

A DISZLEXIAKUTATÁS DILEMMÁI*

CSÉPE VALÉRIA

MTA Pszichológiai Kutatóintézet, Pszichofiziológiai Osztály,
Fejlődés-pszichofiziológiai Csoport
E-mail: csepe@cogpsyphy.hu

Az olvasási zavarok természetének megértésére törekvő pszichológust talán a leginkább az izgatja, hogy a megismerési funkciók rendszerében melyek azok az eltérések, amelyek a normál, gyakran kivételesen magas intelligencia ellenére is súlyos problémákhoz vezetnek.

Az áttekintés kiemelten foglalkozik azokkal a kérdésekkel, amelyek ma a diszlexia neuropszichológiai és idegtudományi kutatásában a legnagyobb dilemmát és egyben a legnagyobb kihívást jelentik. A kognitív idegtudomány legújabb adatai közül nemcsak azok kerülnek bemutatásra, amelyek a hallási vagy látási információk feldolgozásáért felelős rendszerek alulműködésében keresik az okokat, hanem azok is, amelyek az olvasást biztosító alrendszerek kapcsolatának megszakadását tanulmányozzák. Ezek a kutatások a működési hiányt és a kompenzációt biztosító többletet keresik, a diszlexiát pedig a kognitív architektúra fejlődése és az olvasásban részt vevő agyi hálózat működési sajátosságai felől közelíti meg.

Kulcsszavak: *fejlődési diszlexia; agyi aktivitás; megismerési funkciók; diszlexia agyi modellje*

A súlyos olvasási zavart ismertető első közlés (KUSSMAUL, 1877) óta eltelt 125 évben az olvasási zavarok megítélése sokat változott. A változást többé-kevésbé követte a zavar természetére és súlyosságára utaló elnevezések átalakulása is. Jóllehet a diszlexiáról egyre többet tudunk, számos olyan kérdés maradt, amely több tudományterületen is további összehangolt kutatásokat igényel. Az új kutatási eredmények értelmezése azonban nemegyszer félreértésekhez és csúsztatásokhoz vezet.

* A tanulmány az OTKA T 033008 és az AKP 2001/1,2 pályázatok támogatásával készült. Köszönettel tartozom mindazoknak a kollégáimnak – pszichológusoknak, neurofiziológusoknak, nyelvészeknek, neuropszichológusoknak, logopédusoknak –, akikkel az EU COST A8 programjában együtt dolgozhattam, és akiktől rendkívül sokat tanulhattam. Köszönöm a pedagógusoknak, logopédusoknak, szülőknek azt a szelíd nyomást, amellyel a diszlexia természetének és lehetséges okainak megismerése irányába toltak.

Ez többek között következik abból is, hogy a korrelatív típusú mutatókat – legyenek azok biológiaiak vagy pszichológiaiak – hajlamosak vagyunk ok-okozati összefüggéseként értelmezni. Mégis azt láthatjuk, hogy a kutatás egyes területein kirajzolódní látszik annak a jellegzetes, kísérleti adatokkal alátámasztott diszlexiaprofilnak a képe, amelynek alapján a súlyos olvasási zavarok jellemzőit értelmezni és lehetséges okait megérteni tudjuk. Dolgozatomban nem vállalkozom arra, hogy valamennyi irányzatot mélységében áttekintsem, bár a legfontosabbakra mindig igyekszem utalni. Megkönnyíti feladatomat az is, hogy a diszlexia definíciójával, elméleteivel és több kutatási területével számunkban két további összefoglaló is foglalkozik (TÁRNOK, GULYÁS, 2002; GERVAIN, 2002). Az ezekben foglaltakat, elkerülendő az ismétléseket, külön nem ismertetem, csak hivatkozom rájuk. Az áttekintés kiemelten foglalkozik azokkal a kérdésekkel, amelyek ma a diszlexia neuropszichológiai és idegtudományi kutatásában a legnagyobb dilemmát és egyben a legnagyobb kihívást jelentik. Nem foglalkoztam, bár rendkívül izgalmasnak és fontosnak tartom őket, több kérdéskörrel; ezek a definíció, a diagnosztika, a reedukáció és az intervenció kérdései.

RÖVID TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

Az angol nyelvterület: Kussmaultól Ortonig

KUSSMAUL fent említett első beszámolójában (1877) egy olyan férfi esetét elemezte, aki képtelen volt megtanulni olvasni, jóllehet megfelelő oktatást kapott és normál intelligenciájú volt. KUSSMAUL szóvakágnak (word-blindness) nevezte el ezt a nehezen magyarázható jelenséget, és ezt a kifejezést vette át tőle a diszlexiával kapcsolatban sokkal többet emlegetett HINSHELWOOD (1895) és MORGAN (1896) is. Morgan a szóvakág kifejezést a kongenitális (alkati, veleszületett) jelzővel egészíti ki, hangsúlyozva ezzel, hogy az olvasási zavarnak a gyermekkori olvasási problémáig visszakereshető típusa a fejlődéssel függ össze. Beszámolóik hatására a XIX. század végére általánosan elfogadottá válik, hogy a szóvakágnak szerzett és fejlődési formái lehetnek. Ők azok, akik elsőként vezetik be a szóvakág meghatározásában a kizárásos kritériumokat, ezek közül kiemelkednek az emlékezet súlyos zavarai és az alacsony intelligencia.

Az 1920-as évek végétől kezdődően az amerikai pedagógiai, pszichológiai és orvosi gyakorlat újabb adatokkal és további kifejezésekkel bővíti az olvasás- és írászavarokra vonatkozó ismereteket. Az amerikai szakirodalomban a kérdéskör iránti egyre nagyobb érdeklődés ORTON munkáinak (1928, 1937) köszönhető. Orton kezdetben a strephosymbolia kifejezést használja, majd később a súlyos olvasás- és írászavarokat fejlődési alexiának, illetve diszlexiának nevezi. Már Orton felveti, hogy a diszlexia háttérben az úgynevezett látási emlékezet zavarán túl alkati rendellenességek is feltételezhetőek, továbbá feltételezi, hogy a nyelvi képességek kialakulásában megfigyelhető zavarok oka, hogy egyik félteke sem jut irányító szerephez. Tudománytörténeti érdekesség, hogy Orton halálát követően felesége egy

olyan intézetet hoz létre, ahol a diszlexiás gyermekek reedukációja folyik, egészen az 1950-es évek végéig. Ma ORTON nevét viseli az egyik legismertebb diszlexia-társaság.

Ranschburg Pál és a német nyelvterület

Magyarországon Ranschburg Pál nevéhez fűződik az olvasási zavarok, illetve ezzel összefüggésben az írás, helyesírás, beszéd zavarainak vizsgálata. Ranschburg kongenitális alexia fogalma azonos Hinshelwood kongenitális szóvakág fogalmával. Ranschburg a megnevezésben is igyekszik különbséget tenni az alacsony intelligenciájúak (színleges alexia) és normál intelligenciájúak olvasási zavarai (alexia) között (RANSCHBURG, 1939). Az új szakkifejezés, a legaszténia (Legasthenie) bevezetése azt hivatott hangsúlyozni, hogy a gyenge olvasás és a súlyos olvasási zavarok között tüneti különbségek vannak, és oki eltérések lehetnek.

Ranschburg munkássága szinte az első közleményektől (RANSCHBURG, 1916) különösen nagy hatást gyakorolt a német nyelvterületen folyó kutatásra, diagnosztikára és terápiára. A német szaknyelv a legaszténia kifejezést a mai napig használja, bár az 1970-es évektől egyre inkább az olvasás és írásképeség zavarára utaló más kifejezések jelennek meg. Az 1980-as évektől az angol szakirodalom hatására a diszlexia kifejezés is egyre inkább elterjed. Míg a német nyelvterület elsősorban a nevezéktan esetében kötődött évtizedekig Ranschburg munkáihoz, addig a hazai logopédusok egy része a módszerek kialakításában és ezek elméleti alapozásában is erősen ragaszkodott Ranschburg örökségéhez. Gondoljunk például MEIXNER Ildikó (1993) módszereire, amelyekben Ranschburg elmélete kitüntetett szerepet kapott, így például a homogén gátlás a reedukációs módszer egyik sarkalatos pontjává is vált.

A diszlexiakutatás közelmúltja és jelene

A diszlexiakutatásokat az 1970-es évek közepéig a fogalmi tisztázatlanság jellemzi, és 1975-ig várat magára az olvasás- és írászavarok meghatározása, most már fejlődési diszlexia (developmental dyslexia) néven. Mérőföldkőnek számít, hogy 1975-ben a Neurológusok Világszövetsége hivatalosan is megfogalmazza azokat a ismérveket, amelyek alapján a fejlődési diszlexia kategóriájába sorolható bárki is. A fejlődési diszlexiával kapcsolatos definíciókérdések (lásd TÁRNOK, GULYÁS, 2002; GERVAIN, 2002) nemcsak a gyakorlatot, hanem a kutatást is erőteljesen érintik. A kutatásban sokféle meghatározás használatos, céljuk mindig elsősorban az, hogy a diszlexiások heterogén populációjából viszonylag homogén minta kerüljön kiválasztásra.

Magyarországon a diszlexia diagnosztikáját, terápiáját a logopédusok dolgozzák ki, a diszlexia megállapítása és kezelése – eltérően más országok gyakorlatától – a logopédia kompetenciájába tartozik (erről az olvasó bőven talál magyar nyelvű szakirodalmat, ezekre itt nem térek ki). A neurológia, pszichológia, pszichofizioló-

gia, neuropszichológia és a nyelvészet – eltérően az Európa más országaiban és az USA-ban honos gyakorlattól – viszonylag későn kapcsolódik be a diszlexia vizsgálatába, és ezeken a területeken a kutatások is viszonylag későn indulnak el.

DISZLEXIA, AGY ÉS MEGISMERÉSI FUNKCIÓK

A jelenlegi diszlexiakutatások egyik meghatározó kiindulópontja, hogy a súlyos olvasási zavarok az agynak a többségre jellemző szerkezeti és működésbeli eltéréseivel állnak kapcsolatban. Számos új kutatási adat utal arra is, hogy a diszlexia megjelenése genetikai okokra vezethető vissza (PENNINGTON, 1999; FAGERHEIM és munkatársai, 1999; CASTLES, KAUFMAN, GALABURDA, 1999), bár a genetikai átvitel összetett és nem kizárólagos. A genetikai kutatásoknál hosszabb előtörténete van a diszlexia idegtudományi megközelítésének, a továbbiakban ennek a területnek a meghatározó eredményeit és problémáit igyekszem áttekinteni.

A bostoni iskola hatásai

Az agy szerkezeti eltéréseinek kutatásában legnagyobb hatású közlések a bostoni iskolából jelentek meg. A nagy feltűnést keltő anatómiai adatokat a munkacsoport először egy (GALABURDA, KEMPER, 1979), majd négy (GALABURDA és munkatársai, 1985) diszlexiás férfi esete alapján ismertette. Később ezek az adatok három diszlexiás nő adataival bővültek (HUMPHREYS, KAUFMAN, GALABURDA, 1990). A szerzők az anatómiai metszeteken felismert eltérések alapján a diszlexiások agyának két fő szerkezeti sajátosságára hívták fel a figyelmet. Az eltérések egyik jellegzetes csoportja a mikroszkopikus szintre vonatkozott, és elsősorban az agykéreg szerkezetének eltéréseit – kis sejtek a kéreg felső rétegeiben, atípusos kéregszerkezet, szokatlan méretű és formájú tekervények – érintette. A tapasztalt szerkezeti anomáliák másik nagy csoportja a makroszkopikus szintre vonatkozott, azaz a planum temporale (halántéklebény felső részén elhelyezkedő terület) szokásos aszimmetriája helyett (bal > jobb) szimmetriát, illetve fordított aszimmetriát találtak. Az in vivo vizsgálati lehetőség, az MRI (mágneses rezonancia képalkotás) megjelenése a szerkezeti eltérésekre vonatkozóan újabb adatokkal bővítette az agy makroszkopikus szintű eltéréseire vonatkozó ismereteket (részletesebben lásd TÁRNOK, GULYÁS, 2002).

A FELDOLGOZÁSBAN TETTEN ÉRHETŐ ELTÉRÉSEK

Az olvasási zavarok megértésére törekvő pszichológust talán a leginkább az izgatja, hogy a megismerési funkciók rendszerében melyek azok az eltérések, amelyek a normál, gyakran kivételesen magas intelligencia ellenére is súlyos problémákhoz vezetnek. A pszichológia módszertani repertoárját alkalmazó kutatások az elmúlt

években számos új eredményt hoztak, ezek közül az egyik legnagyobb hatású elmélet a fonológiai, illetve a nyelvi tudatosság és a diszlexia meghatározó kapcsolatát feltételezi.

Bár a beszéd és az olvasás egyaránt a fonológiai feldolgozásra épül, lényeges különbség közöttük, hogy a beszéd természetes, az olvasás pedig nem. Az olvasás az emberi kultúra találmánya, konvenciókon nyugszik, elsajátítása csak tudatosan lehetséges. Az olvasó feladata ugyanis a vizuálisan észlelt formák átalakítása nyelvi információvá, azaz a grafémák (betűk) átalakítása a nekik megfelelő fonémákká (egész pontosan beszédhangokká). Ehhez pedig nélkülözhetetlen, hogy a kezdő olvasó tudatosan fel tudja dolgozni a szavak belső fonológiai szerkezetét.

Diszlexiás gyerekeknél a nyelvi feldolgozó rendszer fonológiai moduljának feltételezett működési zavara a szavak szegmentálásának deficitjét eredményezi, akadályozott az írott szavak felbontása a szavakat alkotó fonológiai összetevőkre. A diszlexiának erre a modelljére gyakran fonológiai deficit hipotézis néven is hivatkozik a szakirodalom. A modell meghatározó eleme az úgynevezett fonológiai tudatosság (phonological awareness) vagy tágabban nyelvi tudatosság (language awareness). Lynette BRADLEY és Peter BRYANT 1983-ban publikált, azóta sokat idézett és a fonológiai tudatosság kérdésében meghatározónak számító tanulmányukban elsőként fogalmazták meg, hogy a fonológiai tudatosság, a beszédhangokkal végzett műveletek képessége oksági viszonyban állhat az olvasási képességgel. Egy későbbi vizsgálatban BRYANT és munkatársai (1990) megállapították, hogy a rímek iránti érzékenység szorosan összefügg a fonológiai tudatosság fejlődésével, és mindkét képesség alapvetően befolyásolja az olvasás elsajátítását. SNOWLING (1980) vizsgálatai szerint a fonológiai tudatosság hiánya az olvasás fejlődését, pontosabban a graféma-fonéma megfeleltetés készség szintű elsajátítását akadályozza, illetve késlelteti.

A fonológiai tudatosság tesztek a szótagokkal végzett műveletek vizsgálatára különböző feladatokat adnak. A hallott szót például először szótagolni kell (lehet tapsolni, kopogni), majd a szótagokat meg kell számolni. Ennél sokkal bonyolultabb művelet, pontosabban az emlékezeti kapacitást jobban terhelő feladat, ha a szótagelhagyásra kérdezzük. Például kérdezzük, milyen értelmes szó lesz a „szerelem” szóból, ha az első szótagot elhagyjuk? A helyes válasz *elem*. A szótag-szintű műveletek és az emlékezeti terhelés interakciója jól vizsgálható olyan feladatokban, amelyekben a kezdő szótagok cseréjét vagy a középső szótag elhagyását kérjük. A fonémaszintet vizsgáló feladatokban a szókezdő vagy befejező hangokat kell elhagyni vagy cserélni (Mi lesz a *k* elhagyása után a kapu szóból?). Az a tapasztalat, hogy a fonéma szintű műveletek fejlett formái csak az olvasás elsajátítása során jelennek meg először.

A fonológiai modell értelmében az olvasás elsajátításához a hallott szavak belső fonológiai szerkezetéhez való tudatos hozzáférés szükséges (SHANKWEILER és munkatársai, 1979; SKOYLES, 1998), hiszen az ortográfiát ezzel a fonológiával kell majd asszociatív kapcsolatba hozni. Diszlexiában azonban éppen a fonológiai feldolgozó egységnek a zavara miatt nem lehetséges az írott szavak fonológiai összetevőkre történő felbontása. Isabelle Y. LIBERMAN és munkatársainak (1989) vizsgálatai szerint a hallott szavak fonológiai szerkezete iránti érzékenység 4 és 6 éves

kor körül alakul ki. Az úgynevezett fonémaszámlálási tesztek (hány hangból áll egy szó) feladatait a 4 évesek nem tudják megoldani, míg az 5 évesek 17, a 6 évesek 70%-a képes a szavak hangjainak számát azonosítani. A ma már klasszikusnak számító fonológiai tudatosság tesztekkel több ezer diszlexiás gyermeket vizsgálva megállapították, hogy a fonológiai deficit szignifikáns és konzisztens kognitív jelzője a diszlexiának. A diszlexia vizsgálata során az egyik legérzékenyebb tesztnek bizonyultak a fonématörlési tesztek, amelyek, úgy tűnik, az idősebb diszlexiásoknál is jól használhatóak.

A fonológiai tudatosság az 1990-es évek felfogása szerint gyűjtőfogalom. Usha GOSWAMI (1991) szerint legalább két lényeges szintet kell megkülönböztetnünk a fonológiai tudatosságon belül. A tudatosság fonémaműveleti szintje, azaz a szavak hangokra bontása az olvasás fejlődési következménye. A szótagműveleti szint, azaz a szótagok kezdőhangra (=onset, kezdő mássalhangzó[k]) és rímre (magánhangzó és záró mássalhangzó[k]) tördelése azonban a nyelvi fejlődéssel kialakuló természetes kategória, és egyben előjelzője az olvasási képességnek.

A diszlexia anyanyelv-specifikus meghatározóival kapcsolatos kutatások különösen az utóbbi években kaptak nagy lendületet. Egyre inkább elfogadott, hogy a fonológiai tudatosság egyes szintjei nyelvenként eltérően fontosak (LANDERL, WIMMER, FRITH, 1997). Az olvasási teljesítményt azonban számos más, a nyelvi feldolgozó rendszerhez tartozó, egyes jellemzőiben kifejezetten anyanyelv-specifikus eleme is meghatározza. Ezek közé tartozik a fonológiai tudatosság szintjeinek nyelvenként eltérő szerepe, a beszélt nyelv ejtési szabályai, az írott nyelv ortográfiai mélysége és morfológiai sajátosságai. Az úgynevezett ortográfiai mélység, tehát az a tény, hogy egy adott beszédhangot vagy hangkombinációt hányféleképpen írunk le, eltérő nehézséget okoz az egyes nyelvekben. A mély ortográfiájú nyelvek tipikus példája az angol, amelyben például az „ajt” ejtéséhez tartozhat a 'ight' (right) és az ite (bite) írásmód is. Az *o* hangnak megfelellhet az 'a' (small) és az 'o' (fold) is. A magyarban a tőszavakban viszonylag ritkán találkozunk azzal, hogy betű és hang között nincs egy az egyhez megfelellés. Annál több problémát jelent a szótó és ragok, képzók határán létrejövő hang-betű eltérés. Ilyenek például a diszlexiásoknak oly sok problémát okozó részleges hasonulások. Azt írjuk „adta”, de úgy ejtjük 'atta'.

A nyelvek említett sajátosságainak megjelenése a diszlexiások teljesítményében sok kutatót foglalkoztat. A jellemző eltérésekkel számos nagy kutatási irányzat foglalkozik, a kialakított modellek ellentmondásai nehezen oldhatók fel. Az agykutatásokban alkalmazott mérési eljárások többféle lehetőséget is kínálnak arra, hogy az olvasás részfolyamatainak feldolgozási jellemzőit, egymáshoz való viszonyát megismerhessük. Erre az eseményhez kötött agyi potenciálok (EKP) jó idői, a modern képalkotó módszerek, a pozitron emissziós tomográfia és a funkcionális mágneses rezonancia képalkotás (PET, fMRI) jó téri, az eseményhez kötött mágneses mezők (EKM) jó téri és idői felbontása nyújt lehetőséget.

EEG ÉS EKP VIZSGÁLATOK

Az EEG vizsgálatok többsége nem talált eltérést a nyugalmi aktivitás változásaiban, illetve a talált eltérések ellentmondásosak. A nyugalmi EEG jellemző paraméterei többnyire a normál fejlődési mintázatot mutatták (TANIMURA, SONOBA, OGAWA, 1996). Sokkal egyértelműbbek azok az adatok, amelyek a nyelvi feladathelyzetben elvezetett EEG elemzéséből származnak. Az EEG-mintázat fonológiai feladatok (például rímelő szavakat kellett elemezni) során atípusosnak számít, és ez az agyi folyamatok dezorganizációjára utal. Ez összhangban áll azokkal a PET eredményekkel, amelyek arra utalnak, hogy az egy-egy speciális feladatot ellátó terület zavarain túl a feladatot végrehajtó hálózat szerveződése, kapcsolatrendszerre (diszkonnekció) is érintett.

Az eseményhez kötött agyi potenciálok (EKP) vizsgálata az információfeldolgozás eltérő szintjeinek és szakaszainak követését teszi lehetővé. A diszlexiára jellemző feldolgozási különbségek kutatásában az EKP vizsgálatok a hallási és vizuális feldolgozás, a magasabb szintű nyelvi feldolgozás és az emlékezeti szerveződés kérdéseire koncentráltak. A közlések többségében az EKP komponensek közül elsősorban az EN-re (eltérési negativitás), a P300-ra és az N400-ra vonatkozó adatokkal találkozhatunk.

ELTÉRÉSI NEGATIVITÁS

Az 1980-as évek és az 1990-es évek első felének elméletei szerint az EN a frissen kialakított szenzoros emlékezeti nyom és a bármelyik paraméterében különböző inger összemérésének, azaz tipikusan a szenzoros emlékezeti funkciókra visszavezethető kérgi feldolgozásnak az eredménye (NÄÄTÄNEN, 1992). A beszédhangok eltéréseivel kiváltott EN-re vonatkozó első közléseket követően (AALTONEN és munkatársai, 1993, KRAUS és munkatársai, 1993) szükségszerűvé vált az EN megjelenésével összefüggésbe hozott emlékezeti funkciók újragondolása. Mai elképzeléseink szerint az úgynevezett „fonéma-EN” jellemzőit alapvetően befolyásolja a beszédhangok absztrakt kategóriáinak, a fonémáknak a hosszú távú reprezentációja.

A beszédhangok eltéréseivel (zöngés és zöngétlen mássalhangzók, hosszú és rövid magánhangzók, elől képzett magánhangzók kerektség szerinti eltérése) kiváltott EN bevezetése a fejlődés-pszichofiziológiai kutatásokban általában is számos új eredményt hozott, a tanulási zavarok kutatásában azonban számos vitatott kérdésben segített a konszenzus kialakításában. A hallási feldolgozó rendszer deficitje és a diszlexia között fennálló szoros kapcsolat feltételezett okaival két szélsőségesen eltérő irányzat is foglalkozik. Az egyik irányzat Paula Tallal nevéhez fűződik, aki a Michael Merzenich-vel együtt végzett kutatások (TALLAL, MILLER, FITCH, 1993; TALLAL és munkatársai, 1996) eredményei alapján úgy véli, hogy a nyelvi funkciók zavarainak alapja a beszédhangok gyors változásainak feldolgozási hiánya. TALLAL és MERZENICH (1998) számítógépes fejlesztő programot is kidolgoztak, ez a program pedig abból indul ki, hogy a nyelvi fejlődés hátterében a beszédhangok

gyors komponenseinek feldolgozása húzódhat meg, tehát az idői jellemzőkbe történő beavatkozás segítheti a diszkriminációs tanulást. A programban részt vevő gyerekek olyan megnyújtott idejű szintetizált hangok diszkriminációját tanulják, amelyekkel az angol nyelvben a jellemző ejtési sajátosságok miatt a nem anyanyelvi beszélőknek is problémája szokott lenni. Ilyenek az elnyelt hangok ('minitsz' [minutes] helyett azt halljuk: 'mintsz'), a rendkívül rövid zöngésségi idők. Ez utóbbi például csaknem fele a magyarok által ejtett időknek. A módszert az utóbbi években meglehetősen sok kritika érte, kezdetben főként vélt vagy valós redukcionizmus miatt. A módszer többnyire sikeres a specifikus nyelvi zavarok kezelésében, sokan vitatják azonban, hogy ugyanilyen hatékony lenne diszlexiásoknál is. A Tallal-csoport legújabb fMRI adatai (TEMPLE és munkatársai, 2000) egyértelműen azt mutatják, hogy a módszer kiindulópontjául szolgáló elképzelés idegtudományi adatokkal is igazolható.

Az ellentétes véleményt a Haskins-laboratórium kutatói (STUDDERT-KENNEDY, MODY, 1975) képviselik, kifejtve azt az elképzelésüket, hogy a diszlexiásokra jellemző zavarok nyelvspecifikusak, az általános akusztikai feldolgozási deficit nem magyarázza megfelelően a fonológiai feldolgozás ismert zavarait.

A beszédhangok akusztikai/fonetikai eltéréseivel kiváltható EN elemzéséből (KRAUS és munkatársai, 1996; SCHULTE-KÖRNE és munkatársai, 1998; CSÉPE, SZŰCS, OSMANNÉ SÁGI, 2000) kitűnik, hogy a fonémák prototipikus szerveződése, reprezentációja a diszlexiások jelentős részénél zavart. Ez a zavar elsősorban azoknál a diszlexiásoknál mutatható ki, akik a fonológiai feladatokban is alulteljesítenek. A deficit a mássalhangzók egyes osztályaiban kifejezett, súlyosabb esetekben pedig a magánhangzókra is kiterjed. A magánhangzók feldolgozási deficitje olyan nyelvekben, mint a magyar (CSÉPE és munkatársai, 1998) vagy a finn (LEPPÄNEN, LYYTINEN, 1997) gyakran súlyosbítja a diszlexiások problémáit.

KRAUS és munkatársai (1996) szerint a diszlexiásoknál megfigyelt, EN-nel is jól követhető feldolgozási zavar kizárólag az akusztikai eltérések feldolgozási deficitjére vezethető vissza. Ez az elképzelés támogatni látszik Tallal elképzelését. Saját eredményeink (CSÉPE, SZŰCS, OSMANNÉ SÁGI, 2000), hasonlóan SCHULTE-KÖRNE és munkatársai (1998) EN eredményeihez, megerősítik, hogy a diszlexiásokra általában nem jellemző, hogy számos akusztikai eltérés feldolgozásában elmaradnak hasonló korú társaiktól. Schulte-Körne és munkatársai a képzés helye szerinti eltérés, munkacsoportunk a képzés helye, valamint a zöngésség szerinti eltérés esetében is az EN csökkenését, illetve hiányát regisztrálta. Úgy tűnik, hogy a fejlődési diszlexiára jellemző zavar mégiscsak a beszédhangok eltéréseinek automatikus feldolgozási deficitjében csúcsosodik. Ugyanakkor nyilvánvalónak tűnik, hogy a fonéma prototípusok megfelelő kialakulásában jelentős szerepe van a megfelelően fejlett hallási analízisnek.

Az egyik feltételezhető feldolgozási zavar az idői jellemzőkkel függ össze, miként azt TALLAL és munkatársai is feltételezték (1993). BRADLOW és munkatársai (1999) a képzés helye szerinti eltéréssel ([da] és [ga]) a normálnál lényegesen kisebb EN-t regisztráltak diszlexiásoknál. Az EN amplitúdója azonban a két mássalhangzó megkülönböztetéséhez szükséges akusztikai változás idejének megnyújtásával megközelítette a kontrollét, ez az adat pedig az idő feldolgozási deficit szere-

pe mellett szól. A vizsgálat egyik legérdekesebb eredménye, hogy a diszkriminációs teljesítmény javulását nem tapasztalták a diszlexiásoknál, annak ellenére, hogy a megnyújtott idő pre-attentív feldolgozása megtörtént. Ez az adat viszont amellettszól, hogy a fonéma-összemérésnek szükséges, de nem elégséges feltétele a megfelelő akusztikai feldolgozás. Az idő feldolgozási deficitet látszanak bizonyítani KIJALA és munkatársainak EN adatai is (2000). Kísérletükben felnőtt diszlexiások vettek részt, akik négy tiszta hang változó szekvenciáit, illetve két tiszta hangból álló ingereket hallgattak. Míg az utóbbi esetben nem tapasztaltak eltérést az EN paramétereiben, a hang-mintázat eltéréseivel kiváltott EN a diszlexiásoknál lényegesen eltért a kontrollétól. A szerzők eredményeiket szintén az idői feldolgozás deficitjével magyarázták, amivel egyet is lehet érteni. Túlzott leegyszerűsítésnek tűnik azonban az az analógiás következtetés, miszerint hasonló jelenséget kell feltételeznünk a szavakban előforduló „fonémák” és környezetük (azaz a szó többi hangja) feldolgozási problémáinál is. Nehéz ezzel egyetérteni már csak azért is, mert a beszédhangok (különösen, ha azok szavakat alkotnak) feldolgozása a tiszta hangok eseményszerveződésétől sok szempontból eltér és persze összetettebb is.

Az azonosként feldolgozott beszédhangok absztrakt reprezentációjának, a fonémakategóriáknak a kialakulásában kétségkívül meghatározó szerepe van azoknak a funkcióknak, amelyek lehetővé teszik a beszédhangok megkülönböztetését lehetővé tevő lényeges akusztikai eltéréseket. A beszédhangok akusztikai variációi azonban nem mindig rendelkeznek jelentésmegkülönböztető tulajdonságokkal, így a fejlődés során ezekre való érzékenységünk elveszik. Ez azt eredményezi, hogy az élőbeszédben előforduló valamennyi, akusztikailag esetleg lényegesen eltérő, ám egy kategóriába tartozó beszédhangok feldolgozásának fonetikai, az akusztikai jellemzőket felülíró percepciója jön létre. A meghatározó alapok letétele az első életévben történik (CHEOUR és munkatársai, 1998). A jelentésmegkülönböztető tulajdonsággal nem rendelkező akusztikai eltérésekre az anyanyelvi tapasztalat révén elveszítjük érzékenységünket, a kategóriahatárok élesebbé válnak, mindez pedig a biológiai érés és tapasztalatok interakciójában jön létre. Patricia KUHL észlelési mágnesnek nevezi ezt a jelenséget (2001-ben ennek a perceptuális jelenségnek nagyszerű összefoglalója jelent meg Kuhl és munkatársaitól). A beszédhangok absztrakt reprezentációját megalapozó perceptuális mágnes fejlődési vonatkozásairól és egyéni variációiról számos viselkedéses adat került publikálásra (IVERSON, KUHL, 1995; LIVELY, PISONI, 1997) és az elmúlt néhány évben ezt az EN adatok is egyértelműen bizonyították (AALTONEN és munkatársai, 1997; SHARMA, DORMAN, 1998). Meggyőző kísérleti adatok utalnak arra is, hogy a fonémahatárookra (boundary) kialakult perceptuális érzékenység és az észlelési mágnes jelenségeinek azonosak ugyan a mechanizmusai, az utóbbi humán-specifikus és nyelvi tapasztalathoz kötött (IVERSON, KUHL, 2000).

A nyelvi tapasztalat az akusztikai érzékenységet felülíró fonetikai „élesítés”-ként képzelhető el, ennek elmaradása az elképzelések szerint a szavak hangalakjának reprezentációját is érinti. A Haskins-laboratórium már említett kutatói (STUDDERT-KENNEDY, MODY, 1995) szerint ez az egyik oka a beszédhangokra specifikus zavaroknak. Természetesen ők sem gondolják azt, hogy az akusztikai feldolgozás zavarai nem vezethetnek a beszédhangok diszkriminációs zavaraihoz. Amit viszont

következtesen képviselnek, hasonlóan KUHLE és munkatársaihoz (2001), hogy a hallási percepcióban be kell következnie egy sikeres fonetikai átszerveződésnek ahhoz, hogy az anyanyelven elhangzottakat gyorsan és pontosan tudjuk feldolgozni. SERNICLAES és munkatársainak (2001) adatai azt igazolták, hogy a fonetikai átszerveződés elmaradása jellemző a diszlexiásokra. Diszlexiás gyerekekkel végezték vizsgálataikat és megállapították, hogy a fonémakategóriák diszkriminációs zavara a kategórián belüli akusztikai eltérésekre megtartott fokozott perceptuális érzékenységgel függ össze. Márpedig a normál fejlődésnek pontosan az a jellemzője, hogy a fonémahatárokon belül az akusztikai eltérésekre kevésbé vagyunk érzékenyek, mint a fonémakategóriák határán.

Számos egyéb akusztikai feldolgozási deficitet is találtak az eseményhez kötött potenciál (EKP) és mező- (EKM) vizsgálatok során. Ezek közé tartozik a hallási események szerveződését meghatározó akusztikai alapjelenségek közül a frekvencia és amplitúdó modulációjának feldolgozási deficitje (TALCOTT és munkatársai, 2000; MCANALLY, STEIN, 1997).

P300

Az EKP-ok egyik jellegzetes kognitív komponensét, a P300-at számos nyelvi, illetve emlékezeti feladatban vizsgálták diszlexiásoknál. A P300 eredmények az olvasott szavak feldolgozáshoz szükséges hosszabb időre utalnak (TAYLOR, KEENAN, 1990). Ezt a viselkedés adatokkal összhangban értelmezve megállapítható, hogy a feldolgozás pontosságán túl a feldolgozás sebessége is rosszabb a diszlexiásoknál, mint problémamentes kortársaiknál. Más adatok arra utalnak, hogy a szövegfelismeréshez kötött agykérgi feldolgozási idő diszlexiás gyerekeknél (ACKERMAN, DYKMAN, OGLESBY, 1994) és a „jól kompenzáló diszlexiásnak” nevezhető felnőtteknél egyaránt hosszabb, mint jól olvasó kortársaiknál (JOHANNES és munkatársai, 1995).

N400

A nyelvi feldolgozás magasabb szintjeivel korreláló EKP hullámösszetevők közül az N400-at tanulmányozták leginkább diszlexiásoknál. Az eredmények eléggé ellentmondásosak. STELMACK és munkatársai (1988) például erősen csökkent amplitúdójú N400-at regisztráltak diszlexiásoknál, eredményeiket pedig a szemantikához való hozzáférés zavarával magyarázták. NEVILLE és munkatársai (1993) ugyanakkor az N400 amplitúdó-növekedését találták, jóllehet specifikus nyelvi zavarnál és nem diszlexiásoknál, magyarázatuk szerint ez a szemantikai integráció sérülésére utal.

MEG ÉS EKM

Mint láthattuk az elektro- és magnetoencephalogram alkalmazása az egymásra épülő feldolgozási szakaszokkal korreláló komponensek elemzésével, különösen azok idői jellemzőinek pontos követésével megbízható információkkal szolgálhat a

deficitekre vonatkozóan. Fontos, mégis gyakran elhanyagolt kérdése az agyi aktivitás mutatóinak elemzésekor a kompenzáció kérdése. A diszlexiások olvasási teljesítményében megfigyelhető zavarok megértéséhez nem csupán azt kell ismernünk, hogy melyek a deficit funkciók, hanem azokat is, amelyek a többé-kevésbé sikeres kompenzációt teszik lehetővé és feltehetően egyes funkciók esetében aktivitástöbblettel járnak. Ezek követésére a legjobb lehetőséget a modern képalkotó eljárások alkalmazása nyújtja.

*Deficit és kompenzáció –
a modern képalkotó eljárások előnyei*

Az olvasásban részt vevő agyi területek aktivitásmintázatának követése a PET és fMRI módszereinek alkalmazásával vált lehetségessé. A szóalak és a jelentés megfeleltetésével együtt járó agyi aktivitás vizsgálatában kiemelt helyet foglal el az ortográfia, pontosabban az ortográfiai mélység szerepe az olvasási teljesítményben. A legújabb vizsgálatok (PAULESU és munkatársai, 2000) egyik nagy figyelmet kiváltó eredménye volt annak kimutatása, hogy az olvasást kísérő, PET-tel mért agyi aktivitás az egyes nyelvekre jellemző ortográfiai mélység szerint eltérő mintázatot mutat. PAULESU és munkatársai francia, angol és olasz kísérleti személyek agyi aktivitását mérték olvasás során. Megállapították, hogy az angol anyanyelvűek jellegzetes aktivitástöbbletet mutattak a Broca területen és környékén, ez tehát azt jelenti, hogy az angol nyelvűek agyi aktivitásmintázata nem feltétlenül jellemző más anyanyelvűekre. Meg kell viszont jegyeznünk, hogy a vizsgált nyelvek közül az angol a legnagyobb „ortográfiai” mélységű.

Az ortográfiai feldolgozás vizsgálatára sokféle kísérleti paradigma terjedt el, azonban e paradigmák sokfélesége ellenére hasonló eredményeket mutatnak a felnőtt diszlexiásokkal végzett PET és fMRI vizsgálatok is. FLOWERS és munkatársai (1991) például azt kérték a kísérleti személyektől, hogy a hallott szavakra (főnevek) akkor válaszoljanak egy gomb lenyomásával, ha a szó írott alakja négy betűből áll. Ez a feladat megfelelő mélységű ortográfiai feldolgozást kíván, hiszen a kísérleti személyeknek ahhoz, hogy a betűk számát megállapíthassák, el kell képzelniük a szavak írott alakját. A jól olvasóknál ebben a feladatban a Wernicke területen fokozott agyi vérátáramlás volt megfigyelhető, szemben a „diszlexiások” lényegesen alacsonyabb aktivitációjával. Ezeknek a vizsgálatoknak az igazán meglepő eredménye azonban mégis az volt, hogy a gyengén olvasók temporoparietális kéregterületein (a Wernicke területhez képest poszterior részek) megnövekedett az agyi vérátáramlás a feladat során. Az aktivitástöbblet arra utal, hogy ezek a területek azok, amelyek a feladat végrehajtásához szükséges többletet biztosítják, jóllehet normál esetben ezeknek a területeknek nem feladata a feldolgozás. A kompenzáció jellegzetessége azonban, hogy ez az aktivitástöbblet nem feladatspecifikus, ugyanis a megnövekedett aktivitás sem a feladatvégrehajtás pontosságával, sem az olvasási zavar mértékével nem korrelált.

A PET alkalmazása a módszer invazív természete miatt csak felnőtteken alkalmazható, ez viszont azt jelenti, hogy az ekkorra elsajátított kompenzációs stratégi-

ák a gyerekekétől eltérő feldolgozáshoz vezetnek. Éppen ezért sokszor nehéz a fejlődési diszlexia természetére felnőttek adataiból következtetni, hiszen keveset tudunk arról, hogy a kompenzáció részét alkotó felnőtt olvasási stratégiák miként módosítják a funkciókat. Nem véletlen tehát, hogy az egyszerűbb ortográfiai elemzést kívánó feladatokban felnőtteken nem találtak olyan eltéréseket, amelyek a diszlexiával korreláltak volna (GROSS-GLENN és munkatársai, 1991). Több munkacsoport is reprodukálta ugyanakkor azokat az eredményeket, amelyek szerint az írott szóalak (gyakran álszavak) elemzését diszlexiásoknál a tarkólebeny egyes területeinek (lingvális és fuziform kéreg) a normálnál lényegesen magasabb aktivitása kíséri (GROSS-GLENN és munkatársai, 1991). A PET adatok általánosan elfogadott interpretációja, hogy a megnövekedett aktiváció a szavak írott alakjának a szokásosnál mélyebb elemzésével függ össze.

A PET vizsgálatokból is nyilvánvaló, hogy az olvasási teljesítményben lényeges szerepet játszó agyi területek működésével gyakran más területek aktivitástöbblete jár együtt. A technika fejlődésével újabb lehetőségek nyílnak arra, hogy az fMRI technika sokat vitatott módszertani buktatóit elkerülhessük. Az fMRI korábbi generációinak rossz idői felbontása miatt például sokáig nem volt lehetséges a feldolgozási szakaszok elkülönítése, a feladatokat pedig nem mindig sikerült úgy összeállítani, hogy a szakmai kérdés szempontjából is teljesítsék az aktivitás-kivonás feltételeit. Jóllehet változatlanul nem tudjuk magából az aktivitásmintázatból, hogy a kapcsolatok gátlóak vagy serkentőek-e, a jobb idői felbontás kétségtelen előnyöket jelent a megismerési funkciók, így a nyelv vizsgálatában is. A gyermekvizsgálatokban az új reményt az eseményhez kötött fMRI vizsgálatára alkalmas új készülékek jelentik, amelyek sokkal alkalmasabbak a korábbiaknál arra, hogy a feldolgozásban részt vevő agyi hálózat alul- és túlműködésének téri és idői jellemzőit követhessék a kutatók.

KAPCSOLATHIÁNY A HÁLÓZATBAN

A Shaywitz-munkacsoport (SHAYWITZ és munkatársai, 2001; PUGH és munkatársai, 1996, 2001) kutatási adatai egyértelműen arra utalnak, hogy bármelyik, az olvasáshoz szükséges részképesség deficitje súlyos olvasási zavarokban nyilvánulhat meg. Az fMRI vizsgálatok adatai egyértelműen azt igazolják, hogy valamennyi, az olvasáshoz szükséges feldolgozást komplex mintázat kíséri, mégpedig a deficités funkciókért felelős területek alulműködése és a kompenzációt lehetővé tevő területek többletműködése. A szavak folyékony olvasásához szükséges vizuális és akusztikus kódhoz, illetve motoros programhoz a diszlexiások nem egyformán férnek hozzá, a deficités kompenzációs aktivitástöbblet megjelenéséhez vezetnek. SHAYWITZÉK adatai (2001) szerint például a gyrus angularis és a gyrus supramarginalis területén megfigyelt hypoaktivitást a frontotemporalis terület – Broca és környéke – megnövekedett aktivitása kíséri. Úgy tűnik tehát, mintha a jól kompenzáló angol diszlexiások a motoros kódot erőteljesebben használnák, mint a kontroll. Persze PAULESU és munkatársai (2000) vizsgálataiból azt is tudjuk, hogy ez a Broca környéki többlet az angol anyanyelven olvasók aktivitásmintázatára egyébként is jel-

lemző. Azt gondolom tehát, hogy a diszlexia jellemző altípusainak kialakulását akkor fogjuk majd igazán megérteni, ha a kérgi reprezentáció alakulására vonatkozóan a jelenleginél lényegesen több fejlődési adattal rendelkezünk az iskolás életkorból. Ehhez új lehetőséget teremt, hogy jól tervezett kognitív pszichológiai kísérletekben az eseményhez kötött fMRI, együtt a sokcsatornás EKP és MEG vizsgálatok eredményeivel, megbízható adatokkal szolgál a feldolgozás pontos téri és idő jellemzőiről.

A Shaywitz-csoport munkáinak egyik alapvető jellemzője, hogy a diszlexiások vizsgálatára kialakított kísérleti paradigmák hierarchikus felépítésűek, tehát a nyelvspecifikus kódolást igénylő feladatok az egyszerűtől az egészen összetettig változnak. A fonológiai kódolást igénylő feladatok közül diszlexiás felnőtteknek a legnagyobb nehézséget az okozta, ha azt kellett megítélniük, hogy az olvasott értelmetlen szavak rímelnék-e. Adataik szerint (SHAYWITZ és munkatársai, 1999, 2001) ezekben a feladatokban a leginkább tetten érhető a bal temporo-parieto-occipitális területhez köthető feldolgozás egyes komponensei között normálisan fennálló kapcsolat megszakadása. A fentebb említett aktivitáseltérést értelmezve feloldhatónak tűnik az idegtudományi adatok látszólagos ellentmondása, miszerint egyes vizsgálatok szerint a diszlexiásokat a vizuális feldolgozó rendszer deficitje, mások szerint viszont a nyelvi feldolgozó rendszer zavara jellemzi. Feltehető, hogy a kapcsolatszakadás pontosan azon a területen történik, amely magában foglalja az agykéregnek a hagyományos vizuális és a hagyományos nyelvi feldolgozó területeit, valamint az asszociációs kéregterület egy részét. Ez, a gyrus angulárist is magában foglaló terület viszont jelenlegi tudásunk szerint a modalitásközi integrációért felelős. A terület meghatározó működése nem csupán az olvasás fejlődési zavaraihoz nyilvánvaló, hanem az is bizonyítható, hogy léziói az olvasás szerzett zavaraihoz (alexia) vezetnek (BLACK, BEHRMANN, 1994).

A vizuális feldolgozási deficit kutatása – hasonlóan a hallási feldolgozásban feltételezett zavarokhoz – a fentieknél elemibb feldolgozási folyamatokban, például a téri és idői frekvencia deficitjében keresi a zavarok egyik meghatározó faktorát. A magnocelluláris elmélet (összefoglalóként lásd STEIN, 2001) abból indul ki, hogy a magnocelluláris (M) pálya szerepe alapvetően meghatározó az írott szavak specifikus elemeinek, téri és idői frekvenciának a feldolgozásában. Ez a feldolgozási előny a parvocelluláris (P) pályához képest különösen kifejezett alacsony megvilágítás (átlag luminancia) és alacsony kontraszt esetében. EDEN és munkatársai (1996) fMRI vizsgálataikban felnőtt diszlexiásoknak alacsony (M feltétel) és magas kontrasztú (P feltétel) mozgó pontokat mutattak. A diszlexiásoknál nem találtak a kontrollhoz viszonyítva eltérést a V1 és V2 területeken, a mozgásérzékeny vizuális kéregterületen (MT) viszont igen. Az fMRI-vel mért aktivitás mértéke és az olvasási sebesség erős korrelációt mutatott, ez pedig azt sugallja, hogy diszlexiásoknál erős kapcsolat van az M pálya integritása és az olvasási képesség között. A vizuális rendszer elemi feldolgozási szintjeire jellemző deficitek elemzésével itt részleteiben nem foglalkoznánk, ezeket GERVAIN (2002) tanulmánya részletesen bemutatja.

Az EKP adatok ellentmondásainak feloldásában jelentős szerepe lehet azoknak az új idegtudományi adatoknak, amelyek a képalkotó módszerek előnyeit más eddig használatos technikák előnyeivel ötvözik, azaz nem invazívak. Feltételezhető

ugyanis, hogy a szakirodalmi adatok ütközése sokszor abból következik, hogy változatos kompenzációs stratégiákat alkalmazó felnőttek adatait hasonlítjuk össze diszlexiás gyerekek adataival. Megnyugtató választ azonban a fejlődési zavar valódi természetére vonatkozóan elsősorban gyerekek vizsgálatával kaphatunk. A gyermekvizsgálatok etikai feltételeinek hosszú ideig csak az EKP módszerek tettek eleget, ma már azonban ezeknek a követelményeknek a MEG és az új generációs fMRI is meg tud felelni.

ÖSSZEFOGLALÁS: AZ OLVASÁS IDEGTUDOMÁNYI MODELLJE

Annak ellenére, hogy a különböző módszerekkel kapott eredmények ellentmondásosnak, sőt, időnként átláthatatlannak tűnnek, kirajzolódni látszódnak egy olyan modellnek az elemei, amely a diszlexiát a kognitív architektúra fejlődése és az olvasásban részt vevő agyi hálózat működési sajátosságai felől közelíti meg. Egy ilyen modell sok faktort feltételez, így alkalmas lehet a diszlexiások sokféleségének magyarázatára. A faktorok között lehet súlyozni, de értelmüket veszítik a vagy-vagy kérdések.

Az olvasási folyamat szélsőségesen leegyszerűsítve nem más, mint kódolás-dekódolás, azaz a vizuális ingerek (absztrakt megfelelőik a grafémák) átalakítása beszédhangokká (absztrakt megfelelőik a fonémák), majd ezt követően a jelentéshez való hozzáférés. Ebben a folyamatban kitüntetett szerepe van a poszterior kérgi területek egy részének, ezt már DEJERINE is feltételezte, mégpedig 1891-ben. Mi hát az új abban, amit az idegtudományi adatok bizonyítanak? Az új az, hogy egyre részletesebben ismerjük a megismerési folyamatokat, a feldolgozásban részt vevő kérgi területeket és azok kapcsolatait, továbbá ezek kronometriai jellemzőit. Feltételezhető tehát, hogy a temporo-parieto-okcipitális régió dorzális struktúrái az ortográfia és fonológia megféleltetéséért, a ventrális régiók viszont a szóalak analíziséért felelősek. Ez az a terület, amely a gyorsan bemutatott szavak estében kitüntetett aktivitást mutat (PRICE, MOORE, FRANCKOWIAK, 1996). A feldolgozási szakaszok idői eltéréseinek magnetoencefalográfiai bizonyítékát szolgáltatották Salmelin és munkatársainak adatai (SALMELIN és munkatársai, 1996; TARKIAINEN és munkatársai, 1999). Mágneses kiváltott válasz eredményeik szerint a szavak és álszavak feldolgozása a nem nyelvi ingerek feldolgozásától meglehetősen korán, már 150 és 180 ms között eltérést mutat az okcipito-temporális területen, a temporo-parietális terület azonban a feldolgozásba csak később, 250 ms között kapcsolódik be. A fentebb bemutatott adatok arra is utalnak, hogy az olvasás során az inferior frontális tekervény (Broca és környéke) szintén aktív. Milyen modell következik tehát mindebből? Nyilvánvalónak látszik, hogy a jól olvasóknál egy megfelelően fejlett elemekből álló, integráltan működő rendszer látja el a feladatokat. Mindez diszlexiásoknál nem lehetséges egyrészt azért, mert a részfunkciók fejlődése kiegyenlíthetetlen, illetve azért, mert az olvasásban vezető szerepet betöltő poszterior rendszeren belüli kapcsolatok megszakadtak. E kapcsolatszakadás eredménye pedig egy olyan feladatátvitel lehet, amely az anterior területek funkcióira épül.

Az anterior területek szerepe az artikulációban egyértelműen bizonyított, tehát feltehető, hogy a diszlexiásokot a motoros kód segíti a fonológiához való hozzáférésben. A diszlexiások dekódolási nehézségei megnyilvánulnak az alacsony olvasási sebességben is. Ennek háttérében elképzelhető a gyors hozzáférést lehetővé tevő poszterior rendszer bármelyik részének alulműködése, illetve az alrendszerek kapcsolatának megszakadása. Az hogy ez a működési modell megfelel-e a realitásnak, számos módszerrel tovább tesztelhető, a funkcionális hálózat megismerése azonban nem csupán a kutatás jelenlegi dilemmáinak megoldásában segíthet, hanem komoly gyakorlati haszonnal járhat. A rendszer ismeretében olyan intervenciók eljárásokat lehet majd kifejleszteni, amelyek az agyi plaszticitás lehetőségeit kihasználva serkentik a hálózat elemeinek és együttműködésének fejlődését. Ilyen próbálkozások már ma is vannak.

IRODALOM

- AALTONEN, O., EEROLA, O., HELLSTROEM, A., UUSIPAUKKA, E. et al. (1997) Perceptual magnet effect in the light of behavioral and psychophysiological data. *Journal of the Acoustical Society of America*, 101, 2, 1090–1105.
- AALTONEN, O., TUOMAINEN, J., LAINE, M., NIEMI, P. (1993) Cortical differences in tonal versus vowel processing as revealed by an ERP component called mismatch negativity (MMN). *Brain and Language*, 2, 139–152.
- ACKERMAN, P. T., DYKMAN, R. A., OGLESBY, D. M. (1994) Visual event-related potentials of dyslexic children to rhyming and non-rhyming stimuli. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16, 138–154.
- BLACK, S. E., BEHRMANN, M. (1994) Localization in alexia. In Kertész, A. (ed.) *Localization and neuroimaging in neuropsychology*. 331–376. Academic Press, New York
- BRADLEY, L., BRYANT, P. (1983) Categorizing sounds and learning to read: A causal connection. *Nature*, 301, 419–421.
- BRADLOW, A. R., KRAUS, N., NICOL, T. D., MCGEE, T. J., CUNNINGHAM, J., ZECKER, S. G. (1999) Effects of lengthened formant transition duration on discrimination and neural representation of synthetic CV syllables by normal and learning disabled children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106, 2086–2096.
- BRYANT, P., MACLEAN, M., BRADLEY, L., CROSSLAND, J. (1990) Rhyme, alliteration, phoneme detection and learning to read. *Developmental Psychology*, 26, 429–438.
- CASTLES, A., DATTA, H., GAYAN, J., OLSON, R. K. (1999) Varieties of developmental reading disorder: genetic and environmental influences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 72, 73–94.
- CHEOUR, M., ALHO, K., CEPONIENE, R., REINIKAINEN, K., SAINIO, K., POHJAVUORI, M., AALTONEN, O., NÄTÄNEN, R. (1998) Maturation of mismatch negativity in infants. *International Journal of Psychophysiology*, 29, 2, 217–226.
- CSÉPE, V., OSMAN-SÁGI, J., MOLNÁR, M. (1998) Similarities and differences of deficient phoneme processing in aphasia and dyslexia. In Stalberg, E. V., De Weerd, A. W., Zidar, J. (eds) *Clinical Neurophysiology*. 549–555. Monduzzi Editore, Bologna

- CSÉPE V., SZŰCS D., OSMANNÉ SÁGI J. (2000) A fejlődési diszlexiára (FDL) jellemző beszédhang-feldolgozási zavarok eltérési negativitás (EN) korrelátumai. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 4, 475–500.
- DEJERINE, S. (1891) Sur un cas de cécité verbale avec agraphie, suivi d'autopsie. *C. R. Sociologie et Biologie*, 43, 197–201.
- EDEN, G. F., VANMETER, W., RUMSEY, J. M., ZEFFIRO, T. A. (1996) The visual deficit theory of developmental dyslexia. *Neuroimage*, 4, 3, 108–117.
- FAGERHEIM, T., RAEYMAEKERS, P., TONNESSEN, F. E., PEDERSEN, M., TRANEBJAERG, L., LUBS, H. A. (1999) A new gene (DYX3) for dyslexia is located on chromosome 2. *Journal of Medical Genetics*, 36, 6649.
- FLOWERS, D. L., WOOD, F. B., NAYLOR, C. E. (1991) Regional cerebral blood flow correlates of language processes in reading disability. *Archives of Neurology*, 48, 637–643.
- GALABURDA, A. M., KEMPER, T. L. (1979) Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia: a case study. *Annals of Neurology*, 6, 94100.
- GALABURDA, A. M., SHERMAN, G. F., ROSEN, G. D., ABOITIZ, F. M., GESCHWIND, N. (1985) Developmental dyslexia: Four consecutive cases with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, 18, 222–233.
- GERVAIN J. (2002) Az olvasás öröme? *Magyar Pszichológiai Szemle*, 3, 435–464.
- GOSWAMI, U. (1991) Learning about spelling sequences: The role onsets and rimes in analogies in reading. *Child Development*, 62, 1110–1123.
- GROSS-GLENN, K., DUARA, R., BARKER, W. W., LOEWENSTEIN, D., CHANG, J. Y., YOSHII, F. et al. (1991) positron emission tomographic studies during serial word-reading by normal and dyslexic adults, *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13, 531–544.
- HINSHELWOOD, J. (1895) Word-blindness and visual memorie. *Lancet*, 2, 1566–1570.
- HUMPHREYS, P., KAUFMAN, W. E., GALABURDA, A. M. (1990) Developmental dyslexia in women: neuropathological findings in three patients. *Annals of Neurology*, 28, 727–738.
- IVERSON, P., KUHL, P. (1995) Mapping the perceptual magnet effect for speech using signal detection theory and multidimensional scaling. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 1, 553–562.
- IVERSON, P., KUHL, P. (2000) Perceptual magnet and phoneme boundary effects in speech perception: Do they arise from a common mechanism? *Perception and Psychophysics*, 62, 4, 874–886.
- JOHANNES, S., MANGUN, G. R., KUSSMAUL, C. N., MUNTE, T. F. (1995) Brain potentials in developmental dyslexia: Differential effects of word frequency in human subjects. *Neuroscience Letters*, 195, 183–186.
- KUJALA, T., MYLLYVIITA, K., TERVANIEMI, M., ALHO, K. M., KALLIO, J., NÄÄTÄNEN, R. (2000) Basic auditory dysfunction in dyslexia as demonstrated by brain activity measurements. *Psychophysiology*, 37, 262–266.
- KRAUS, N., MCGEE T., CARRELL, T., SHARMA, A., MICCO, A., NICOL, T. (1993) Speech-evoked cortical potentials in children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 4, 4, 238–248.
- KRAUS, N., MCGEE, T. J., CARRELL, T. D., ZECKER, S. G., NICOL, T. G., KOCH, D. B. (1996) Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in children with learning problems. *Science*, 273, 971–973.

- KUHL, P. K., TSAO, F. M., LIU, H. M., ZHANG, Y., DE BOER, B. (2001) Language/culture/mind/brain. Progress at the margins between disciplines. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 935, 136–174.
- KUSSMAUL, D. (1877) Disturbances of speech. *Zeimssen's Cyclopaedia*, 14.
- LANDERL, K., WIMMER, H., FRITH, U. (1997) The impact of orthographic consistency on dyslexia: A German-English comparison. *Cognition*, 63, 315–334.
- LEPPÄNEN, P. H. T., LYYTINEN, H. (1997) Auditory event-related potentials in the study of developmental language-related disorders. In Csépe, V., Näätänen, R. (eds) *Evoked and event-related potentials in hearing research and clinical application*. 341–354. Karger, Basel
- LIBERMAN, I. Y., SHANKWEILER, P., LIBERMAN, A. M. (1989) The alphabetic principle and learning to read. In Shankweiler, D. P., Liberman, I. Y. (eds) *Phonology and reading disability*. 201–212. University of Michigan Press, Michigan
- LIVELY, S. E., PISONI, D. B. (1997) On prototypes and phonetic categories: A critical assessment of the perceptual magnet effect in speech perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 6, 1665–1679.
- MCANALLY, K. I., STEIN, J. F. (1997) Scalp potentials evoked by amplitude-modulated tones in dyslexia. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 40, 4, 939–945.
- MEIXNER I. (1993) A diszlexia prevenció, reedukáció módszer. Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Tanárképző Főiskola, Budapest
- MORGAN, W. P. (1896) A case of congenital word-blindness. *British Medical Journal*, 2, 1378.
- NÄÄTÄNEN, R. (1992) Attention and brain function. Lawrence Erlbaum, Hillsdale
- NEVILLE, H. J., COFFEY, S. A., HOLCOMB, P. J., TALLAL, P. (1993) The neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 235–253.
- ORTON, S. T. (1928) Specific reading disability strephosymbolia. *Journal of the American Medical Association*, 90, 1095–1099.
- ORTON, S. T. (1937) Reading, writing and speech problems in children. Norton, New York
- PAULESU, E., MCCRORY, E., FAZIO, F., MENONCELLO, L., BRUNSWICK, N., CAPPÀ, S. F., COTELLI, M., COSSU, G., CORTE, F., LORUSSO, M., PESENTI, S., GALLAGHER, A., PERANI, D., PRICE, C., FRITH, C. D., FRITH, U. (2000) A cultural effect on brain function. *Nature Neuroscience*, 3, 1, 91–96.
- PENNINGTON, B. F. (1999) Toward an integrated understanding of dyslexia: genetic neurobiological, and cognitive mechanisms. *Developmental Psychopathology*, 11, 629–654.
- PRICE, C., MOORE, C., FRACKOWIAK, R. S. J. (1996) The effect of varying stimulus rate and duration on brain activity during reading. *Neuroimage*, 3, 1, 40–52.
- PUGH, K. R., MENCL, W. E., JENNER, A. R., KATZ, L., FROST, S. J., LEE, J. R., SHAYWITZ, S. E., SHAYWITZ, B. A. (2001) Neurobiological studies of reading and reading disability. *Journal of Communication Disorders*, 34, 6, 479–492.
- PUGH, K. R., SHAYWITZ, B. A., SHAYWITZ, S. E., CONSTABLE, R., SKUDLARSKI, P., FULBRIGHT, R. K., BRONEN, R. A., SHANKWEILER, D. P., KATZ, L., FLETCHER, J. M., GORE, J. C. (1996) Cerebral organization of component processes in reading. *Brain*, 119, 1221–1238.
- RANSCHBURG, P. (1916) Die Leseschwäche und Rechenschwäche der Schulkinder im Lichte des Experiments. Julius Springer, Berlin
- RANSCHBURG P. (1939) Az emberi tévedések törvényszerűségei. Novák Rudolf és Társa, Budapest

- SALMELIN, R., SERVICE, E., KIESILA, P., UUTELA, K., SALONEN, O. (1996) Impaired visual word processing in dyslexia revealed with magnetoencephalography. *Annals of Neurology*, 40, 157–162.
- SCHULTE-KÖRNE, G., DEIKMEL, W., BARTLING, J., REMSCHMIDT, H. (1998) Auditory processing and dyslexia: evidence for a specific speech processing deficit. *Neuroreport*, 2, 337–340.
- SERNICLAES, W., SPRENGER-CHAROLLE, L., CARRE, R., DEMONET, J. F. (2001) Perceptual discrimination of speech sound in developmental dyslexia. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 44, 384–399.
- SHANKWEILER, D., LIBERMAN, I. Y., MARK, L. S., FOWLER, C. A., FUSCHER, F. W. (1979) The speech code and learning to read. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 531–545.
- SHARMA, A., DORMAN, M. F. (1998) Exploration of the perceptual magnet effect using the mismatch negativity auditory evoked potential. *Journal of the Acoustic Society of America*, 104 (1), 511–517.
- SHAYWITZ, B-A., SHAYWITZ, S. E., PUGH, K. R., FULBRIGHT, R. K., MANCL, W. E., CONSTABLE, R. T., SKUDLARSKI, P., FLETCHER, J. M., LYON, G. R., GORE, J. C. (2001) The neurobiology of dyslexia. *Clinical Neuroscience Research*, 1, 291–299.
- SHAYWITZ, S. E., FLETCHER, J. M., HOLAHAN, J. M., SHNEIDER, A. E., MARCHIONE, K. E., STUEBING, K. K., FRANCIS, D. J., PUGH, K. R., SHAYWITZ, B. A. (1999) Persistence of dyslexia: the Connecticut Longitudinal Study at adolescence. *Pediatrics*, 104, 6, 1351–1359.
- SKOYLES, J. R. (1998) Speech phones are a replication code. *Medical Hypotheses*, 50, 2, 167–173.
- SNOWLING, M. (1980) Development of grapheme-phoneme correspondence in normal and dyslexic readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 294–305.
- STEIN, J. (2001) The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, 7, 12–36.
- STELMACK, R. M., SAXE, M. B. J., NOLDY-CULLUM, N., CAMPBELL, K. B., ARMITAGE, R. (1988) Recognition memory for words and event-related potentials: a comparison of normal and disabled readers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 10, 185–200.
- STUDDERT-KENNEDY, M., MODY, M. (1995) Auditory temporal perception deficits in the reading-impaired: A critical review of the evidence. *Psychonomic Bulletin Review*, 2, 508–514.
- TALCOTT, J. B., WITTON, C., MCCLEAN, M., HANSEN, P. C., REES, A., GREEN, G. G. R., STEIN, J. F. (2000) Visual and auditory transient sensitivity determines word decoding skills. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 2952–2958.
- TALLAL, P., MERZENICH, M., MILLER, S., JENKINS, W. (1998) Language learning impairment: integrating research and remediation. *Scandinavian Journal of Psychology*, 39, 3, 197–199.
- TALLAL, P., MILLER, S., BEDI, G., BYMA, G., WANG, X., NAGARAJAN, S., SCHREINER, C., JENKINS, W., MERZENICH, M. (1996) Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science*, 271, 81–84.
- TALLAL, P., MILLER, S., FITCH, R. H. (1993) Neurobiological basis of speech: a case for the pre-eminence of temporal processing. In Tallal, P., Galaburda, A. M., Llinás, R. R., von Euler, C. (eds) Temporal information processing in the nervous system. Special

- reference to dyslexia and dysphasia, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682, The New York Academy of Sciences, New York, New York, 27–47.
- TANIMURA, R., SONODA, H., OGAWA, T. (1996) Developmental characteristics of topographic EEG in school-age children using an autoregressive model. *Brain Topography*, 8, 3, 261–263.
- TARKIAINEN, A., HELENIUS, P., HANSEN, P., CORNELISSEN, P., SALMELIN, R. (1999) Dynamics of letter string perception in the human occipitotemporal cortex. *Brain*, 122, 2119–2132.
- TÁRNOK ZS., GULYÁS B. (2002) A diszlexia jelensége és lehetséges magyarázatai. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 3, 485–497.
- TAYLOR, M. T., KEENAN, N. K. (1990) Event-related potentials to visual and language stimuli in normal and dyslexic children. *Psychophysiology*, 27, 318–327.
- TEMPLE, E., POLDRACK, R. A., PROTOPAPAS, A., NAGARAJAN, S., SALZ, T., TALLAL, P., MERZENICH, M. (2000) Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: Evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 25, 13 907–13 912.

DILEMMAS OF THE DYSLEXIA RESEARCH

CSÉPE, VALÉRIA

For psychologists, trying to understand the nature of reading disabilities, one of the most exciting questions is to answer what types of deviances of the cognitive system may contribute to serious reading difficulties in spite of normal or even exceptionally high intelligence.

This review is focused on questions representing the biggest dilemmas and challenges of dyslexia research in neuropsychology and neuroscience. Newest data of the cognitive neuroscience are discussed in detail focusing on deficits in the acoustic and visual processing system, as well as on disconnections of the reading-related subsystems. These investigations reviewed search for deficits and compensation-dependent additional activity. The typical approach used in these studies is to take account of the developing cognitive architecture as well as of the functional characteristics of the neural network.

Key words: *developmental dyslexia; brain activity; cognitive functions; brain model of dyslexia*