex képek mellett azok alacsony és magas térbeli frekvenciájú változatai is bemutatásra kerültek, amelyekre csak a magno-, vagy csak a parvocelluláris pályák érzékenyek. Hipotézisem szerint a magno-celluláris pálya esetében fokozottabb fejlődés figyelhető meg a vizsgált életkorban, azaz erőteljesebben javul a kategorizációs teljesítmény a kizárólag alacsony térbeli frekvenciákat tartalmazó képek esetén.

Az eredmények szerint mind a pontosság, mind a reakcióidő esetében megfigyelhető életkori hatás (2. ábra), mely a kategorizációs folyamatok fejlődésére utalhat. A pontosság esetében a felnőttek (97,8 százalék) szignifikánsan jobban teljesítenek, mégis fontos kiemelni, hogy a legkisebb csoport, a 7–8 éves gyermekek is 96,1 százalékban nyomták meg a jó billentyűt. A reakció esetében az életkor előrehaladtával csökkenés figyelhető meg egészen 13–15 éves korig, amikor is a gyermekek már nem tértek el szignifikánsan a felnőtt csoporttól. A pontosságot és a reakcióidőt együtt elemezve azonban úgy tűnik, hogy 13–15 éves korban is történik fejlődés, hiszen bár a reakcióidő nem különbözik a felnőttekétől, a gyermekek szignifikánsan pontatlanabban teljesítenek ebben az életkorban. Ezen eredményekből arra következtethetünk, hogy a vizuális kategorizációs folyamatok fejlődése még iskoláskorban, a 13–15 éves korcsoport esetében is folytatódik. Batty és Taylor (2002) nagyon hasonló eredményeket figyeltek meg, noha a vizsgálatukban részt vevő személyek egy úgynevezett 'go/no go' feladatot végeztek.

Bár ezen eredmények a kategorizációs folyamatok fejlődésre utalnak, a reakcióidő esetében tapasztalt hatás az irodalom alapján azonban másképp is értelmezhető. Számos eredményt találunk arra vonatkozóan, hogy a különböző feladatokban az életkor előrehaladtával jelentkező reakcióidő-csökkenés mögött részben az információfeldolgozás sebességének csökkenése, illetve a motoros rendszer és a motoros funkciók fejlődése állhat (Kail, 1993; Luna és mtsai, 2004). Batty és Taylor (2002) kutatásukban a viselkedéses változók mellett a P1, N2 és P3 eseményfüggő potenciálok változásait is nyomon követték. Az életkor előrehaladtával tapasztalható latenciarövidülések (N2, P3) és amplitúdócsökkenések (P1, N2, P3) azonban mégis arra utalnak, hogy a kategorizációs folyamatok fejlődése még iskoláskorban is folytatódik, nem csupán egy általános pszichomotoros érésről van szó. Az EEG adatokból származó eredmények rámutattak arra, hogy bár a feladat a gyermekek számára is könnyen teljesíthető volt, a mögöttes neurális folyamatok fejlődése még a vizsgált életkorokban is megfigyelhető. Szintén a vizuális kategorizációs folyamatok kései fejlődését támogatják azok a vizsgálatok, melyek arra mutattak rá, hogy míg az ismert ingerek alapszintű kategorizációja már igen korán megjelenik, addig a fölrendelt szintű besorolás egészen késő gyermekkorig érik és fejlődik tovább (Rosch, 1976; Mervis és Crisafi, 1982).

A kutatás során alkalmazott képtípusok pontosságra és reakcióidőre gyakorolt hatásának tanulmányozásakor azt láthatjuk, hogy az alacsony térbeli frekvenciájú képek esetében a vizsgálatban részt vevő személyek szignifikánsan pontatlanabbak és lassabbak voltak az eredeti képekhez viszonyítva (3. ábra). A magas térbeli frekvenciájú képeknél azonban csak reakcióidőben tapasztaltam szignifikáns eltérést az eredeti képektől (3. ábra). Ezen eredmények alapján úgy tűnhet, hogy a vizsgálat során bemutatott magas, illetve alacsony térbeli frekvenciájú képek felismerhetősége nem azonos, fontos azonban kiemelni, hogy az elemzés ezen pontján a gyermek, illetve felnőtt csoportok együttesen adják ezen eredményt. Korcsoportonként elemezve az egyes képtípusok hatását azt láthatjuk, hogy a felnőttek csoportjában nincs szignifikáns különbség a magas, illetve az alacsony térbeli frekvenciákat tartalmazó képekre jelentkező reakcióidők között, amely arra utal, hogy a két módosított képtípus felismerhetősége nem tér el.

Vizsgálatom azon eredménye, mely szerint a két módosított képtípus a 7–8, illetve a 9–10 éves gyermekek esetén szignifikánsan eltér, pontosabban az alacsony térbeli frek-

venciájú képeknél a gyerekek szignifikánsan lassabban hoznak döntést, ezt követően pedig 13–15 éves korban ez a különbség eltűnik (4B ábra), arra enged következtetni, hogy az alacsony térbeli frekvenciákra érzékeny magnocelluláris pálya kisiskoláskorban éretlenebb, és a fejlődés dinamikája 13 éves korig markánsabb. Hasonló eredményeket kaptak Benedek, Kéri, Benedek, Janáky és Kovács 2005-ös vizsgálatukban, amelynek célja a kontrasztérzékenység fejlődésének feltérképezése volt. Eredményeik szerint mind a magno-, mind a parvocelluláris pálya esetében megfigyelhető fejlődés, azonban 5 és 14 éves kor között a magnocelluláris pálya markánsabb éréssel kell számolni. Ezen eredményeket támogatja Adams és Courage (2002) vizsgálata is, akik az előzőekhez hasonlóan a kontrasztérzékenység éréseinek vizsgálatakor fokozottabb fejlődést figyeltek meg az alacsony téri frekvenciák esetén.

A vizsgálat során kapott eredmények tehát arra utalnak, hogy a magnocelluláris és parvocelluláris pályák fejlődése még iskoláskorban is folytatódik, továbbá 7 és 13 éves kor között a magnocelluláris pálya erőteljesebb érése figyelhető meg. Fontos azonban kiemelni, hogy a kép korántsem egyértelmű, hiszen a szakirodalomban az M-pálya korai fejlődésére is találunk bizonyítékokat (*Dobkins, Anderson és Lia, 1999*). Érdekes módon néhány, az újszülöttek arcpreferenciájával foglalkozó vizsgálat eredményei szerint a magnocelluláris pálya igen korán fejlődik, és úgy tűnik, hogy csecsemőkorban az M-pálya által szállított vizuális információ a meghatározó (*Johnson és Morton, 1991*). A csecsemőkori szakirodalmat, illetve jelen vizsgálat eredményeit tekintve elképzelhető, hogy a magnocelluláris pálya kétszakaszos fejlődésével kell számolnunk. Újszülötteknél a magnocelluláris pálya a fejlettebb, de ezt követően érése lelassul, és a két pálya érettsége csak 13–15 éves korra egyenlítődik ki.

Az eredmények alternatív magyarázata lehet, hogy 7–8, illetve 9–10 éves korban az alacsony térbeli frekvenciájú képek esetén jelentkező szignifikánsan hosszabb reakcióidő összefügghet a frontális lebeny fejletlenségével és így a 'top-down' jellegű visszacsatolás elégtelenségével. Bar (2003) eredményei és elmélete szerint felnőttkorban a magnocelluláris pálya fontos a környezetbe ágyazott objektumok kontextustól függő, gyors azonosításában, mely folyamatban a homloklebenynek is kiemelkedő szerepe van. Ezen elméletből kiindulva az eredmények arra (is) utalhatnak, hogy a kisiskolások még kevésbé használják az M-pálya által szállított információt, és kevésbé erőteljes náluk ebből adódóan az ingerek feldolgozásának prefrontális kéregből induló top-down facilitációja. Ezen elképzelést támogatják azok a vizsgálatok is, melyek szerint a homloklebeny ebben az életkorban még viszonylag éretlen (*Giedd és mtsai, 1999; Gogtay és mtsai, 2004*). Mindezek alapján úgy tűnik, az iskoláskor elején a gyermekek inkább a részletek alapján kategorizálnak, mely folyamat főként a magas térbeli frekvenciákra érzékeny parvocelluláris pályához köthető.

A szakirodalomban számos olyan eredményt találunk, melyek a magnocelluláris pálya fokozott plaszticitására engednek következtetni, ami egyúttal fokozottabb sérülékenységre is utal a késői érés során (*Benedek, Kéri, Benedek, Janáky és Kovács, 2005*). Fontos megemlíteni a fejlődési diszlexia magnocelluláris deficit felvetését, mely szerint a csökkent olvasási teljesítmény hátterében a magnocelluláris sejtek abnormalitása áll (*Stein, 2001*). Az elméletet támogatják többek között a diszlexiás csoport csökkent kontrasztérzékenységére (*Borsting, Ridder, Dudeck, Kelley, Matsui és Motoyama, 1996; Skottun, 2000*) illetve csökkent mozgásérzékenységére vonatkozó eredmények (*Eden, VanMeter, Rumsey, Maisog, Woods és Zeffiro, 1996; Boets, Wouters, Van Wieringen és Ghesquière, 2006; Samar és Parasnis, 2007; Kevan és Pammer, 2008*).

Az elmélet mellett anatómiai és élettani bizonyítékok is szólnak. Vizsgálatok rámutattak arra, hogy az oldalsó térdestest laterális és mediális magjainak magnocelluláris sejtjei morfológiailag károsodottak (*Livingstone és mtsai, 1991; Galaburda, LoTurco, Ramus, Fitch és Rosen, 2006*), továbbá eltérést figyeltek meg az alacsony kontrasztú ingerek-

re adott látókérgi kiváltott válaszokban (a parvocelluláris sejtek esetében nem találtak hasonló abnormalitásokat) (*Livingstone és mtsai*, 1991). Más vizsgálatok a M-pályához tartozó területek csökkenő vérellátására is rámutattak (*Kaneko, Uno, Kaga, Matsuda, Inagaki és Haruhara*, 1998). Jelen tanulmányban bemutatott vizsgálat csak egy nagyobb vizsgálat sorozat első lépésének tekinthető, amely során a későbbiekben egy fejlődési diszlexiás csoport bevonását is tervezem. Egy későbbi vizsgálatban tehát a magnocelluláris sérülés felvetést szeretném vizsgálni az előzőekben bemutatott – mások által még nem alkalmazott – komplex képek alacsony és magas térbeli frekvenciájú módosított változataival. A diszlexiás csoporttal folytatott vizsgálat eredményei egyrészt közelebb vihetnek minket a diszlexia mögött meghúzódó deficit tisztázásához, az azzal kapcsolatos elméletek magyarázatához, illetve egy hatékony fejlesztési módszer kidolgozásához.

Mindezeket figyelembe véve, ezen eredmények alapján úgy tűnik, hogy a vizuális kategorizációs folyamatok fejlődése még serdülőkorban is folytatódik, és ebben eltérő szerepet játszik a magno- és a parvocelluláris pályák által szállított információ. A továbbiakban mindenképp indokolt azonban újabb (mind viselkedéses, mind elektrofiziológiai) vizsgálatok felvétele annak megerősítésére, hogy a megfigyelt életkori hatások nem csupán a motoros rendszer érésének köszönhetőek, hanem azon képességünk fejlődésének, melynek segítségével képesek vagyunk a különböző tárgyakat, jelenségeket különböző kategóriákba sorolni.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Csifcsák Gábornak, aki szakmai, módszertani tanácsaival, észrevételeivel segíti munkámat.

Köszönet illeti Czeglédiné Gurzó Mária igazgató asszonyt, hogy engedélyezte a Nicolae Balcescu Román Gimnázium, Általános Iskola és Kollégiumban az adatfelvételt, illetve az intézmény tanárait, akik a tesztfelvétel alatt segítették munkámat.

Végül, de nem utolsósorban köszönöm azoknak a szülőknek, akik hozzájárulásukat adták ahhoz, hogy gyermekük bekerüljön a kutatásba, továbbá mindazoknak a gyerekeknek és felnőtteknek, akik részt vettek a vizsgálatban.

Irodalomjegyzék

- Adams, R. J., Mercer, M. E., Courage, M. L. és van Hof-van Duin, J. (1992): A New Technique to Measure Contrast Sensitivity in Human Infants. *Optometry & Vision Science*, **69**. 6. sz. 440–446.
- Adams, R. J. és Courage, M. L. (1993): Contrast sensitivity in 24- and 36-month-olds as assessed with the contrast sensitivity card procedure. *Optometry & Vision Science*, **70**. 2. sz. 97–101.
- Adams, R. J. és Courage, M. L. (2002): Using a single test to measure human contrast sensitivity from early childhood to maturity. *Vision Research*, **42**. 9. sz. 1205–1210.
- Bar, M. (2003): A Cortical Mechanism for Triggering Top-Down Facilitation in Visual Object Recognition. *Journal of Cognitive Neurosciences*, **15**. 4. sz. 600–609.
- Bar, M., Kassam, K. S., Ghuman, A. S., Boshyan, J., Schmid, A. M., Dale, A. M., Hämäläinen, M. S., Marinkovic, K., Schacter, D. L., Rosen, B. R. és Halgren, E. (2006): Top-down facilitation of visual recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **103**. 2. sz. 449–454.
- Bar, M. (2009): The proactive brain: memory for predictions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **364**. 1521. sz. 1235–1243.
- Barnard, N., Crewther, S. G. és Crewther, D. P. (1998): Development of a magnocellular function in good and poor primary school-age readers. *Optometry and Vision Science*, **75**. 62–68.
- Batty, M. és Taylor, M. J. (2002): Visual categorization during childhood: An ERP study. *Psychophysiology*, **39**. 482–490.

- Behl-Chadha, G. (1996): Basic-level and superordinate-like categorical representations in early infancy. *Cognition*, **60**. 105–141.
- Benedek, G., Benedek, K., Kéri, S. és Janáky, M. (2003): The scotopic low-frequency spatial contrast sensitivity develops in children between the ages of 5 and 14 years. *Neuroscience Letters*, **345**. 161–164.
- Benedek, Gy., Janáky, M., Benedek, K. és Kéri, Sz. (2005): A látási információ parallel feldolgozása. *Ideggyógyászati Szemle*, **59**. 7–8. sz. 241–248.
- Benedek, Gy., Kéri, Sz., Benedek, K., Janáky, M. és Kovács, I. (2005): A látási funkció fejlődése 5–14 éves gyermekekben. *Magyar Tudomány*, **111**. 1. sz. 28–36.
- Boets, B., Wouters, J., Van Wieringen, A. és Ghesquière, P. (2006): Coherent motion detection in preschool children at family risk for dyslexia. *Vision Research*, **46**. 4. sz. 527–535.
- Bomba, P. C. és Siqueland, E. R. (1983): The nature and structure of infant form categories. *Journal of Experimental Child Psychology*, **35**. 294–328.
- Borsting, E., Ridder, W. H. 3rd, Dudeck, K., Kelley, C., Matsui, L. és Motoyama, J. (1996): The presence of a magnocellular defect depends on the type of dyslexia. *Vision Research*, **36**. 7. sz. 1047–1053.
- Carretié, L., Ríos, M., Perianez, J. A., Kessel, D. és Álvarez-Linera, J. (2012): The Role of Low and High Spatial Frequencies in Exogenous Attention to Biologically Salient Stimuli. *PLoS ONE*, **7**. 5. sz. e37082. doi:10.1371/journal.pone.0037082.
- Dobkins, K. R., Anderson, C. M., és Lia, B. (1999): Infant temporal contrast sensitivity functions (tCSFs) mature earlier for luminance than for chromatic stimuli: evidence for precocious magnocellular development? *Vision Research*, **39**. 19. sz. 3223–3239.
- Eden, G. F., VanMeter, J. W., Rumsey, J. M., Maisog, J. M., Woods, R. P. és Zeffiro, T. A. (1996): Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature*, **382**. 66–69.
- Eimas, P. D. és Quinn, P. C. (1994): Studies on the formation of perceptually based basic-level categories in young infants. *Child Development*, **65**. 3. sz. 903–917.
- Freedman, D. J. és Miller, E. K. (2008): Neural mechanisms of visual categorization: Insights from neurophysiology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, **32**. 2. sz. 311–329.
- Galaburda, A. M., LoTurco, J., Ramus, F., Fitch, R. H. és Rosen, G. D. (2006): From genes to behavior in developmental dyslexia. *Nature Neuroscience*, **9**. 10. sz. 1213–1217.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H. L., Zijdenbos, A., Paus, T., Evans, A. C. és Rapoport, J. L. (1999): Brain development during childhood and adolescence: longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, **2**. 861–863.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L. és Thompson, P. M. (2004): Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **101**. 21. sz. 8174–8179.
- Gunn, A., Cory, E., Atkinson, J., Braddick, O., Wattam-Bell, J., Guzzetta, A. és Cioni, G. (2002): Dorsal and ventral stream sensitivity in normal development and hemiplegia. *NeuroReport*, **13**. 6. sz. 843–847.
- Gutheil, G., Vera, A. és Keil, F. C. (1998): Do houseflies think? Pattern of induction and biological beliefs in development. *Cognition*, **66**. 1. sz. 33–49.
- Hayne, H., Rovee-Collier, C. és Perris, E. E. (1987): Categorization and memory retrieval by three-month-olds. *Child Development*, **58**. 3. sz. 750–767.
- Johnson, M. H. és Morton, J. (1991): *Biology and Cognitive Development: The Case of Face Recognition*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Kail, R. (1993): Speed of Information Processing: Developmental Change and Links to Intelligence. *Journal of School Psychology*, **38**. 1. sz. 51–61.
- Kaneko, M., Uno, A., Kaga, M., Matsuda, H., Inagaki, M. és Haruhara, N. (1998): Cognitive neuropsychological and regional cerebral blood flow study of a developmentally dyslexic Japanese child. *Journal of Child Neurology*, **13**. 457–461.
- Kevan, A. és Pammer, K. (2008): Visual deficits in pre-readers at familial risk for dyslexia. *Vision Research*, **48**. 28. sz. 2835–2839.
- Kovács Gy. (2003): A perceptuális kategorizáció alapjai. In: Pléh Csaba, Kovács Gy. és Gulyás B. (szerk.): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest. 202–216.
- Kovács, I. (2000): Human development of perceptual organization. *Vision Research*, **40**. 1301–1310.
- Li, F. F., VanRullen, R., Koch, C. és Perona, P. (2002): Rapid natural scene categorization in the near absence of attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **99**. 14. sz. 9596–9601.
- Livingstone, M. és Hubel, D. (1988): Segregation of form, color, movement, and depth: anatomy, physiology, and perception. *Science*, **240**. 4853. sz. 740–749.
- Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W. és Galaburda, A. M. (1991): Physiological and anatomical evidence for magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of National*

- Academy of Sciences of the United States of America*, **88**. 18. sz. 7943–7947.
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A. és Sweeney, J. A. (2004): Maturation of Cognitive Processes From Late Childhood to Adulthood. *Child Development*, **75**. 5. sz. 1357–1372.
- Mahajan, Y. és McArthur, G. (2012): Maturation of visual evoked potentials across adolescence. *Brain and Development*, **34**. 8. sz. 655–666.
- Mandler, J. M. (2000): Perceptual and conceptual processes in infancy. *Journal of Cognition and Development*, **1**. 1. sz. 3–36.
- Mandler, J. M. (2010): The spatial foundations of the conceptual system. *Language and Cognition*, **2**. 1. sz. 21–44.
- Mandler, J. M. és McDonough, L. (1993): Concept formation in infancy. *Cognitive Development*, **8**. 3. sz. 291–318.
- Mandler, J. M. és McDonough, L. (1996): Drinking and driving don't mix: inductive generalization in infancy. *Cognition*, **59**. 3. sz. 307–335.
- Mandler, J. M. és McDonough, L. (1998a): On developing a knowledge base in infancy. *Developmental Psychology*, **34**. 6. sz. 1274–1288.
- Mandler, J. M. és McDonough, L. (1998b): Studies in inductive inference in infancy. *Cognitive Psychology*, **37**. 1. sz. 60–96.
- Mareschal, D. és Quinn, P. C. (2001): Categorization in infancy. *TRENDS in Cognitive Neuroscience*, **5**. 10. sz. 443–450.
- Mervis, C. B. és Crisafí, M. A. (1982): Order of acquisition of subordinate-, basic-, and superordinate-level categories. *Child Development*, **53**. 1. sz. 258–266.
- Oakes, L. M., Coppage, D. J. és Dingel, A. (1997): By land or by sea: The role of perceptual similarity in infants' categorization of animals. *Developmental Psychology*, **33**. 3. sz. 396–407.
- O'Sullivan, J. T. (1996): Children's metamemory about influence of conceptual relation on recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, **62**. 1. sz. 1–29.
- Quinn, P. C., Siqueland, E. R. és Bomba, P. C. (1985): Delayed recognition memory for orientation by human infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, **40**. 2. sz. 293–303.
- Quinn, P. C., Eimas, P. D. és Rosenkrantz, S. L. (1993): Evidence for representations of perceptually similar natural categories by 3-month-old and 4-month-old infants. *Perception*, **22**. 4. sz. 463–475.
- Quinn, P. C. és Eimas, P. D. (1996a): Perceptual cues that permit categorical differentiation of animal species by infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, **63**. 1. sz. 189–211.
- Quinn, P. C. és Eimas, P. D. (1996b): Perceptual organization and categorization in young infants. In: Rovee-Collier, C. és Lipsitt, L. P. (szerk.): *Advances in Infancy Research*. Ablex Publishing Corporation, Norwood, New Jersey. 1–36. 2013. 06. 26-i megtekintés, http://books.google.hu/books?id=3OXDPZTm7cUC&pg=PA2&hl=hu&source=gs_bstoc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false
- Quinn, P. C. és Eimas, P. D. (1998): Evidence for a global categorical representation for humans by young infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, **69**. 3. sz. 151–174.
- Quinn, P. C. és Eimas, P. D. (2000): The emergence of category representations during infancy: are separate perceptual and conceptual processes required? *Journal of Cognition and Development*, **1**. 1. sz. 55–61.
- Quinn, P. C., Eimas, P. D. és Tarr, M. J. (2001): Perceptual categorization of cat and dog silhouettes by 3-to-4 month-old infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, **79**. 1. sz. 78–94.
- Ragó A. (2000): A szavak mögött – a fogalmi rendszerünk kialakítása. In: Oláh A. és Bugán A. (szerk.): *Fejezetek a pszichológia alapterületeiből*. Eötvös Kiadó, Budapest. 77–86.
- Rosch, E. H. (1976): Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, **8**. 3. sz. 382–439.
- Samar, V. J. és Parasnis, I. (2007): Cortical locus of coherent motion deficit in deaf poor readers. *Brain and Cognition*, **63**. 3. sz. 226–239.
- Shields, P. J. és Rovee-Collier, C. (1992): Long-term memory for context-specific category information at 6 months. *Child Development*, **63**. 2. sz. 245–259.
- Skottun, B. C. (2000): The magnocellular deficit theory of dyslexia: the evidence from contrast sensitivity. *Vision Research*, **40**. 1. sz. 111–127.
- Smith, E. E. és Jonides, J. (2000): The cognitive neuroscience of categorization. In: Gazzaniga, M. S. (szerk.): *The New Cognitive Neurosciences*. The MIT Press, Cambridge. 1013–1022.
- Spencer, J., Quinn, P. C., Johnson, H. és Karmiloff-Smith, A. (1997): Heads you win, tails you lose: evidence for young infants categorizing mammals by head and facial attributes. *Early Development and Parenting (Special Issue: Perceptual Development)*, **6**. 3–4. sz. 113–126.
- Stein, J. (2001): The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, **7**. 12–36.