

Az arcfelismerés perceptuális és emlékezeti teljesítményprofilja fejlődési diszlexiában

Oláh Adrienn Réka

Témavezető: Dr. Németh Kornél

egyetemi adjunktus

1. Bevezetés

A fejlődési diszlexia egy olyan olvasászavar, melynél az olvasásban jelentős szerepet játszó agykérgi feldolgozó hálózatok neurotipikus személyektől eltérő módon fejlődnek (Kállai, Bende, Karádi, & Racsmány, 2008). A fejlődési diszlexia a leggyakoribb idegfejlődési zavarok közé tartozik (Shaywitz, Shaywitz, Fletcher, & Escobar, 1990), a populáció 5-10%-át érinti (Siegel, 2006; Stein, 2001). Ha az egyén agyi sérülés miatt küzd olvasási problémákkal, akkor szerzett diszlexiáról beszélünk (Kállai et al., 2008).

A fejlődési diszlexiának három típusát különböztetjük meg: felszíni, fonológiai és mély diszlexia (magyarul lásd Kállai et al., 2008), ezen típusok tárgyalására jelen dolgozatban nem kerül sor, hiszen nem tartoznak a dolgozat fő témájához.

A DSM-V-ben (DSM-5; American Psychiatric Association, 2013) a fejlődési diszlexia terminusa már nem szerepel. Az olvasási képesség sérülését ezen klasszifikáció szerint a következőképp kell jelölni: „specifikus tanulási zavar olvasási zavarral, az olvasás sebességének vagy folyékonyságának és az olvasott szöveg értésének a károsodásával” ((DSM-5; American Psychiatric Association, 2013, pp.11.). A tanulási zavarok közül a diszlexia a leggyakrabban vizsgált (Gyarmathy, 1998), amit talán érthetővé tesz, hogy az olvasászavarral élők számos nehézséggel küzdenek, melyek nem elhanyagolhatóak. Az olvasási nehézség az egyik leggyakoribb oka a gyermekkori gyötrelmeknek, a depresszióknak és az önértékelés csökkenésének. A gyenge olvasási készséggel rendelkező tanulók valószínűbben maradnak ki az iskolából, illetve alacsonyabb arányban jutnak be a felsőoktatásba (Stein, 2001).

Fontos kiemelni, hogy még mindig vita övezi a kialakulás lehetséges okait a több évtizedes kutatás (Sigurdardottir et al., 2018) és a fejlődési diszlexia magas prevalenciája ellenére is (Siegel, 2006). A zavar genetikai hátterét illetően a jelen tudásunk alapján nem azonosítható egyetlen gén, mely a diszlexiával összefüggésbe hozható, ez poligénes öröklésmentre utal (Dehaene, 2009). Fontos továbbá, hogy jelentősek a nemi különbségek: a fiúk esetén a diszlexia négyszer-hatszor gyakrabban fordul elő (Gósy, 2005).

A fonológiai károsodások gyakori tünetek diszlexiában (Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004), így nem meglepő, hogy a fonológiai deficit hipotézis a zavar kognitív hátterével kapcsolatban egy általánosan elfogadott hipotézis. Az olvasástanulásban és betűzésben kiemelt szerepet játszik a fonológiai feldolgozás így ennek zavara erős oksági szerepet játszik a diszlexiás gyerekek legnagyobb részénél az olvasási és írási zavar etiológiájában (Ramus, 2003). Nem lehet azonban azt mondani, hogy minden diszlexiás egyénnek kizárólag fonológiai problémái vannak (Valdois, Bosse, & Tainturier, 2004).

Számos kutatás szerint a diszlexiás egyének fonológiai feldolgozása mellett (Vellutino et al., 2004), a vizuális figyelmi terjedelme (Valdois, Peyrin, & Baciú, 2008), a vizuális és auditoros feldolgozása (Clark et al., 2014) és a procedurális tanulási képessége is károsodott (Nicolson & Fawcett, 2007). Ezen kívül a diszlexiások jelentős részénél szenzoros és motoros deficit is megfigyelhető, azonban ezek csak limitált szerepet játszanak a zavar kauzális magyarázatában (Ramus, 2003). Az utóbbi években egyre gyakrabban felbukkanó elképzelés szerint a diszlexia alapja a szenzoros funkciók általános zavara lehet (Goswami, 2015). Egy vizsgálat szerint a fonológiai és vizuális feldolgozási deficit disszociálhat diszlexiában (Valdois et al., 2003). A diszlexia kialakulásához egynél több faktor is hozzájárulhat, ezek jelentősége azonban jelentős egyéni különbségeket mutat (Sigurdardottir, Fridriksdottir, Gudjonsdottir, & Kristjánsson, 2018).

Széleskörben elfogadott a magnocelluláris pálya deficitével kapcsolatos elmélet, miszerint a diszlexia vizuális károsodásait a magnocelluláris pálya deficitével is magyarázni lehet (Skottun, 2000). Az elképzelés szerint az alapvető vizuális probléma diszlexiában az, hogy a magnocelluláris rendszer fejlődése károsodik (Stein, 2001). A magnocelluláris sejtek a mozgásra specializálódtak, számos diszlexiásnak pedig problémája van a betűk és azok sorrendjének tisztán látásával. Ezen problémákat a vizuális magnocelluláris idegsejtek abnormális fejlődése okozhatja. A magnocelluláris idegsejtek a figyelem és fixációk vizuális vezérlését kontrollálják, valamint olvasáskor hozzájárulnak a vizuális információk gyors integrálásához, azaz a betűk és sorrendjük gyors azonosításához (Stein, 2014), mivel a szakkádikus szemmozgásokat kontrollálják, szervezik (Laycock & Crewther, 2008).

Diszlexiában az egyik legrégebb óta ismert eredmény a vizuális észlelés zavara (Borel-Maisonny, 1951), az olvasási zavart elsőként – teljesen logikusan - a vizuális rendszer deficitjének tekintették (Hinshelwood, 1895). Újabban jelentős azon kutatások száma, melyek vizuális deficitekről számolnak be diszlexiában (Skottun, 2000).

Az olvasási zavar és az arcfelismerés kapcsolatát bemutató eredmények pedig csak az utóbbi néhány évben lettek csak ismertek, ami – tekintve, hogy a két funkció neurális háttére részleges átfedésben van (pl. Dehaene, 2009) – talán meglepő. A fő kérdése ezen kutatási területnek az az, hogy a vizuális felismerési deficit területspecifikus - tehát csak olvasásban jelentkezik -, vagy területáttalános, azaz az egyéb vizuális ingerek feldolgozását is érinti (Gabay et al., 2017).

Az arcok a legfontosabb vizuális ingerek közé tartoznak, informálnak bennünket az egyén identitásáról, hangulatáról, koráról, neméről, szándékairól. Elődeink túlélésében valószínűleg kritikus szerepe volt annak, hogy ezen információkat minél rövidebb idő alatt *leolvassák* a másik arcáról, de ma is fontos szerepük van a szociális interakciókban (Kanwisher & Yovel, 2006). Az olvasási zavar társulva a sérült arcfelismeréssel rendkívüli módon megnehezíti az egyén tanulmányi és későbbi előmenetelét, valamint beilleszkedését, mindennapi szociális interakcióit. Mindezek, valamint a fejlődési diszlexia magas prevalenciája (Siegel, 2006) önmagában is indokolják a téma intenzív kutatását.

A fusiform arcterület (FFA) arcfelismerésben betöltött szerepe egyértelmű, funkciója az olvasás agyi hálózatrendszerében azonban még nem teljesen tisztázott, így a következőkben az egészséges arcfeldolgozás idegrendszeri hálózatrendszerét mutatom be Haxby, Hoffman és Gobbini (2000) neurokognitív arcfelismerési modelljének megfelelően, majd rátérek az olvasási rendszer és az arcfeldolgozás közös neurális reprezentációjának áttekintésére.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Az arcészlelés agyi hálózatrendszere – jobb féltekei dominancia

Haxby és munkatársai modelljének két fő egysége a *mag* és a *kiterjesztett* rendszer. A *mag*hoz tartozik az inferior occipitalis gyrus (IOG), a superior temporalis sulcus (STS) és a fusiform face area (FFA ~ fusiform arcterület). Az IOG feladata az arc egyes részeinek elsődleges feldolgozása, az STS a mimikát, a szájmozgást, tehát a dinamikus jegyeket elemzi (Haxby et al., 2000). Az FFA-nak az emberi arc nem változó részeinek észlelésében van

kiemelt szerepe, más szavakkal az identitás-kódolás egyik fő területe. Az inferior temporalis lebenyben helyezkedik el, egyike az utóbbi időben legintenzívebben kutatott agyi területeknek. Olyan kategória-szenzitív „modul”, mely erősebben válaszol az arc-ingerekre (nem csak az előlnézeti arcokra, hanem a vonalakkal megrajzolt arcokra, a képregényben szereplő arcokra és a felfordított arcokra is), mint a nem-arc ingerekre. Az újabb eredmények az FFA érintettségét mutatták ki fejlődési diszlexiában. Mindhárom fent említett területnél jobb oldali dominancia figyelhető meg, tehát a bal oldalon elektrofiziológiai módszerekkel kisebb aktivitás mérhető (pl. Bentin et al., 1996).

A *kiterjesztett rendszer* a *mag* területénél sokkal általánosabb idegrendszeri területeket foglal magába, a *mag*tól kapott információk további feldolgozásában játszik szerepet. A *kiterjesztett rendszer* részei az intraparietális sulcus (téri figyelemért felelős), az auditoros kéreg (prelexikus beszédfeldolgozás), az amygdala (érzelmi tényezők), valamint a temporális lebeny elülső területe (szerepe van az archoz tartozó név és információk elérésében) (Haxby et al., 2000).

Az arcokat konfigurális úton dolgozzuk fel, egyedi módon, más vizuális ingerektől eltérően. Ezt támasztja alá az arc-felfordítási hatás (amikor egy személyt úgy kell felismernünk, hogy az arcképét fejfelé látjuk, ekkor pontatlanabban és lassabban hozunk döntést (Yin, 1969).

Az inger megjelenése után kb. 170 ms-mal (130–200 ms-os idői ablakban) következik be az arc strukturális kódolása. Ezt a negatív polaritású kiváltott választ nevezzük N170-nek, mely a jobb oldalon markánsabb, arcok esetében (Itier & Taylor, 2004).

A legmagasabb szintű vizuális funkció az írott szavak olvasása mellett az arcok felismerésére való képesség (Albonico & Barton, 2017). Az elmúlt néhány évben több vizsgálat eredményei is arra utaltak, hogy a szavak és arcok feldolgozása összefügg (pl. Dehaene & Cohen, 2011; Dundas, Plaut, & Behrmann, 2013). Ebben a tekintetben kiemelten fontosak azok a vizsgálatok, melyek kimutatták, hogy 1) azok az agysérültek, akik olvasási problémákkal küzdöttek, az arcészleléssel szintén nehézségeik voltak 2) a szavak és arcok feldolgozásával foglalkozó magas szintű régiók, melyek a fusiform gyrusban vagy akörül helyezkednek el, diszlexiás egyéneknél hipoaktívak. Ezek vizsgálatokból az a következtetés vonható le, hogy diszlexiában egy általános, magasabb szintű vizuális deficit van jelen, mely az olvasás elsajátítására és működési zavarára egyaránt magyarázatot adhat (Sigurdardottir, Ívarsson, Kristinsdóttir, & Kristjánsson, 2015). Egy új kutatási területről van szó, így az eredmények nem feltétlenül konzisztensek. A következőkben ennek a kutatási területnek a bemutatására kerül sor, elsőként azonban logikusnak tartom, hogy az írott szavak

feldolgozásáért felelős kérgi területet röviden bemutassam, szót ejtve előtte az olvasási képesség megjelenéséről.

2.2. A vizuális szóforma felismerő terület

Az olvasás az emberiség teljes történetét tekintve egy új képességnek számít, hiszen csak néhány ezer éve olvasunk, amely az evolúciót tekintve rendkívül rövid idő. Ez a kevés idő az evolúciós folyamatok számára valószínűleg nem elég ahhoz, hogy az agyban olyan önálló területek fejlődhessenek ki, melyek az olvasás feldolgozására specializálódtak (Baker et al., 2007). Ennek ellenére, érdekes módon több bal féltekei agyterület aktiválódik szavak olvasása során (Jobard et al., 2003) és a nyelvi ingerek vizuális feldolgozásának agyi aktivitásmintázata nem mutat jelentős kultúraspecifikus eltérést (Dehaene & Cohen, 2007). A vizuális szóforma felismerő terület (Visual Word Form Area, továbbiakban: VWFA, Cohen & Dehaene, 2004) egy specifikus kérgi terület, melynek az írott szavak feldolgozása esetén automatikusan nő az aktivációja, még hozzá írásrendszertől függetlenül, auditoros nyelvi ingerekre azonban ez nem figyelhető meg. A VWFA a bal fusiform gyrus területén helyezkedik el, az okcipitális és a temporális kéreg határán, aktivációjának mértéke pedig összefügg az olvasási teljesítménnyel (Cohen & Dehaene, 2004): az olvasási készség javulásával nő a VWFA aktivitása is. A világ összes olvasó emberénél ugyanazon az agyterületen helyezkedik el, és automatikusan reagál az írott szavakra. Kevesebb, mint egyötöd mp alatt – ez az időintervallum túl rövid a tudatos észleléshez - azonosítja az adott betűt, függetlenül a betű méretétől, alakjától, pozíciójától. A terület hipoaktivitása diszlexiában egyértelmű (Dehaene & Cohen, 2011).

A szakirodalomban azonban vitatott a terület szóolvasásban betöltött szerepe. A viták nem arról szólnak, hogy a VWFA-hoz köthető-e a szavak reprezentációja, hanem sokkal inkább arról, hogy jogos-e a VWFA-t a hozzákapcsolt funkció alapján elnevezni (Csépe, 2014).

Nincs egy olyan terület, mely csecsemőkortól felelős lenne a nyelvi ingerek vizuális feldolgozásáért. Hogyan jön akkor létre egy olyan idegrendszeri reprezentáció, mely felelős lesz az írott szavak feldolgozásáért? A következőkben Dehaene elképzelését ismertetem, mely magyarázatot ad az arc és a szófeldolgozás interdependenciájára.

2.3. A fejlődési diszlexia és az arcfeldolgozás összefüggése – A neurális újrahaznosítási hipotézis

Az emberi agy képes a tanulásra, ez a tanulás azonban szűken korlátozott, a génjeink rigiden specifikálják a tanulási mechanizmusokat. Néhány hálózat azonban tolerálja a variabilitást; a vizuális rendszerre például nagymértékű plaszticitás jellemző, nincs erősen „huzalozva”, egy része nyitott a környezet változásaira (Dehaene, 2007). Az elmélet szerint a vizuális plaszticitás nyújt lehetőséget az olvasás képességének elsajátítására. Amikor egy új készséget tanulunk, újrahaznosítjuk régi főemlős agyunk hálózatait – mindaddig persze, amíg ezek a hálózatok tolerálják a változást.

Agyi újrahaznosításnak ('neuronal recycling') (Csépe, 2014) nevezi Dehaene (2005) azt a folyamatot, amikor bizonyos kérgi területek funkciója tanulás hatására megváltozik és más, kulturálisan újabb funkciókban is fontos szerepe lesz. Ezen folyamat során egy kulturálisan új feladat (az írott szavak felismerése) „betolakszik” egy agyterületre (bal fusiform gyrus területére), melynek eredetileg evolúciósan régebbi - de az új funkcióhoz nagyon hasonló - funkciókban volt szerepe (arcfeldolgozásban). E kérgi területek elsődleges struktúrája azonban sosem törlődik teljesen. Az olvasási képesség elsajátítása tehát ki kell, hogy szorítsa a VWFA-ból (bal fusiform gyrusból) az arcprezentációt, mely egy régebbi funkció az olvasáshoz képest (Dehaene & Cohen, 2007). A folyamat során a bal fusiform gyrus számos változáson megy keresztül annak érdekében, hogy az új használathoz - mely a jelen kulturális kontextusban hasznosabb - alkalmazkodjon (Dehaene, 2007). Az olvasási képesség elsajátításának hatására újraszerveződik a bal fusiform gyrus válasza az arcokra, míg a sakktáblákra és egyéb tárgyakra (pl. házak és eszközök) adott válasza kis mértékben csökken. Az elmélet szerint tehát az olvasás-tanulás hasznosítja újra a fusiform gyruson belüli kérgi területet, mely terület korábban egyéb vizuális tárgyak feldolgozásával foglalkozott, az olvasási képesség elsajátításával a szavak feldolgozására szakosodik, a jobb félteke (pontosan a jobb fusiform gyrus; ezen belül is az FFA) pedig bizonyos mértékig átveszi az arcok feldolgozását, tehát kialakul a vizuális felismerés féltekei specializációja (Dehaene et al., 2010). Ezen kompetitív dinamikának köszönhetően neurotipikus, érett idegrendszerben a szavak és arcok egyaránt bilaterálisan dolgozódnak fel, azonban a szavak a bal féltekében reprezentáltak erősebben, az arcok pedig a jobb féltekében. Diszlexiában ennek a féltekei lateralizációnak a csökkenése figyelhető meg szavakra és arcokra egyaránt (Gabay, Dundas, Plaut, & Behrmann, 2017), egyes eredmények szerint a diszlexiás gyerekek nagy részénél egyáltalán nem kimutatható a féltekei lateralizáció (Gósy, 2005). Az elmélet

szerint a diszlexiás személyeknél nem jön létre a versengés az írott szavak és arcok között a kérgi reprezentációért, így a jobb félteke nem fogja átvenni az arcok feldolgozását.

Fontos kérdés, hogy miért pont bal oldalra lateralizált a VWFA neurotipikus személyeknél? Egy lehetséges – de empirikus tesztelést igénylő – elképzelés szerint a nyelvi feldolgozóközpontokhoz való közelség miatt, így az agy minimalizálja az összeköttetések hosszát és az axonok össztérfogatát (Gabay et al., 2017).

Mindebből arra következtethetünk, hogy mind a szavakat, mind az arcokat bilaterálisan dolgozza fel az agy. Behrmann és Plaut (2014) eredményei megerősítik ezt: vizsgálatukban jobb oldali ventrális léziós prozopagnóziás személy közepes mértékű károsodást mutatott szófeldolgozás során, míg bal féltekei ventrális léziós alexiás személyek közepes arcfelismerési deficitet mutattak.

A neurális újrahasonosítási elképzelés lényege tehát, hogy az agy ventrális vizuális ingerfeldolgozó rendszere a csecsemőkorban funkcionalitásában alapvető eltérést mutat a felnőttkori működésmódhoz képest. Felnőttkorra az olvasási képesség megtanulása formálja át a ventrális vizuális hálózatrendszert. A fusiform gyrus az olvasási képesség elsajátítása előtti időszakban mindkét féltekében preferenciát mutat különböző vizuális kategóriájú tárgyakra, arcokra, mely az olvasástanulás folyamata során azonban lateralizálódik.

A szerzők is elismerik, hogy egy meglehetősen spekulatív hipotézisről van szó, azonban több olyan kutatás ismert, mely az elmélet feltételezései mellett szól. Turkeltaub, Gareau, Flowers, Zeffiro és Eden (2003) eredményei szerint olvasás-tanulás során megfigyelhető a jobb inferotemporális vizuális kérgi területek folyamatosan csökkenő válaszkészsége. Shaywitz és mtsai (2002) pedig azt mutatták ki, hogy a VWFA aktivitása pozitívan korrelál az olvasási teljesítménnyel.

A VWFA aktivitása nem ingerspecifikus, hiszen arcokra, eszközökre és sakktablákra is fokozott aktivitást mutat, különösen olvasni nem tudó felnőtteknél. Az olvasási készség fejlődésével azonban folyamatosan csökken a VWFA aktivitása az arcokra, eszközökre és sakktablákra, míg az írott szavakra jelentősen nő, még azoknál a személyeknél is, akik csak felnőttként tanultak meg olvasni (Dehaene & Cohen, 2011). Az arc és az írott szó közös reprezentációjának létezésére utal, hogy a szavak és arcok aktivációs mintázata átfedést mutat a vizuális kéreg magasabban szervezett occipito-temporális területein (Nestor, Behrmann, & Plaut, 2013).

Vannak az elméletnek ellentmondó eredmények is: egy 2017-es vizsgálat szerint a lateralizáltság nem csak a felnőtt agyra jellemző, hanem már a születés utáni első hetektől kezdve megfigyelhető (Adibpour, Dubois, & Dehaene-Lambertz, 2017). Adibpour és mtsai

eredményei szerint már csecsemőkorban megfigyelhető a jobbfélteke-előny az arcészlelésben, míg a bal félteke nem képes különbséget tenni az arcok között. Ahogy a gyermek egyre idősebb lesz, az új arcra adott válasz egyre nagyobb és gyorsabb lesz a jobb féltekében, míg a bal félteke a korrall előrehaladva sem tesz különbséget az arcok között. A szerzők elképzelhetőnek tartják, hogy a jobb és a bal félteke felépítése genetikailag meghatározott, ennek köszönhető a korai lateralizáció. A következőkben a diszlexiás személyek arcfelismerési képességeit felderítő vizsgálatokat mutatom be.

2.4. Diszlexiás személyek arcészlelési képességei

Az arcfelismerés folyamata egy összetett funkció, perceptuális és emlékezeti komponensből áll, melyek szelektíven sérülhetnek (Weigelt, Koldewyn, & Kanwisher, 2012). Abban az esetben beszélünk egészséges arcfelismerésről, amennyiben mind a perceptuális, mind az emlékezeti folyamatok megfelelően és integráltan működnek (Németh, 2016). Jelen vizsgálatban mind a perceptuális, mind az emlékezeti komponenst mértük diszlexiásoknál és kontroll személyeknél egyaránt, ezért tartom fontosnak, hogy olyan vizsgálatokat is bemutassak, melyek mindkét komponenst tesztelik. Mivel új kutatási területről van szó, jelenleg még kevés eredmény született a témában. Azt azonban az eddigi eredmények alapján már feltételezhetjük, hogy a diszlexiások abnormális arcfelismerési képességeket mutatnak, hiszen a bal fusiform gyrus - amely a szavak és arcok vizuális észlelését és valószínűleg a vizuálisan homogén, komplex tárgyak diszkriminációját is segíti - diszlexiában hipoaktív (Sigurdardottir et al., 2015). A következőkben a viselkedéses tesztek eredményeit ismertetem.

Gabay és mtsai (2017) eredményei szerint a diszlexiás személyek lassabban párosították össze az arcokat, mint a kontroll személyek, ez pedig fokozottan igaz volt akkor, amikor különböző nézőpontból látták azokat. Érdekes eredménye volt a vizsgálatnak, hogy az autók megkülönböztetése nem okozott nehézséget a diszlexiások számára. Az arcfeldolgozás perceptuális komponensét vizsgálta Tarkiainen és mtsai (2003) magnetoencefalográf segítségével. Eredményeik azt mutatták, hogy a diszlexiás egyének egyrészt kevésbé voltak pontosak az arcfelismerésben, másrészt lassabban hoztak döntést arról, hogy mennyire hasonlóak az egyes arcok egymáshoz képest. Ezen személyeknél az inger megjelenése után 250 ms-mal csökkent aktivitás volt megfigyelhető a jobb parieto-temporális kéregben.

Sigurdardottir és mtsai (2015) az arcfeldolgozás perceptuális és memória komponensét egyaránt vizsgálták diszlexiás személyeknél, mindkét komponenst károsodottnak találták. A vizsgálat legérdekesebb része, hogy a kutatók az arcok felismerésén

túl más vizuális tárgyak felismerését szintén vizsgálták, tesztelve ezzel a diszlexiában jelenlévő vizuális zavar területspecificitását. Összesen öt tárgykategóriával vizsgálták az egyén kategórián belüli általános tárgyfelismerési képességét: madarakkal, pillangókkal, autókkal, repülőekkel és házakkal. A kontroll személyekhez képest a diszlexiások átlagosan gyengébben teljesítettek, ami azért jelentős eredmény, mert azt sugallja, hogy a diszlexiások más (arcokon kívüli) felismerési feladatokban - melyekben azonos tárgykategóriába tartozó tárgyakat kell egymástól megkülönböztetni - is károsodást mutatnak. A szerzők elképzelhetőnek tartják, hogy azok a nehézségek, melyekkel a diszlexiások szembesülnek olvasás közben, egy területáltalános, magasabb szintű vizuális zavarnak csak a legszáliensebb megjelenési formái (Sigurdardottir et al., 2015).

Sigurdardottir és mtsai (2018) a vizuális károsodás területáltalánossága mellett arra voltak kíváncsiak, hogy a perceptuális problémák diszlexiában specifikusak-e a való életben előforduló tárgyra, melyekkel az embereknek széleskörű tapasztalatuk van (pl. arcok), vagy ennél jóval általánosabbak, tehát kiterjednek olyan más, homogén tárgykategóriákra is, melyekkel még az egyén korábban egyáltalán nem szereztek tapasztalatot? Vizsgálatukban új, számítógép generálta, eltérő kategóriájú, de vizuálisan hasonló tárgyakat (ún. YUFO) használtak, melyek háromdimenziósak voltak. Az egy kategóriából származó YUFO-knak ugyanaz volt az alapstruktúrája, mindössze apró különbségek voltak köztük, pl. a fej és test alakjában (Gauthier, James, Curby, & Tarr, 2003). Nemcsak YUFO-król, hanem számítógép generálta, háromdimenziós arcokról is döntést kellett hozni a személyeknek, tehát olyan ingerekről, melyekkel már korábban találkoztak, tapasztalatot szereztek, szemben a YUFOkkal. Annak érdekében, hogy a YUFO ingerek kinézete érthetőbb legyen, egy képet illeszttek be róluk (1.kép).



1.kép: YUFO ingerek Sigurdardottir és mtsai (2018) vizsgálatában

Habár nem volt csoportközi különbség a feladatok megoldásához szükséges időben, a diszlexiások sokkal kevésbé voltak pontosak az arcok párosításában, mint a kontroll csoport, míg a YUFO-k párosításában nem volt különbség pontosság tekintetében a két csoport között. Mindez azt mutatja, hogy a diszlexiásoknak csak olyan “tárgyakkal” vannak perceptuális problémáik, melyekkel az életük során már széleskörű tapasztalatot szereztek – ilyenek például az arcok is. A vizsgálat tanulsága szerint a diszlexiában jelenlévő perceptuális problémák csak olyan tárgykategóriára vonatkoznak, melyekkel a személyek már tapasztalatot szerezhettek. Azokkal a tárgyakkal azonban, melyek a vizsgálati személyek számára teljesen újak voltak, nem álltak fenn a perceptuális problémák. A szerzők szerint mindezek miatt nem valószínű, hogy a deficit csak kizárólag az alacsony szintű vizuális rendszer deficitjére utalnak. Sokkal inkább valószínű az, hogy diszlexiában a vizuális problémák specifikusak: nem egy általános tárgypercepció deficitéről van szó, hanem egy olyan vizuális deficitről, amiben a vizuálisan homogén tárgyak (pl. arcok, szavak) azonosítása problémás. A kutatók eredményeiket úgy értelmezik, hogy a tapasztalat alakította vizuális rendszer magasszintű ventrális pályái (melyek közül néhány diszlexiában hipoaktív (Richlan, Kronbichler, & Wimmer, 2011)) neurotipikus személyek esetében plasztikusak és válaszaikat úgy alakítják, hogy sikeresen tudják kategorizálni azokat az ingereket, melyekkel már korábban találkozta. Ahogy a neurotipikus egyének az évek során egyre több tapasztalatot szereznek a betűkről és azok megkülönböztetéséről, bizonyos régiók a ventrális pályán egyre inkább a szavak feldolgozására optimalizálódnak (lásd pl. Dehaene & Cohen, 2011). Ez a tapasztalatfüggő specializáció diszlexiában gyakorlatilag hiányzik (Wimmer et al., 2010), valamilyen okból kifolyólag az olvasás elsajátítása nem képes megfelelően formálni a vizuális rendszer magasszintű ventrális régióinak a válaszait. Ez a deficit végül akadályozza a szavak és tárgyak gyors, automatikus és hatékony felismerését (Sigurdardottir et al., 2018). A kutatók szerint ez a csökkent „tapasztalatfüggőség” generalizálódik más tárgyakra is, nem csak a szavaknál jelentkezik (Sigurdardottir et al., 2018).

A szerzők hangsúlyozzák, hogy eredményeik nem feltétlenül mondanak ellent a diszlexiáról alkotott eddigi elméleteknek, hiszen egynél több tényező is szerepet kap a diszlexia kialakulásában, mely tényezők szerepe igen változó.

Számos jellegzetes különbséget mutattak ki a diszlexiásoknál; az agy struktúrájában és az agyi aktivitásban egyaránt, a következő fejezetben röviden ennek bemutatására kerül sor.

2.5. Agyi abnormalitások diszlexiában

Dehaene (2009) a diszlexia biológiai eredetének a bal temporális lebenyt jelöli meg, hiszen a legtöbb eltérést ezen régióban fedezték fel a kutatók. Ennek a területnek az anatómiája és a konnektivitása egyaránt eltér a neurotipikus populációtól, ez pedig olvasási nehézségeket okoz, hiszen a temporális lebeny laterális részének nagy szerepe van a fonológiai információ feldolgozásában (Dehaene, 2009). Egy 2011-es metaanalízis megerősíti a fent leírtakat: a bal temporális lebenyt funkcionálisan abnormálisnak találta diszlexiás gyerekeknél és felnőtteknél egyaránt (Richlan et al., 2011).

Salmelin és mtsai (1996) a bal inferior occipito-temporális kéregben magnetoencefalográffal alacsonyabb amplitúdójú jelet mértek, ami azért okoz zavart az olvasásban, mert a betűk gyors feldolgozásához, valamint a hozzáértő olvasáshoz ezen terület megfelelő működése feltétlenül szükséges.

Az eddigi kutatások agyi hipoaktiváció mellett hiperaktivációt is mutattak ki. Olvasás közben a bal inferior frontális kéreg - a Broca terület is itt helyezkedik el - gyakran hiperaktív, ami egy kompenzációs stratégiaként értelmezhető Dehaene (2009) szerint, mely sajnos nem gyümölcsöző.

A bal ventrális occipito-temporális lebeny eltérései diszlexiában konzisztensek a vizuális feldolgozás deficitével. A fő kérdés az - ahogy jelen vizsgálatban is -, hogy ez a vizuális felismerési deficit területspecifikus - azaz csak az írott betűk felismerését érinti -, vagy területáltalános, tehát az egyéb vizuális ingerek feldolgozásra is kiterjed (Gabay et al., 2017). Amennyiben más vizuális ingerek feldolgozása is érintett diszlexiában, úgy jelen vizsgálatban is gyengébb teljesítmény fog megjelenni a diszlexiás személyeknél az arcészlelést mérő tesztekben. A következőkben vizsgálatunk főbb kérdéseit, céljait fogom ismertetni.

5. Célkitűzés

A vizsgálat fő kérdései, hogy

- 1) diszlexiában érintett-e az arcfeldolgozás és ez igaz-e a perceptuális és memória komponensre egyaránt?
- 2) milyen kapcsolat van az arcfelismerés emlékezeti és perceptuális folyamatai között?

- 3) felállítható-e egy olyan modell, amely képes bejósolni egy egyénről, hogy milyen valószínűséggel diszlexiás, az arcfeldolgozás teszteken és az olvasási teszteken elért pontszáma alapján - amennyiben az eredmények kimutatják az arcfeldolgozás érintettségét diszlexiában

6. Módszerek

6.1. Résztvevők

Az adatfelvételre a diagnosztizált fejlődési diszlexiás személyekkel az Öveges József Szakgimnázium és Szakközépiskolában került sor. A tesztfelvétel laptopok segítségével történt. A kontroll csoport interneten keresztül töltötte ki a teszteket. Nincs okunk feltételezni, hogy az adatfelvétel módjának különbsége befolyásolná a válaszokat.

A diszlexiás egyének 15-21 éves középiskolai diákok (N=27, 10 nő és 17 férfi), átlagéletkoruk 16.8 év ($SD = 1.37$).

A kontrollcsoportnál a legfiatalabb kitöltő 19, míg a legidősebb 68 éves volt (N=65, 36 nő és 29 férfi), a kontrollcsoport átlagéletkora 31.12 év ($SD = 13.29$).

A kontroll csoportnál felmerült a kérdés, hogy bekerült-e a mintába diszlexiás személy, hiszen a diszlexia magas előfordulási gyakorisága miatt ez előfordulhatott. Emiatt azon kontroll személyeket, akik a lexikális döntési feladat (olvasási teszt, ld. később) alapján több, mint 2 szórásra voltak a csoport átlagától, kizártam. Így összesen öt személy került kizárásra.

Tekintve, hogy igen nagy életkori különbségek vannak a diszlexiás és kontroll személyek között, felmerült a kérdés, hogy az életkor befolyásolhatja-e az arcfeldolgozást? Lineáris regresszió segítségével vizsgáltam meg a hatást, melyet az eredmények részben fejtek ki.

6.2. Tesztek

A felvett tesztek két csoportba sorolhatók: a tesztek egyik fele az arcfeldolgozási funkciókat vizsgálja, másik fele az olvasási képességeket. Elsőként az arcfeldolgozást vizsgáló teszteket mutatom be.

Az arcészlelés perceptuális és memória komponensének vizsgálatára egyaránt sor került, két különböző teszt segítségével. Az arcészlelés perceptuális komponensének tesztelésére a Cambridge Arc Észlelés Tesztet (Cambridge Face Perception Test - Duchaine

et al., 2007, továbbiakban: CFPT) alkalmaztam. A Cambridge Arc Észlelés Teszt egy olyan vizsgálati eszköz, melyben emlékezeti terhelés nincs, a cél arc és a célarchoz illesztendő arcok egy időben láthatók, így az arcfeldolgozás perceptuális komponensét tesztelhetjük. A tesztben a kitöltők a képernyő közepén egy célarcot látnak, alatta pedig hat másik arcot, melyek különböző mértékben hasonlítanak a célarcra. A feladat az, hogy a személyek sorba rendezzék a hat arcot attól függően, hogy milyen mértékben hasonlítanak a célarcra. Mivel morfolt arcokról van szó, a hasonlóság lehet 88%, 76%, 64%, 52%, 40%, vagy 28%. Az első nyolc próbában egyenes állású arcokról kell döntést hozni, majd a következő nyolc próbában fordított állású arcokat látnak a személyek. Jelen vizsgálatban csak az egyenes állású arcokhoz tartozó eredményeket elemeztem. Egy próbához egy perc áll rendelkezésre, de hamarabb is lépni lehet a következő próbára.

Az arcfeldolgozás memória komponensét a Cambridge Arc Emlékezet Teszttel vizsgáltam (Cambridge Face Memory Test – Duchaine & Nakayama, 2006, továbbiakban: CFMT). Hat személy arca szerepel a tesztben, a próbák során ezen hat személyt kell azonosítani. A feladat első részében az arcok egyesével, egymást követő három nézetben (bal oldali nézet, közép nézet és jobb oldali nézet) jelennek meg, majd ezután azonosítani kell a korábban látott arcot. Mind a hat arc bemutatásra kerül a fent leírt módon. A feladat második részében húsz másodperc erejéig egyidejűleg jelenik meg a hat arc, majd harminc próba során felismerési tesztek következnek anélkül, hogy a cél arcokat újra látnák a vizsgálati személyek. A feladat utolsó részében ismét húsz másodperc erejéig látják a személyek a hat arcot, majd huszonnégy próba során kell felismerni a bemutatott arcokat, ekkor már azonban Gauss-zaj van keverve az arcokhoz, ezzel nehezítve a döntéshozást. A feladat 72 próbából áll. Ennél a tesztnél is szintén rendelkezésünkre állnak normatív adatok a különböző életkori standard értékekről. Az Arc Észlelés Teszt és az Arc Emlékezet Teszt egyaránt a prozopagnózia (arcvakság) gyakran használt diagnosztikus tesztje (Németh, 2016).

Az olvasási készségek tesztelésére a lexikális döntési feladatot (továbbiakban LD) alkalmaztuk, mely a Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Kognitív Tudományi Tanszékének saját fejlesztésű olvasási tesztje (Lukács, Á. (előkészületben)). Betűsorok jelennek meg a képernyőn, melyekről a vizsgálati személynek el kell döntenie, hogy azok létező magyar szavak, vagy sem. Két típusú lexikális döntési feladat tesztet vettünk fel, a kettőt az különböztette meg, hogy a betűsorok mennyi ideig voltak a képernyőn. A 'lexikális döntés rövid expozíciós idővel' feladatban (továbbiakban LD_r) csak kis ideig voltak láthatók, majd eltűntek, míg a 'lexikális döntés gombnyomásig /válaszig' (továbbiakban LD_v) feladatban a szavak mindaddig láthatóak voltak a képernyőn, amíg a

vizsgálati személy döntést nem hozott róluk, ez volt az egyetlen különbség a két teszt között, valamint más betűsorok szerepeltek bennük. Az LD-r tesztnél több hibát várunk a diszlexiás személyeknél, mint a kontroll személyeknél, hiszen itt csak egy pillanatra látható a betűsor, amennyiben az egyén nem tudja egyben előhívni a szót, akkor hibázni fog. Az LDv tesztnél a reakcióidőben várunk különbséget, hiszen a betűsor a válaszadásig a képernyőn van, így aki nem tudja egyben előhívni a szót, az kiolvashatja a szót betűről betűre. A diszlexiás egyének számára az instrukció hangosan lett felolvasva, elkerülve azt, hogy gyenge olvasási képességeik miatt esetleg ne értsék meg teljesen a feladatot. Mindkét tesztnél ugyanazt az instrukciót kapták a vizsgálati személyek: "Betűsorok fognak megjelenni a képernyőn. Ha úgy gondolsz, hogy LÉTEZŐ magyar szót láttál, nyomd meg a <jobb nyíl>, ha NINCS olyan magyar szó, akkor nyomd meg a <bal nyíl> billentyűt. Igyekezz minél gyorsabban válaszolni és helyes választ adni. Ha bizonytalan vagy, akkor is dönts! Végig középre nézz, a keresztre! Kezdjük egy kis gyakorlással! Nyomj egy gombot a kezdéshez!"

Mindkét típusú feladatban 9 próba állt rendelkezésre, amikor gyakorolhattak a személyek és 30 éles próba, amik eredményét az elemzések során felhasználtuk. A 30 próbából 10-ben igazi, létező magyar szó volt a képernyőn, 10 próbában hibásan leírt szó (pl. krumpli helyett krumbli) és 10 próbában álszó (pl. tesilbengecsék). A szavak és hibás szavak a Magyar Webkorpusz gyakorisági keresője alapján voltak kiegyenlítve. A kereszt a szó előtt 500-900 ms közötti ideig (véletlenszerűen) volt látható a képernyőn. A LDr feladatban a betűsorok 100 ms-ig voltak láthatók a képernyőn, majd a vizsgálati személynek meg kellett nyomnia egy válaszgombot, míg a LDv feladatban az inger egészen a válaszadásig (gomb megnyomásáig) látható volt a képernyőn. A teljesítmény mérőeszköze a reakcióidő (a szó felvillanásától a billentyű megnyomásáig eltelt idő) és a helyes válaszok száma, mindkettő esetében az igazi szavakra, a hibás szavakra és álszavakra lebontva.

6.3. Adatelemzési eljárások

SPSS statisztikai program segítségével végeztem a hipotézisek tesztelését és az életkor arcészlelésre vonatkozó hatásának vizsgálatát, a diszkriminancia analízist pedig R-ben.

7. Hipotézisek

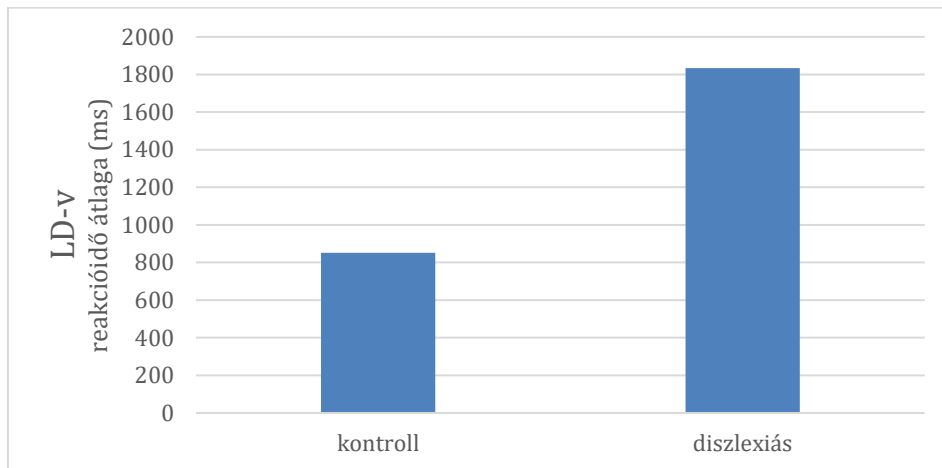
H1: A diszlexiás személyek a kontroll személyekhez képest csoportszinten gyengébben teljesítenek az arc memória komponensének feldolgozásában

H2: A diszlexiás személyek a kontroll személyekhez képest csoportszinten gyengébben teljesítenek az arc perceptuális komponensének feldolgozásában

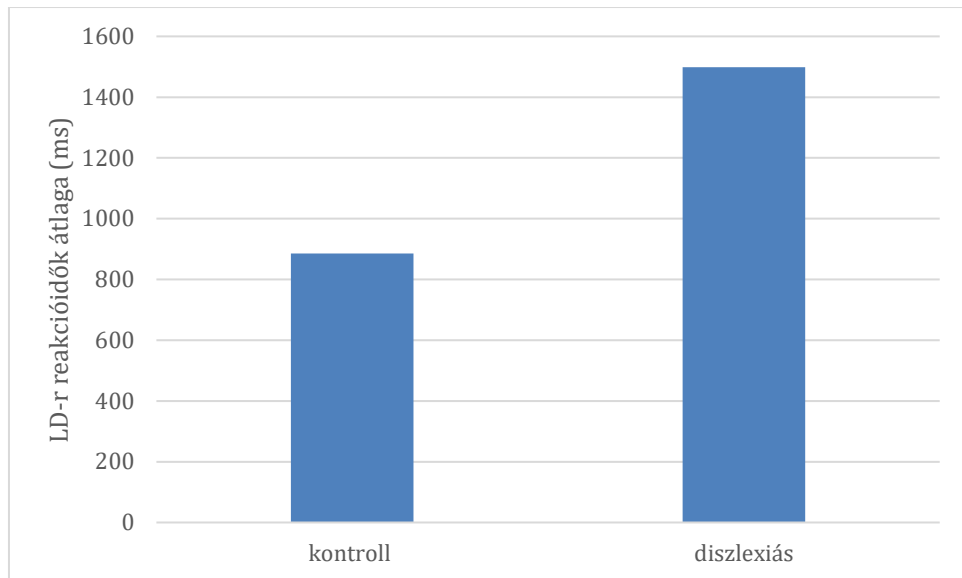
H3: Az arc perceptuális és memória komponensének feldolgozása összefügg: minél gyengébb az egyén teljesítménye a CFPT-n, annál gyengébb lesz a CFMT-n is.

8. Eredmények

Az 1. és 2. ábrán látható a lexikális döntési feladat átlagos reakcióideje csoportokra lebontva. A diszlexiás személyek (Mdn=1654.71) szignifikánsan lassabban hoznak döntést az LD-v feladatban is, mint a kontroll személyek (Mdn=835.17, $U=1690$, $p<0.001$). Az LD-r feladatban szintén lassabban teljesítenek a diszlexiás személyek (Mdn=1486.03) a kontroll személyeknél (Mdn=853.30, $U=1543$, $p<0.001$). Mindkét eredmény azt indikálja, hogy a lexikális döntési feladat egy megbízható olvasási teszt, hiszen a diszlexiás személyek gyengébben teljesítenek a feladatban.



1. ábra: az LD-v feladat átlagos reakcióideje csoportokra bontva

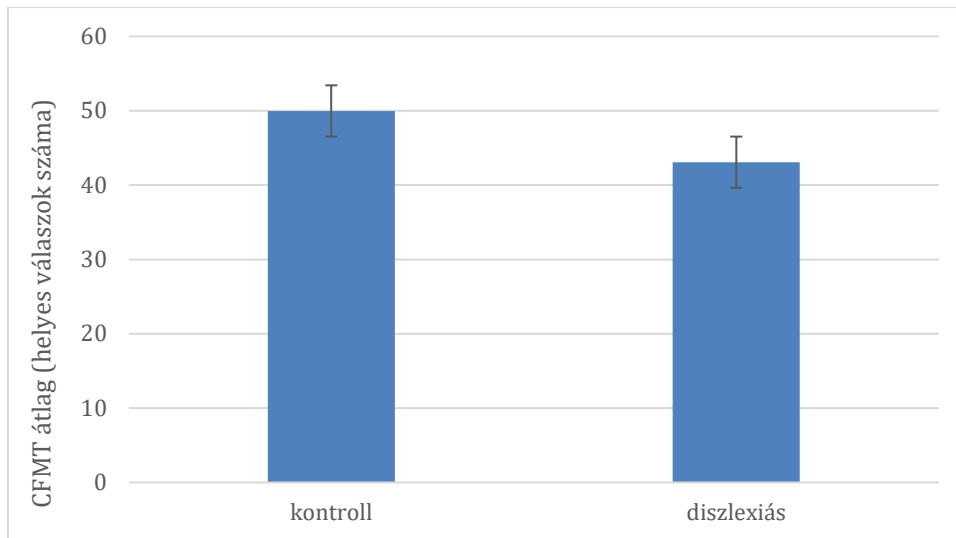


2. ábra: LD-r reakcióidők átlaga

Lineáris regresszió segítségével vizsgáltam az életkor hatását az arcfeldolgozásra, hiszen a kontroll csoport sokkal szélesebb életkori övezetben van, mint a diszlexiás csoport. A modellben prediktor változóként nemcsak az életkor szerepelt, hanem a CFMT-n elért pontszám is, hiszen érdekelt, hogy az mennyiben befolyásolja a CFPT pontszámait. A lineáris regressziós modell szignifikáns lett ($F(2, 89)=16.83$, $p<0.001$), $R^2=0.27$), azonban csak a CFMT-nek van hatása a CFPT-re, az életkornak nem. A következőkben a hipotézisekhez tartozó eredményeket mutatom be.

H1: A diszlexiás személyek a kontroll személyekhez képest csoportszinten gyengébben teljesítenek az arc memória komponensének feldolgozásában.

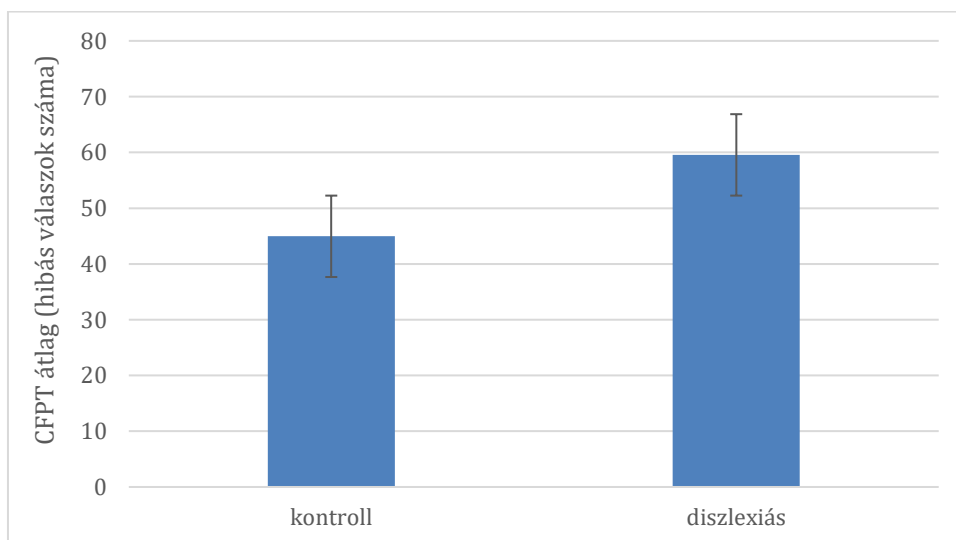
Az arcfeldolgozás memória komponensét a CFMT teszttel vizsgáltam, melyen a nagyobb pontszám jobb teljesítményt jelentett, épp fordítva, mint a CFPT esetében. Minden személyhez egyetlen érték tartozott, a teszten elért pontszáma alapján, így jött létre a CFMT változó, melynek normál eloszlása (Kolmogorov-Smirnov teszt alapján, $D(92)=0.08$, $p=0.14$) miatt független mintás T-próbát alkalmaztam. Szignifikáns különbség van a diszlexiások ($M=43.07$, $SD=12.14$) és nem diszlexiások pontszámában ($M=49.97$, $SD=11.32$); $t(90)=2.61$, $p=0.01$. A diszlexiás személyek szignifikánsan kevesebb pontszámot értek el, tehát gyengébbek az arcfeldolgozás memória komponensében. Az eredmények a 3.ábrán láthatók.



3. ábra: A CFMT átlaga diszlexiás és kontroll csoportra lebontva

H2: A diszlexiás személyek a kontroll személyekhez képest csoportszinten gyengébben teljesítenek az arc perceptuális komponensének feldolgozásában.

Az arc perceptuális komponensének vizsgálatára a CFPT tesztet használtam. Minden személyhez egyetlen érték tartozott a CFPT-n elért hiba pontszáma alapján (magasabb pontszám rosszabb teljesítményt jelent). A normalitás-sérülés miatt (Kolmogorov-Smirnov teszt alapján, $D(92)=0.13$, $p=0.001$) Mann-Whitney próbát alkalmaztam, melynek eredménye szerint a CFPT teszten magasabb pontszámot értek el a diszlexiás személyek ($Mdn=52$) a kontroll személyeknél ($Mdn=40$), $U=1237$, $p=0,002$), tehát szignifikánsan gyengébben teljesítenek az arcfelismerés perceptuális komponensében (4. ábra).

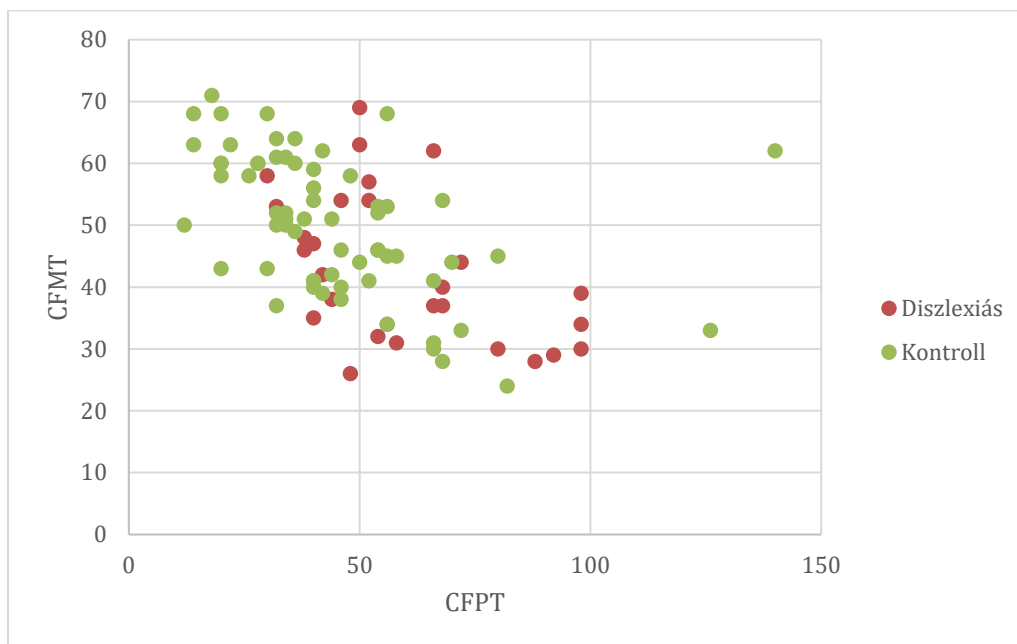


4. ábra: A CFPT átlaga diszlexiás és kontroll csoportra lebontva

H3: Az arc perceptuális és memória komponensének feldolgozása összefügg: minél gyengébb az egyén teljesítménye a CFPT-n, annál gyengébb lesz a CFMT-n is.

Amennyiben teljesül a hipotézis, a korreláció eredményének fordítottnak kell lenni.

A Spearman-korreláció eredménye alapján az arcfeldolgozás perceptuális komponense közepes erősségű kapcsolatban áll a memória komponensével ($r = -0.58$, $p = 0.01$) (5. ábra).



5. ábra: a CFPT és CFMT kapcsolata diszlexiás és kontroll személyeknél

Szerettem volna megtudni, hogy van-e lehetőség egy személyről bejósolni azt, hogy diszlexiás-e vagy sem, a CFPT és CFMT pontszáma és a lexikális döntési feladatban elért pontszáma alapján. Ehhez diszkriminancia analízist végeztem.

Prediktor változóként a CFPT pontszámot, a CFMT pontszámot, LD-v feladat összes altesztjének átlagos reakcióidejét és az LD-r feladat összes altesztjének átlagos reakcióidejét tettem a modellbe, a függő változó pedig a diszlexia volt (diszlexiás-e a személy vagy sem). Az LD-v feladat és az LD-r feladat összes altesztjének átlagos reakcióideje a következők átlagát jelenti: a létező magyar szavakra adott reakcióidő, a hibás szavakra adott reakcióidő és az álszavakra adott reakcióidő, mindhárom reakcióidő esetében csak a jó válaszhoz tartozó reakcióidőket vettem figyelembe.

Három prediktorváltozó sem mutatott normál eloszlást, egyedül a CFMT változó volt normál eloszlású (Kolmogorov-Smirnov teszt alapján, $D(92)=0.08$, $p=142$). A CFPT (Kolmogorov-Smirnov teszt alapján, $D(92)=0.13$, $p=0.001$), az LD-v (Kolmogorov-Smirnov teszt alapján, $D(92)=0.25$, $p<0.001$) és az LD-r változó (Kolmogorov-Smirnov teszt alapján, $D(92)=0.17$, $p<0.001$) sem mutatott normál eloszlást, így lognormális transzformáció segítségével normál eloszlású változókká transzformáltam őket, így már a diszkriminancia analízis elvégezhető volt.

Az eredmények azt mutatják, hogy a CFPT-hez tartozó koefficiens 0.72, a CFMT-hez tartozó 0.008, LD-v reakcióidőhöz 4.18, míg az LD-r reakcióidejéhez -0.35-ös koefficiens tartozik. A CFPT és az LD-v reakcióidő nagyobb mértékben meghatározó a modell szerint, mind az LD-r és a CFMT.

A következőkben a cut-off érték kiszámításának folyamatát írom le. A négy prediktor változó csoportátlagát a következő értékekkel jelöljük: x_1 , x_2 , x_3 és x_4 . Minden változóhoz 2 érték tartozik, hiszen csoportátlagokat jelölnek: az egyik átlag a diszlexiás csoport átlaga (jelöljük ezt a következővel: $x_{1.1}$, $x_{2.1}$, $x_{3.1}$, $x_{4.1}$), míg a másik átlag a kontroll csoport átlaga (melynek jelölése: $x_{1.2}$, $x_{2.2}$, $x_{3.2}$, $x_{4.2}$).

Cut-off érték = $(((((0.72 * x_{1.1} + 0.008 * x_{2.1} + 4.18 * x_{3.1} - 0.35 * x_{4.1}) / 4) + (0.72 * x_{1.2} + 0.008 * x_{2.2} + 4.18 * x_{3.2} - 0.35 * x_{4.2})) / 4) / 2$

A cut-off érték 30.40. Aki ennél a pontszámnál többet ér el, a modell szerint diszlexiás míg aki kevesebbet az nem diszlexiás.

A változókhoz tartozó koefficiensek alapján az új személyek is kapnak egy értéket, mely alapján a modell meg tudja mondani, hogy ezek a személyek diszlexiások-e, a CFPT-n, CFMT-n és lexikális döntési feladat pontszámai alapján. Ezen személy pontjának kiszámítása: $(0.72 * \text{CFPT pontszám (lognormális értéke)} + 0.008 * \text{CFMT pontszám} + 4.18 \text{ LD-v reakcióidő (lognormális értéke)} - 0.35 * \text{LD-r pontszám (lognormális értéke)}) / 4$.

A modell 90.22%-ban pontos, jelen vizsgálati személyek közül 9 személyt rosszul sorolt be, míg 92-öt jól.

9. Megvitatás

A vizsgálat fő kérdése az volt, hogy a diszlexiában jelenlévő vizuális deficit területáltalános, vagy területspecifikus. Diszlexiában az egyik legrégebb óta ismert eredmény a vizuális

észlelés zavara (Borel-Maisonny, 1951), a friss kutatások pedig alátámasztják ezt (Skottun, 2000). Ez alól jelen vizsgálat sem kivétel, az eredmények szerint diszlexiában az arcészlelés is károsodott (mind a perceptuális, mind az emlékezeti komponens). Mindez arra utal, hogy egy magasabb szintű, területáltalános vizuális deficit van jelen, hiszen a zavar nem csak az olvasásra, hanem az arcokra is kiterjed. Sigurdardottir és mtsai (2015) elképzelhetőnek tartják, hogy a 'deficit' szó nem megfelelő elnevezés, hiszen előfordulhat, hogy a diszlexiások a tárgypercepciók készségek normál skálájának alsó végén helyezkednek el és nem a károsodott tartományban. Ez a szavak feldolgozásánál jelentős problémát jelent, más vizuális tárgyaknál azonban nem feltétlenül; a mindennapok során feltehetőleg nem okoz nagy nehézséget, ha a személy nem tud tökéletesen megkülönböztetni egymáshoz nagyon hasonló arcokat, madarakat, autókat stb. Olvasáskor azonban az alapos, részletes feldolgozás hiánya végzetes lehet, hiszen ekkor nagyon gyorsan kell diszkriminálni és felismerni olyan „alakzatokat”, melyek vizuálisan nagyon hasonlóak (Sigurdardottir et al., 2015).

Jelen vizsgálat eredményei szerint a diszlexia zavara bejósolható 90.22%-os pontossággal az alapján, hogy a személy hány pontot ér el a CFPT, CFMT és a lexikális döntés teszteken.

Jelen vizsgálat eredménye számos más kutatással egybehangzik (pl. Gabay et al., 2017; Sigurdardottir et al., 2018; Sigurdardottir et al., 2015; Sigurdardottir et al., 2017), vannak azonban olyan vizsgálatok is, melyek nem találtak kapcsolatot az olvasási zavar és a csökkent arcészlelési képességek között (pl. Brachacki, Fawcett, & Nicolson, 1994; Susilo, Wright, Tree, & Duchaine (2015). Minek köszönhető a vizsgálatok közötti inkonzisztencia? Gabay és mtsai (2017) több okot is megneveznek, melyek közül az egyik a plafonhatás jelensége. Néhány vizsgálat azért nem mutatott ki különbséget a csoportok között, mert a teljesítményben plafonhatás jelent meg (pl. Brachacki et al., 1994), az egyszerű feladatoknak köszönhetően. Ekkor a diszlexiások a normál olvasókhöz hasonlóan teljesítettek ezekben a feladatokban, a különbség csak akkor jelent meg, ha a feladat nehezebbé vált növekedett, pl. kettős terhelés, zaj hozzáadása esetén (Gabay, Schiff, & Vakil, 2012). További ok lehet a vizsgálatok közötti inkonzisztenciára a nagyméretű arcok, mint ingerek és a hosszú bemutatási idő alkalmazása (Smith-Spark & Moore, 2009). Az ilyen típusú feladatokban a vizsgálati személyeknek lehetőségük van az arcok megfelelő kódolására, így ezen vizsgálatok inkább az arcészlelés emlékezeti komponensét mérik, mintsem a perceptuális teljesítményt.

Az eredményekre magyarázatként szolgálhatnak a diszlexiás személyek vizuális statisztikai tanulással kapcsolatos problémái. Sigurdardottir és mtsai (2017) szerint a diszlexiások nem tanulnak a vizuális tapasztalatból oly mértékben, mint a neurotipikus

személyek, tehát a vizuális statisztikai tanulással is problémáik vannak. A vizuális statisztikai tanulás az agyi régiók válaszait formálja; amennyiben ez a típusú tanulás károsodott, az akadályozhatja a ventrális vizuális rendszer válaszainak tapasztalat vezérelte formálódását. Ha a vizuális tapasztalat nem tudja sikeresen újraformálni a vizuális rendszert olyan mértékben, hogy szelektív legyen a kategóriaspecifikus vonásokra, akkor a diszkrimináció és felismerés károsodott lesz ezen kategóriákban. Mindezek miatt fontos, hogy olyan tárgyak felismerését vizsgáljuk diszlexiában, melyekkel még a vizsgálati személyek korábban nem találkoztak (Sigurdardottir et al., 2018).

A vizsgálat korlátai közé tartozik a különböző életkori övezet a kontroll csoportban és a diszlexiás csoportban. Jelen dolgozat célkitűzéseit - az arcfeldolgozási teljesítményt - ez azonban nem befolyásolta. Szintén korlátozza az eredményeket, hogy a kontroll csoportból nem tudtuk, ki küzd olvasási problémákkal. Ezt úgy igyekeztem kontrollálni, hogy kizártam azon személyeket, akik 2 szórásra voltak saját csoportjuk átlagától az LD-r és LD-v tesztekben.

A jövőbeni kutatásoknak szem előtt kell tartaniuk, hogy az ADHD és a diszlexia komorbiditása igen magas; 25% körüli, így fontos lenne a vizsgálatokban a komorbiditást szűrni. Ez különösen fontos kiváltott válasz (EKV) vizsgálatoknál, hiszen az ADHD hatással van a vizuális és auditoros EKV-kra egyaránt (áttekintésért lásd: Banaschewski & Brandeis, 2007). Az eddigi EKV tanulmányok legtöbbje nem kontrollálta az ADHD komorbiditását, mely magyarázat lehet az ismert eredmények sokféleségére (Schulte-Körne & Bruder, 2010). Nagyon fontos lenne, hogy a diszlexiát minél korábbi életkorban észrevegyék, hiszen jelentős szenvedéssel jár a mindennapi élet során. Jelenleg a diszlexia diagnózisának felállításához szükséges megfelelő eszközök csak idősebb gyermekek számára elérhetőek, akik ekkorra már számtalan negatív tapasztalatot szereztek az iskolával és a saját olvasási teljesítményükkel kapcsolatban. Mindebből gyakran következhetnek szociális és pszichológiai problémák (Schulte-Körne & Bruder, 2010), melyet csak súlyosbítanak az egyéb vizuális felismerési, kategorizációs nehézségek, például az arcfelismerés károsodása is.

Jelen vizsgálat eredményei számos további kérdéseket vetnek fel: ilyenek például az agyi aktivációbeli eltérések diszlexiában arcfeldolgozás során, hiszen a viselkedési tesztek kimutatták az arcfeldolgozás érintettségét diszlexiában, így érdemesnek tartom a kérdést EEG-vel is megvizsgálni. A kutatás további szakaszában ezen kérdéseket fogjuk elemezni.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Dr. Németh Kornélnak szakmai tanácsaiért, sok segítségéért és biztatásáért. Az adatok felvételét a kutatócsoport tagjaival közösen végeztük; Lukics Krisztinát és Dobó Dorkát egyaránt köszönet illeti.

Köszönöm Rácsai Mátyásnak az R statisztikai programban nyújtott segítségét.

Nagyon köszönöm az Öveges József Szakgimnázium és Szakközépiskola tanulóinak és a kontroll csoport tagjainak a tesztek kitöltését, mellyel hozzájárultak a vizsgálat létrejöttéhez.

Irodalomjegyzék

- Adibpour, P., Dubois, J., & Dehaene-Lambertz, G. (2017). Right but not left hemispheric discrimination of faces in infancy. *Nature human behaviour*, 2, 67-79.
- Albonico, A. & Barton, J. J. S. (2017). face perception in pure alexia: Complementary contributions of the left fusiform gyrus to facial identity and facial speech processing. *Cortex*, 96, 59-72.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. Washington, DC: Author.
- Baker, C. I., Liu, J. Wald, L. L., Kwong, K. K., Benner, T., & Kanwisher, N. (2007). Visual word processing and experiential origins of functional selectivity in human extrastriate cortex. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104, 9087-9092.
- Banaschewski, T., & Brandeis, D. (2007). Annotation: what electrical brain activity tells us about brain function that other techniques cannot tell us - a child psychiatric perspective. *J Child Psychol Psychiatry*, 48(5), 415-35.
- Behrmann, M., & Plaut, D. C. (2014). Bilateral hemispheric processing of words and faces: evidence from word impairments in prosopagnosia and face impairments in pure alexia. *Cereb Cortex*, 24(4), 1102-18.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., McCarthy, G. (1996). Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans. *J Cogn Neurosci*, 8(6), 551-565.
- Borel-Maisonny, S. (1951). Speech disorders in dyslexia and dysorthography. *Enfance*, 4(5), 400-44.
- Brachacki, G. W., Fawcett A. J., & Nicolson, R. I. (1994). Adults with dyslexia have a deficit in voice recognition. *Perceptual and Motor Skills*, 78(1), 304-306.
- Clark, K. A., Helland, T., Specht, K., Narr, K. L., Manis, F.R., Toga, A. W., & Hugdahl, K. (2014). Neuroanatomical precursors of dyslexia identified from pre-reading through to age 11. *Brain*, 137, 3136-41.
- Cohen, L., & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: The case for the visual word form area. *Neuroimage*, 22(1), 466-476.
- Csépe, V. (2014). Az olvasás rendszere, fejlődése és modelljei. In Cs. Pléh, & Á. Lukács (Eds.), *Pszicholingvisztika 1-2: Magyar pszicholingvisztikai kézikönyv* (pp. 339-370). Budapest: Akadémiai Kiadó.

- Dehaene, S. (2005). Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: the “neuronal recycling” hypothesis. In S. Dehaene, J. R. Duhamel, M. Hauser, & G. Rizzolatti (Eds.), *From Monkey Brain to Human Brain* (pp.133-157). Cambridge: MA: MIT Press.
- Dehaene, S. (2007). A Few Steps Toward a Science of Mental Life. *Mind, brain and education, 1(1)*, 28-47.
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain – The new science of how we read*. New York: Penguin Group.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2007). Cultural Recycling of Cortical Maps. *Neuron, 56*, 384-398.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences, 15(6)*, 254-262.
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., NunesFilho, G., Jobert, A., et al. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science 330*, 1359–1364.
- Duchaine, B. C., Germine, L., & Nakayama, K. (2007). Family resemblance: ten family members with prosopagnosia and within-class object agnosia. *Cogn Neuropsychol, 24(4)*, 419-430
- Duchaine, B., & Nakayama, K. (2006). The Cambridge Face Memory Test: results for neurologically intact individuals and an investigation of its validity using inverted face stimuli and prosopagnosic participants. *Neuropsychologia, 44(4)*, 576-585.
- Dundas, E. M., Plaut, D. C., & Behrmann, M. (2013). The joint development of hemispheric lateralization for words and faces. *J. Exp. Psychol. Gen. 142*, 348–358.
- Gabay, Y., Dundas, E., Plaut, D., & Behrmann, M. (2017). Atypical perceptual processing of faces in developmental dyslexia. *Brain Lang, 173*, 41-51.
- Gabay, Y., Schiff, R., & Vakil, E. (2012). Attentional requirements during acquisition and consolidation of a skill in normal readers and developmental dyslexics. *Neuropsychology, 26(6)*, 744.
- Gauthier, I., James, T. W., Curby, K. M., & Tarr, M. J. (2003). The influence of conceptual knowledge on visual discrimination. *Cogn Neuropsychol, 20(3)*, 507-23.
- Gósy, M. (2005). *Pszicholingvisztika*. Budapest: Osiris Kiadó.

- Gyarmathy, É. (1998). Tanulási zavarok szindróma a szakirodalomban. *Új Pedagógiai Szemle*, 48(10), 59-68.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn Sci*, 4(6), 223-233
- Hinshelwood, J. (1895). Word-blindness and visual memory. *Lancet*, 146(3773), 1564-70.
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004). N170 or N1? Spatiotemporal differences between object and face processing using ERPs. *Cerebral Cortex*, 14(2), 132–142.
- Jobard, G., Crivello, F., & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). Evaluation of the dual route theory of reading: a metaanalysis of 35 neuroimaging studies. *Neuroimage*, 20, 693-712.
- Kanwisher, N. & Yovel, G. (2006). The fusiform face area: a cortical region specialized for the perception of faces. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 361(1476), 2109–2128.
- Kállai, J., Bende, I., Karádi, K. & Racsmány, M. (2008). Bevezetés a neuropszichológiába. Medicina: Budapest.
- Németh, K. (2016). A fejlődési prosopagnosia lehetséges alcsoportjai a neuropszichológiai, elektrofiziológiai és képalkotó eljárásokkal végzett vizsgálati eredmények tükrében. [Doktori értekezés]. Budapesti Műszaki és gazdaságtudományi Egyetem
- Nestor, A., Behrmann, M., & Plaut, D. C. (2013). The neural basis of visual word form processing a multivariate investigation. *Cereb Cortex*, 23(7), 1673-84.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2007). Procedural learning difficulties reuniting the developmental disorders. *Trends Neurosci*, 30(4), 135-41.
- Ramus, F. (2003). Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Curr Opin Neurobiol*, 13(2), 212-8.
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2011). Meta-analyzing brain dysfunctions in dyslexic children and adults. *NeuroImage*, 56, 1735– 1742.
- Salmelin, R., Service, E., Kiesila, P., Uutela, K., & Salonen, O. (1996). Impaired visual word processing in dyslexia revealed with magnetoencephalography. [Comparative Study]. *Annals of Neurology*, 40(2), 157-162.
- Schulte-Körne, G., & Bruder, J. (2010). Clinical neurophysiology of visual and auditory processing in dyslexia: A review. *Clinical Neurophysiology*, 121, 1794-1809.

- Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Fletcher, J. M. & Escobar, M. D. (1990). Prevalence of reading disability in boys and girls. Results of the Connecticut Longitudinal Study. *Jama*, *264*(8), 998-1002.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K.R., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., et al., (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biol. Psychiatry*, *52*(2), 101-110.
- Siegel, L. (2006). Perspectives on dyslexia. *Pediatr Child Health*, *11*(9), 581-587.
- Sigurdardottir, H. M., Danielsdottir, H. B., Gudmundsdottir, M., Hjartarson, K. H., Thorarinsdottir, E. A., & Kristjánsson, Á. (2017). Problems with visual statistical learning in developmental dyslexia. *Sci Rep.*, *7*(1), 606.
- Sigurdardottir, H. M., Fridriksdottir, L. E., Gudjonsdottir, S., & Kristjánsson, Á. (2018). Specific problems in visual cognition of dyslexic readers: Face discrimination deficits predict dyslexia over and above discrimination of scrambled faces and novel objects. *Cognition*, *175*, 157-168.
- Sigurdardottir, H. M., Ívarsson, E., Kristinsdóttir, K., & Kristjánsson, Á. (2015). Impaired Recognition of Faces and Objects in Dyslexia: Evidence for Ventral Stream Dysfunction? *Neuropsychology*, *29*(5), 739-50.
- Skottun, B. C. (2000). The magnocellular deficit theory of dyslexia: the evidence from contrast sensitivity. *Vision Research*, *40*, 111-127.
- Smith-Spark, J. H., & Moore, V. (2009). The representation and processing of familiar faces in dyslexia: differences in age of acquisition effects. *Dyslexia*, *15*(2), 129-46.
- Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, *7*, 12-36.
- Susilo, T., Wright, V., Tree J. J., & Duchaine, B. (2015). Acquired prosopagnosia without word recognition deficits. *Cogn Neuropsychol*, *32*(6), 321-39.
- Tarkiainen, A., Helenius, P., & Salmelin, R. (2003). Category-specific occipitotemporal activation during face perception in dyslexic individuals: An MEG study. *Neuroimage*, *19*(3), 1194-1204.
- Turkeltaub, P. E., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T.A., & Eden, G. F. (2003). Development of neural mechanisms for reading. *Nat. Neurosci*, *6*(7), 767-73.
- Valdois, S., Peyrin, C., & Baciú, M. (2008). The neurobiological correlates of developmental dyslexia. In P. L. Verlag, (Szerk.), Some aspects of speech and the brain.

- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *J Child Psychol Psychiatry*, *45*(1), 2-40.
- Weigelt, S., Koldewyn, K. & Kanwisher, N. (2012). Face identity recognition in autism spectrum disorders: a review of behavioral studies. *Neurosci Biobehav Rev.*, *36*(3), 1060-84.
- Yin, R. K. (1969). Looking at Upside Down Faces. *Journal of Experimental Psychology*, *81*(1), 141-145.