

# A NYELV AGYI REPREZENTÁCIÓJÁNAK FEJLŐDÉSI VÁLTOZÁSAI ÉS ZAVARAI<sup>1</sup>

Csépe Valéria

az MTA doktora, egyetemi tanár, MTA Pszichológiai Kutatóintézet  
csepe@cogpsyphy.hu

A kognitív fejlődés pszichológiai modelljei, még a legnagyobb hatásúak is, évtizedekig egyfajta statikus szemlélet fogságában éltek, leírták és elemezték, hogy miként is változnak, alakulnak a megismerési funkciók a különböző életkorokban. Az egyre jobban terjedő fejlődési görbék alkalmazása sem változtatott a lényegben, a kognitív teljesítmény életkor szerinti sorba rendezése ugyanis nem alkalmas a változás mélyebb mechanizmusainak feltárására. Az utóbbi évek jelentős változása a fejlődés dinamikus folyamatainak, a változások létrejöttéért felelős mechanizmusoknak feltárására irányuló empirikus kutatások és az ezekre épülő elméletek megjelenése.

A megismerési funkciók fejlődési változásainak dinamikus modelljét úgy alakíthatjuk ki, ha számos tudományterület empirikus bizonyítékaira alapozunk. Az integrálandó ismeretek a tipikus és atipikus fejlődést meghatározó mechanizmusokra vonatkozóan a modern képalkotó, valamint elektrofiziológiai módszereket alkalmazó idegtudományi,

a kognitív pszichológiai és neuropszichológiai, továbbá a neuronális hálózatok kutatási területeiről származnak. E területek eltérő hangsúllyal foglalkoznak a fejlődés két meghatározó mechanizmusával, a fejlődési tanulással és a reprezentációs változásokkal. Témánk, a nyelvi fejlődés és nyelvfelődési zavarok szempontjából mindkét változási mechanizmus lényeges, jelen tanulmányban azonban főként a reprezentáció változásának lehetséges mechanizmusait foglalkozunk. Mivel a különböző tudományterületeken a reprezentáció értelmezésének számos ellentmondásával találkozhatunk, jelezzük, hogy jelen tanulmányban a reprezentáció fogalmát a kognitív idegtudományban általánosan használt értelemben használjuk. Eszerint a reprezentáció az agy olyan aktivitási mintázata, amely megfelel a külső környezet különböző aspektusainak.

A nyelvi fejlődés során bekövetkező reprezentációs változások modelljeit jelentősen befolyásolták a nyelvészet olyan nagyhatású elméletei, mint Noam Chomsky *Minimalista Program*-ja, vagy Steven Pinker elképzelései a nyelvi ösztönre vonatkozóan. A két elméletrendszer azonban eltérő hangsúlyok mentén alakult át az elmúlt években, amelyek főbb dokumentuma két publikáció, Marc D. Hauser, Noam Chomsky és W. Tecumseh Fitch (2002) *Science*-cikke és Steven Pinker Ray Jackendoffal együtt (2005) erre a közleményre reflektáló vitacikke a *Cognition* című folyóiratban. Témánk, a nyelvfelődés

<sup>1</sup> Ez a tanulmány a 2004. november 11-én, a Magyar Tudomány Napja alkalmából az MTA Filozófiai és Történettudományi Osztályának rendezésében megtartott, *A mai pszichológia emberképe* című tudományos rendezvényen elhangzott előadás alapján készült. A bemutatott kutatási eredmények támogatott kutatások (OTKA T 33008, T 047381, NWO és OTKA N37282) keretében születtek. Köszönet illeti kutatótársaimat, Szűcs Dénest, Honbolygó Ferencet és Ragó Anettet a közös kutatásokban végzett munkájukért, a témák kibontakozásához hozzájáruló kreatív részvételükért.

alapmechanizmusainak funkcionális specializációja szempontjából különösen érdekes a két iskola eltérő nézőpontja a beszédészlelés és szókincs-reprezentációs változásaira vonatkozóan. Hauser, Chomsky és Fitch (2002) változatlanul ragaszkodnak ahhoz az elképzeléshez, hogy a beszédészlelésben nem érvényesülnek humánspecifikus mechanizmusok, míg Pinker és Jackendoff azt feltételezik, hogy a nyelvfejlődés során a behuzalozott, veleszületett (innát) mechanizmusok előfeltételt jelentenek a funkcionális specializációhoz. Ezek viszont formális instrukció nélkül működnek, mint ahogy a nyelvvelajátítás más mechanizmusai is. Saját viselkedéses és elektrofiziológiai adataink bemutatásával azt igyekszünk szemléltetni, hogy a tipikus és atipikus fejlődés során a reprezentáció változásaiban a genetikailag programozott agyfejlődési változások környezetelváró mechanizmusok, azaz az innát mechanizmusok implicit, időnként kvázi-implicit módon érvényesülnek.

#### *Nyelve specifikus-e a beszédészlelés?*

Chomsky és Pinker egyetértenek egy nagyon fontos dologban, nevezetesen abban, hogy a nyelvi rendszer előre definiált, azaz erre a feladatra genetikailag kialakított rendszer. Eltérés többek között abban van köztük, hogy Chomsky szerint a beszédpercepciónak nincsenek nyelvspecifikus elemei, Pinker viszont éppen emellett érvel. Egészen más a kognitív fejlődés elméletalkotóinak feltételezése (például Elizabeth A. Bates és Annette Kamiloff-Smith), amely szerint a specializálódott rendszerek általános célú rendszerekből fejlődnek ki, mégpedig a környezeti hatásoknak, tapasztalatnak köszönhetően. Eszerint nem innát modulok vannak, hanem modularizáció folyik. Michael S. C. Thomas és Anett Kamiloff-Smith (2003) szerint nincsenek valamilyen specializált képességhez kötődő mechanizmusok, következésképpen nem létezhetnek a specializált rendszer

elsődleges károsodásai sem. Ez egyben azt is jelenti, hogy a sokszor keresett, úgynevezett maradványnormalitás nem létezik a fejlődési károsodásokban. Ez az elsősorban elméleti vita olyan alapkérdéseket ütköztet, amelyek a fejlődés és az agy szerkezet-funkció kérdéseiben is meghatározóak.

A funkcionális-anatómiai keret, amelyben megpróbáljuk a beszédészlelés tipikus és atipikus fejlődését értelmezni, két lényeges rendszert feltételez; az egyik a beszédpercepció és a konceptuális rendszer, a másik a beszéd és a motoros-artikulációs rendszer együttese. A nyelvi feldolgozáshoz, hasonlóan a vizuális feldolgozáshoz, két eltérő feldolgozó kört feltételezünk, a vonatkozó idegtudományi adatok ezt meg is erősítik. A beszéd szenzoros reprezentációja a hallási feldolgozás kéregterületein megfelelő projekciókkal kapcsolódik a temporális lebeny jelentésfeldolgozó területeihez (ventrális lánc), illetve a motoros reprezentáció temporoparietális területeihez (dorzális lánc). Egy új modell szerint (Hickok – Poeppel, 2004) a hang-jelentés, illetve a hang-artikuláció megfeleltetés a fejlődés során számos átalakuláson megy keresztül. Mivel a dorzális lánc normál körülmények között nem része a beszédészlelő rendszernek, továbbiakban a ventrális lánc azon differenciálódási mechanizmusait tárgyaljuk, amelyek a beszédfeldolgozás tipikus és atipikus fejlődésében szerepet játszhatnak.

#### *Általános mechanizmusok a beszédhangok észlelésében*

A beszédpercepció agyi aktivitás jellemzőivel kapcsolatban az egyik vitás kérdés, hogy melyek azok a mechanizmusok, amelyek nyelvspecifikusak, és melyek azok, amelyek általános, mindenfajta hanginger feldolgozására jellemző, az evolúció alacsonyabb szintjein is megjelenő sajátosságok. Hauser, Chomsky és Fitch (2002) elutasítja Alvin M. Liberman SiS (Speech Is Special) elméletét

(Lieberman, 1985), amely a beszédhangok kategoriális észlelését humánspecifikusnak tekinti. Valóban a SiS ellen szól, hogy néhány állatfajnál kimutatható a formáns frekvenciák megkülönböztetésének képessége, az eltérő nyelvek ritmusának diszkriminációja. Mindez nem azt jelenti, hogy kész beszéd-észlelő rendszerrel születik az ember, hanem azt, hogy a beszédpercepcióhoz szükséges feldolgozási mechanizmusok előkészítettek, az emberi beszéd evolúciója olyan rendszerre támaszkodott, amely a hallási környezet összetett elemzését tette lehetővé. Az újszülöttek hallási rendszerében tehát feltételezhetünk egy olyan rendkívül fejlett, ám az adott nyelvre még nem elég finoman differenciálódott rendszert, amely a nyelv sajátosságai szerint formálódik. A folyamatos, információban gazdag beszéd elsajátítása során olyan absztrakt, az akusztikus eltéréseket gyakran felülíró feldolgozásnak kell kialakulnia, amely az értelmes egységek kiemelését szolgálva egyre több vonásában tér el a másfajta hallási események feldolgozásától. Pinker és Jackendoff (2005) szerint ez a differenciálódás, nyelvspecifikus hangolás, illetve a beszéd absztrakt jellemzőinek kiemelése implicit mechanizmusok révén és a környezet szupervíziója nélkül alakul ki.

Idegudományi és neuropszichológiai adatok arra utalnak, hogy a beszédpercepció és a hallási események feldolgozása számos jellemzőben eltér, és ez részben elkülönülő agyi területek működéséhez kapcsolódik. A beszéd- és nem-beszédhangok feldolgozása például az afáziások egyes csoportjainál sok jellemzőjében kettős disszociációt mutat (Csépe et al., 2001). A fejlődési zavarokat azonban ritkán jellemzik a tiszta disszociációk, a kettősek pedig még ritkábbak.

A nyelvfeldolgozórendszer fejlődése során az akusztikus bemenet és motoros produkció, illetve a fogalmi reprezentáció megfeleltetése több átalakulással jár. Ez a megfeleltetés azt is jelenti, hogy az akusztikai eltérések feldol-

gozásában változások következnek be, és ezeknek a meghatározó nyelvi és nem-nyelvi információkkal kialakult megfeleltetési kapcsolatai eltérőek. A beszédpercepció és a hallási ingerek feldolgozásának nem csupán alapfolyamatai azonosak, hanem a kétféle hallási információ agyi feldolgozásának korai szakaszai és az ebben részt vevő agyi területek is. Ez a feldolgozás tehát nem kizárólagosan a beszédpercepciót jellemzi, ezért gyakran meg is feledkezünk arról, hogy ezek a „főként hallási” területek a beszédpercepcióban is fontos szerepet töltenek be. Természetesen meghatározó lehet, hogy a hallási analízis mely sajátosságai felelősek elsősorban a megfelelő beszédhang-reprezentáció kialakulásáért. Elhamarkodott lenne tehát a hallási feldolgozó rendszer agyi területeit aszerint kategorizálnunk, hogy melyek az általános és melyek a nyelvspecifikus feldolgozó területek. Bár egyre több adatunk van a beszédhangok agyi feldolgozására vonatkozóan, nem teljesen világos, hogy egyes nyelvi kategóriák (fonetikai, fonotaktikai, fonológiai stb.) milyen eltéréseknek felelnek meg az agyi reprezentációban, feldolgozásban.

A beszédpercepció és a nyelvi feldolgozás más szintjeinek kapcsolatában, illetve a beszédpercepció és a konceptuális reprezentáció kapcsolatrendszerének kialakulása szempontjából is meghatározó lehet, hogy az anyanyelv beszédhangjainak differenciálódó kérgi reprezentációját miként befolyásolja az általános hallási feldolgozás, illetve a kérgi feldolgozó területek fejlődése.

#### *Érési változások a beszédhangok feldolgozásában*

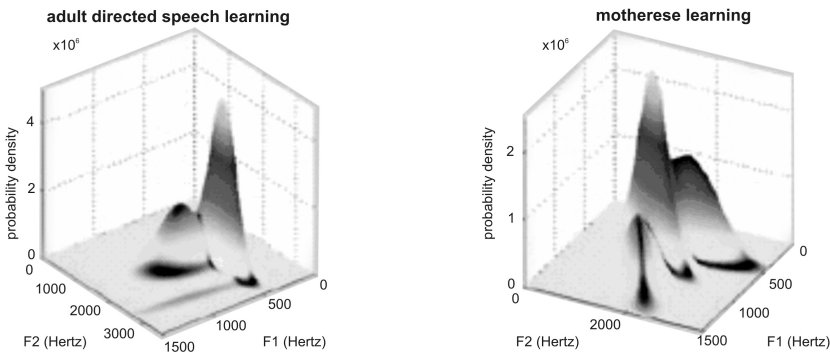
Pinker és Jackendoff (2005) aktuális felfogása szerint a beszédészlelésben a feldolgozási és elsajátítási alapmechanizmusok velünk születettek, az adott nyelvre kialakuló speciális érzékenység viszont a környezet formáló hatásának következménye. A beszéd-

percepció komplex feldolgozási folyamatai közül számos az érettség megfelelő szintjével rendelkezik a születéskor. Ez a feldolgozás azonban minden bizonnyal sok vonásában eltér a felnőttekre jellemzőtől, többek között amiatt, hogy a hallási feldolgozó rendszer fejlettsége korlátozott. Ez meghatározza a feldolgozási tartományt és preferenciát is. Fiatal csecsemők, sőt az újszülöttek is, az azonos spektrális és idő tulajdonságú beszéd- és nem-beszédhangok közül az előbbieket részesítik előnyben. Ez olyan hangokra is vonatkozik, amelyek az intrauterin körülmények között megkülönböztethetetlenek lennének (Vouloumanos – Werker, 2004).

Az újszülöttek beszédérzékenysége számos vizsgálat szerint ugyanolyan agyi területekhez kötött, mint a felnőtteknél. Marcela Peña és munkatársainak (2003) optikai tomográfiával nyert adatai szerint az újszülöttek agyának bal temporális területei nagyobb aktivitást mutatnak a normál beszédhangokra, mint a fordított, tehát spektrálisan azonos beszédre. Heikki Lyytinen és munkatársai (2005) vizsgálatai szerint a mássalhangzók spektrális és idői eltéréseire a tipikusan fejlődő csecsemők érzékenyek, ez azonban diszlexiaveszélyeztetett társaikra nem jellemző. Az elmúlt években számos

csecsemővizsgálat igazolta, hogy a tapasztalatok hatására átalakul a beszédpercepció, a beszédhang kategóriák differenciálódása már néhány hónapos korban kimutatható (összefoglalóként lásd Lyytinen et al., 2005). Ennek az átalakulási folyamatnak a beszélő környezet nem passzív hátttere, bár a szó szoros értelmében vett formális instrukciók valóban nem kísérik a nyelvelsajátítást.

A hallási feldolgozás alapmechanizmusai adottak a születéskor, az eseményhez kötött agyi potenciálok (EKP) és a modern képalkotó eljárások módszerével azonban jól követhető, hogy a hallási és így a beszédfeldolgozó rendszerben a kiskamasz korig elhúzódó fejlődés figyelhető meg. A csecsemőre irányuló felnőtt beszéd számos olyan akusztikus jellemzővel bír, amely kedvező határok közé szorítja be a hallási feldolgozást. A legtöbb kultúrában használjuk azt a jellegzetes beszédmódot, amelyet dajkanyelvnek nevezünk. A dajkanyelv egyik kiemelkedő jellegzetessége a beszédhang alapfrekvenciájának megemelése, amely a spektrum átalakulásához vezet. Egy ilyen spektrális eltérést szemléltet az 1. ábra, amelyen jól látható a beszédhang összetevőinek (formánsok) átalakulása, frekvencia szerinti eltolódása, illetve amplitúdójának változása



1. ábra • A felnőttre irányuló beszédben és a dajkanyelvben használt beszédhangok első két formánsának valószínűség-sűrűség térképei (deBoer – Kuhl, 2003 nyomán). A: felnőttre irányuló beszéd, B: dajkanyelv

a csecsemőre irányuló beszédben. Mindez más jellemzőkkel (nyújtás, kiemelés, lassítás, ismétlés) együtt minden bizonnyal segíti a beszéd kiemelkedő jellemzőinek feldolgozását a még fejletlen, a felnőttéhez képest eltérően működő hallókéregben.

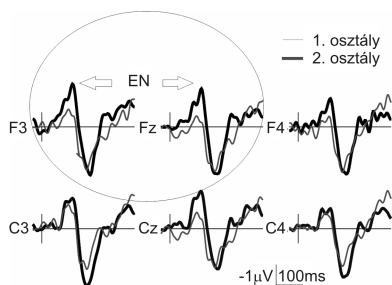
Az EKP-k egy jellegzetes komponensének, a finom akusztikus eltérésekre érzékeny eltérési negativitás (EN) összetevőnek mérésével az elmúlt évtized során a beszédpercepciónak az adott nyelvre történő hangolódását kísérő változásokat sikerült igazolni. A fonémakategóriák szerveződésében például viszonylag gyors és korai változások figyelhetők meg. Feltételezhető ugyanakkor, hogy a beszédhangok eltéréseinek feldolgozását kísérő EN változásai az agyi feldolgozó rendszer érését és a környezet hatására bekövetkező reprezentációs változásokat együtt, többnyire nehezen elkülöníthetően követik.

Az elmúlt években végzett EN-vizsgálataink során (összefoglalóként lásd Csépe, 2003) két igen lényeges különbséget sikerült kimutatnunk a beszédhangok és a tiszta hangok feldolgozásban bekövetkező érési és fejlődési változásokra vonatkozóan. Az egyik, hogy a nem-beszédhangok kis és nagy eltéréseivel kiváltott válaszok változása folyamatos, jól követi azokat a változásokat, amelyeket a temporális lebeny érési folyamatairól a legújabb fejlődés-idegtudományi

adatokból ismerünk (Paus, 2005). A beszédhangok eltéréseivel kiváltott EN változása azonban nem folyamatos. Az EN-jellemzők ugrásszerű változása figyelhető meg a 8. életév körül, azaz iskolai évek szerint a 2. osztály táján (ma a gyerekek többsége hatévesnél idősebb korban kezdi az iskolát). A változás az EN latenciájának jelentős rövidülésében (az eltérés detekciója korábbi) és az amplitúdó növekedésében (az eltérés szenzoros súlya nagyobb) nyilvánul meg. Ezt a változást mutatja be a 2. ábra.

Megfigyeltük, hogy a beszédhangok eltéréseivel kiváltott EN-t hét-nyolc éves kortól egyre inkább bal centrális maximum jellemzi. E változások egyik lehetséges faktora a beszédhangok hosszú távú reprezentációjának átalakulása. Willy Semiclaes és munkatársai (2001) feltételezése szerint például a fonéma-graféma műveletek elsajátításának köszönhetően az egyes fonémakategóriák jelentős átalakulása következik be, az allofón hangzók akusztikus tere szűkül, a kategórián belüli akusztikus érzékenységek csökkennek. Azt, hogy ez valóban így van, alátámasztják a hangoztató-elemző és a szóképes olvasással olvasni tanuló gyerekek EN-válaszait összehasonlító vizsgálataink eredményei (Csépe et al., 2002). Ezek szerint a graféma-fonéma megfeleltetés stabilizálódása a kritikus beszédhang-eltérések kedvezőbb feldolgozásához vezet, ez pedig a hangoztató-elemző olvasásnál kifejezett. Még fontosabb, hogy az éretlen beszédhang-diszkriminációt mutató gyerekeknél különösen jelentős a változás. Feltételezhető ennek alapján az is, hogy súlyos olvasási zavarnál (diszlexia) a dekódolási nehézségek egyik lehetséges oka a fonémakategóriák differenciálatlansága, az allofonikus tér túlzott kiterjedése. Erre utalnak egyébként a Semiclaes-csoport adatai (Semiclaes et al., 2001) is.

A beszédpercepciót szolgáló kérgi mechanizmusok érése, valamint a nyelvhasználó közösségben gyűjtött tapasztalat, amely a



2. ábra • Beszédhang-kontrasztal ([ba:] versus [ga:]) kiváltott EN ugrásszerű változása az 1. és 2. osztályban végzett mérések között.

formális oktatással új minőséget nyer, együttesen olyan átalakulást szolgálnak, amely egyre jobb, azaz akár szuboptimális körülmények között is jól működő beszédértést biztosít. A szuboptimálissal itt elsősorban nem a zavaró akusztikus környezetre utalunk, hanem arra, hogy egy adott nyelv fonotaktikai jellegzetességei miatt a diszkriminációt szolgáló akusztikus jelzések sokszor minimálisak, ezért a beszédpercepcióban kompenzációs mechanizmusok alakulnak ki. A magyar nyelvben ilyen például az /r/ hangok találkozásakor létrejövő hasonulás miatt kialakuló akusztikus kompenzáció. Egy közös magyar-holland nyelvközi összehasonlító vizsgálat keretében viselkedéses és elektrofiziológiai módszerekkel kimutattuk, hogy a hasonulás során bekövetkező akusztikus „torzulás” kompenzációja univerzális, azaz nyelvfüggetlen mechanizmusokra épül, ám a feldolgozási érzékenység a nyelvi tapasztalat szerint változik (Mitterer et al., 2005).

A beszédpercepció atipikus fejlődésében minden bizonnyal szerepet játszik a lényeges hallási feldolgozási folyamatok differenciálatlansága. A diszlexiával ok-okozati összefüggésbe hozott éretlen fonológiai feldolgozás háttérében feltételezhető az észlelés és a reprezentáció anomáliái. Számos saját és nemzetközi adat is arra utal, hogy egyes jellemzők feldolgozása viszonylag gyakran sérül, és ez megakadályozhatja a fonológiai lexikon megfelelő fejlődését. Míg ennek a meghatározó akusztikus jellemzőkkel történő összekapcsolása egyre gyakrabban megjelenik a viselkedéses és az EKP-vizsgálatokban, a fordított irány, azaz az, hogy a specializálódó beszédpercepció rendszer visszahat az egyes akusztikus sajátosságok feldolgozására, nem igazán merült fel eddig.

#### *Észlelési zavarok és a nyelvi reprezentáció atipikus fejlődése a fejlődési diszlexiában*

A beszédhangok akusztikai/fonetikai eltéréseivel kiváltható EN-vizsgálatok (össze-

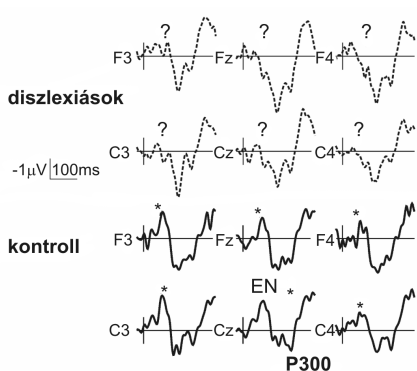
foglalóként lásd Lyytinen et al., 2005) mind azt mutatták, hogy a fonémák reprezentációja a diszlexiások jelentős részénél rosszul definiált. Ez az eltérés különösen kifejezett azoknál a diszlexiásoknál, akiknek teljesítménye a fonológiai feladatokban is alacsony. A deficit a mássalhangzók egyes osztályaiban kifejezett, sőt gyakran a magánhangzókra is kiterjed. A magánhangzók hosszúsága például különösen fontos a jelentésmegkülönböztetésben olyan nyelvekben, mint a magyar vagy a finn. Más nyelvekben viszont adott szótag magánhangzójának megnyúlása a hangsúly komplex akusztikai jellemzőinek egyike. Vegyük észre, hogy ugyanaz az akusztikus információ, ebben az esetben a magánhangzó időtartama, eltérő feldolgozási kapcsolattal rendelkezik. Az egyik nyelv esetében a jelentésreprezentációval, a másik esetében viszont a szóalak hangsúlymintázatának fonológiai reprezentációjával áll kapcsolatban. A hallási feldolgozás agyi modellje (Hickok – Poeppel, 2004) szerint ez a ventrális feldolgozó rendszer eltérő területeit érinti.

Az irodalmi adatok szerint a diszlexiásoknál megfigyelt, EN-nel is jól követhető feldolgozási zavar kizárólag az akusztikai eltérések feldolgozási deficitjére vezethető vissza. Nem kétséges, hogy a beszédhangok eltéréseinek detekciója elemi akusztikus feldolgozási folyamatokra épül, kérdéses viszont, hogy miért kevésbé általános az elemi akusztikai jellemzők feldolgozási zavara. Saját EN-eredményeink szerint (Csépe, 2003) a diszlexiás gyerekek beszédészlelésének egyik jellegzetessége, hogy a beszédhangok kontrasztjainak automatikus feldolgozása eltér a jól olvasókéttől. Ezt szemlélteti a 3. ábra.

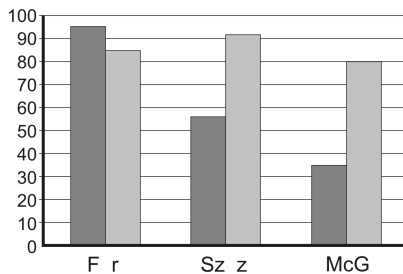
Minden eddig ismert EN-adat arra utal, hogy a diszlexiának nem megkülönböztető sajátossága a tiszta hangok akusztikai eltéréseinek feldolgozási deficitje. Csoportszinten viszont jelentősen eltérhetnek hasonló korú társaiktól abban, hogy a mássalhangzó kontrasztokat (idői, spektrális eltérések)

miként dolgozzák fel. A diszlexiások beszéd-percepciójának atipikus fejlődését leginkább a fonetikai, fonotaktikai és fonológiai eltérések komplex akusztikai jellemzőinek feldolgozási zavara kíséri. Ez könnyen megérthető, ha elfogadjuk, hogy az eltérő komplexitású akusztikai/fonetikai jelek feldolgozása fejlett hallási analízist igényel. Érdeemes azonban meggondolnunk azt a lehetőséget, hogy az elemi akusztikus feldolgozási folyamatok szerepe és kapcsolata a nyelvi rendszer egészével az egyes nyelvekben eltérő lehet.

A beszédészlelő rendszer tipikustól eltérő szerveződéséhez feltehetően a fonémáknál nagyobb egységekre kiterjedő feldolgozás zavarai is hozzájárulnak. A fonológiai műveletekben a lokális jellemzők feldolgozási zavara gyakran a globális mechanizmusok túlsúlyának kialakulásához vezet, ez pedig megakadályozza a jól működő szegmentálás kialakulását. A lokális érzékenység zavarait és az elmaradó modalitásközi integrációt jól jelzik azok az eltérések, amelyet a McGurk-illúzió (McGurk – MacDonald, 1978) viselkedéses változatának vizsgálatával találtunk a tipikusan fejlődő és a diszlexiás gyerekek között. A McGurk-illúzió<sup>2</sup> a modalitásközi integráció



3. ábra • A zöngés/zöngétlen mássalhangzók eltérésének feldolgozási zavara diszlexiásoknál. A kérdőjelek az EN hiányát jelzik. Az EN a kontrollcsoport \*-gal jelölt válaszin jól látható.



4. ábra • Diszlexiás gyerekek és az életkorban illesztett kontroll teljesítménye a beszédészlelés eltérő aspektusait vizsgáló feladatokban. Az értéktengelyen % szerepel, a rövidítések a fonémarestaurációs feladatot (F\_r), a szóértés zajban (Sz\_z) és a McGurk-paradigmát jelölik (McG).

(szájmozgás-beszédhang-megfeleltetés) fejlődésének követésére jól használható. Az első közlés adatainak megfelelően saját adataink, azaz a tipikusan fejlődő gyerekek tízéves korukra érik el a felnőttekre jellemző 97 %-os teljesítményt (ez 35-40 % a hatéveseknél). Egy általunk vizsgált további 45 fős mintában azt találtuk, hogy a tízéves korú diszlexiás gyerekek (25 fő) teljesítménye 45 és 50 % közötti, míg az életkori kontrollé (20 fő) 85 %.

A magasabb szintű integrációs folyamatok EKP-vizsgálatának viselkedéses előkísérleteiben ugyanakkor azt találtuk, hogy a fonémarestaurációs feladatokban (zajjal cserélt mássalhangzók a szavakban) a diszlexiások teljesítménye a kontrollhoz képest jobb volt, feltehetően a globális feldolgozási jellemzők meghatározó szerepe miatt. További kutatási adataink is mind arra utalnak, hogy a diszlexiás gyerekeknél a lokális és globális feldolgozásnak a reprezentáció kialakulását,

<sup>2</sup> Az illúzióhoz használt eljárásban kétféle szótag kiejtését, azaz a szájmozgást kell figyelni (pl. [gal] és [bal]). Az illúzió provokációja a szájmozgáshoz szinkronizált hang cseréjével ([gal] szájmozgáshoz [bal] hang) történik. A perceptuális torzulás lényege, hogy ekkor a szájmozgásnak jobban megfelelő, de a hallott és látott hangtól egyaránt eltérő hang észlelhető.

illetve az ahhoz való hozzáférést gyengítő folyamatai az izolált információ feldolgozását zavarják. Ezt igazolja a zajjal kevert szavak értését vizsgáló feladatokban mutatott teljesítmények eltérése is. A 4. ábrán az eltérő feladatok összehasonlíthatósága miatt százalékos értékekben kifejezett teljesítmények jól mutatják, hogy a diszlexiások a fonémarestaurációs feladat kivételével mindenütt rosszabbul teljesítenek az életkori kontrollnál.

A felsorolt zavarok eltérő egyéni kombinációi és a munkamemória alacsony terhelhetősége együttesen magyarázhatja a diszlexiások beszédészlelési teljesítményének változatosságát. Ezek közös kiindulópontja valószínűleg az akusztikus feldolgozó rendszer születéstől kezdve eltérő pályájú fejlődése. Ebben a fejlődésben a szegmentális és szupraszegmentális beszédjellemzők nyelvspecifikus érzékenyülése nem csupán a nyelvi tapasztalatok szerint alakul. Az átalakulás attól is függ, hogy az egyes akusztikus jellemzőknek milyen funkciókban és azon belül milyen feldolgozási szinten van meghatározó szerepük.

Egy EKP-vizsgálatunkban (Honbolygó *et al.*, 2004) az EN-komponens segítségével azt próbáltuk követni, hogy a magyar nyelv szabályos hangsúlyszerkezetének sértése kizárólag az akusztikus jellemzőre, tehát a hangsúlynak a szótagok közötti mozgására vagy magára a mintázatra érzékeny-e. Azt találtuk, hogy felnőtteknél a mintázat alapján történik a sértés detekciója, azaz az EN nem a hangsúlyhoz kötött csupán, hanem a hangsúly visszavonására és a váratlan hangsúly megjelenésére egyaránt érzékeny.

Újabb vizsgálatainkban arra keressük a választ, hogy a hangsúlyt alkotó akusztikus változások (intenzitás, időtartam, hangmagasság, meredekség, modulációs mélység) feldolgozása miként járul hozzá a szabályos hangsúlymintázat absztrakt, a szavak jelentésétől független mintázata szerinti feldolgozásához. Feltételezhető ugyanis, hogy egyes

szupraszegmentális jellemzők, a beszédritmus meghatározó jellegzetességeinek feldolgozása is atipikus fejlődést mutat. A beszéd szupraszegmentális jellemzőinek feldolgozásával kapcsolatos modellek eltérő hipotézissel élnek arra vonatkozóan, hogy az adott nyelv ritmusát és a részben ehhez is kötött szóhatár percepcióját mi határozza meg, azaz hangsúly- (angol) vagy szótagalapú (magyar, francia) beszédritmus jellemzi-e.

A hangsúlyalapú reprezentáció egyik leegyszerűsített modellje szerint a hangsúly detekciója azonos a perceptuális középpont (P-center) szerinti feldolgozással. A P-center hipotézis viselkedéses vizsgálatai szerint a frekvenciamodulált (FM) hangok félamplitúdó változásainál az amplitúdóelérési idő meredekségének változásaira a diszlexiások kevésbé érzékenyek, mint azonos korú társaik (Goswami *et al.*, 2002). Bár a felpattanó hangok sorozatának percepcióját eredményező meredek amplitúdóváltozások nem teljesen azonosak a perceptuális középpont jellemzőivel, az Usha Goswami és munkatársai által kidolgozott feladat egy olyan alapvető akusztikus feldolgozás eltérését fogja meg, amely lényeges a beszédfeldolgozásban.

#### *A nyelvi és nem-nyelvi hallási feldolgozás kapcsolata és kölcsönhatása*

Az Usha Goswamival együttműködésben kialakított vizsgálatok eredményei közlés alatt állnak, ezért itt most a nyelvi fejlődés, a nyelvfejlődési zavar és az adott nyelvre specifikus tulajdonságok szempontjából lényeges eredményeket mutatjuk csak be.

Számítógépes programmal frekvenciamodulált hangok diszkriminációját vizsgáltuk. A hangkezdet amplitúdó felfutási idejét (A-FI), illetve a hangon belüli amplitúdómoduláció felfutási idejét (AM-FI) változtató feladatok a szókezdet, illetve a folyamatos beszéden belüli hangsúlyváltás detekciójának egyszerű modellezésére készültek. Mindkét feladat negyven különböző A-FI, illetve



AM-FI ingert használ, mindkét feladatban a hanginger 0,7 Hz-zel modulált 500 Hz-es szinuszos hanghullám.

Az A-FI helyzetben a hangkezdlet amplitúdófutása 15 ms és 300 ms között változik. A legrövidebb idejű inger a standard, ez a képernyőn megjelenő három dinoszaurusz egyikének a hangja. A két további hang közül az ettől eltérőt kell kiválasztani, azaz azt, amelyik hangja különbözik a másik kettőtől (hosszabb A-FI). Az AM-FI hangok ugyanolyan FM hangok, a hangcsomagok burkológörbéje a félamplitúdó és a maximális amplitúdó között változik. A változás a félamplitúdótól a maximum amplitúdóig történő felfutás ideje. A számítógépes felület hasonló, a különbség annyi, hogy a két dinoszaurusz közül kell az „erősebb hangút” kiválasztani. A meredek amplitúdófutás a hallási észlelés számára „dobbanásként” jelenik meg.

A vizsgálatokban<sup>3</sup> 16 diszlexiás (10,2 ± 0,2 év) és 14 életkori (9,9 ± 0,1 év), illetve 14 olvasási kontroll (8,1 ± 0,2 év) vett részt. Az eredmények nagyjából azonos mintázatot mutattak, a diszlexiások teljesítménye hasonló volt a két évvel fiatalabb kontrollokéhoz. Mindez azt a hipotézist támasztja alá, hogy a diszlexiásoknál az akusztikai/fonetikai feldolgozás olyan fejlődési késéséről van szó, amely valószínűleg nem vagy alig hozható be az agyi érésben a serdülőkort jellemző szerkezeti átalakulást (a gyenge szinaptikus kapcsolatok metszése) megelőzően.

Az adatokat az angol munkacsoport adataival összehasonlítva meglepő eredményre jutottunk. A statisztikai elemzés szerint a nyelv és a feladat interakciót mutatott, amelynek feloldása azt jelezte, hogy a magyar gyerekek sokkal érzékenyebbek a hangkezdlet amplitúdófutási idejére, mint az angolok. Meglepő volt, hogy ebben a feladatban az életkori és az olvasási kontroll is jobban tel-

jesített, sőt a fiatalabbak lényegesen nagyobb érzékenységet mutattak a hangkezdlet amplitúdófutási idejére. Míg az egyes feladatokban nyújtott teljesítménymintázatok hasonlóak voltak, azaz a diszlexiások teljesítménye rosszabb volt, mint a kontrollé, a nyelvek közötti összehasonlítás a tipikusan fejlődők között is eltérést talált. Nevezetesen azt, hogy a beszéd hangmintázatai, illetve ezek akusztikus alapfolyamatai nem azonosan fontosak az egyes nyelvekben. A magyarban és az angolban az amplitúdófutás változásainak más jellemzői fontosak, az ezekre való érzékenység viszont eltérő életkorokban igényel érzékenyebb feldolgozást. Bár a hangon belüli amplitúdófutás a beszéd szuprasegmentális jellemzőit modellezi, feltehető, hogy a hangsúlyalapú angol beszédritmus észlelésében fontos akusztikus jellemzőket ragadja meg elsősorban. A hangkezdlet felfutási idejére mutatott érzékenység a magyar gyerekeknél feltehetően a hangsúlyos szókezdlet feldolgozására érzékennyé vált rendszer működésével áll kapcsolatban. Ha ez így van, fel kell tételeznünk, hogy nem csupán az alapvető akusztikus feldolgozás befolyásolja a beszédpercepció fejlődését, hanem a beszélt nyelv egyes sajátosságai is visszahatnak az olyan eleminek tekinthető akusztikus feldolgozásra, mint amilyen az amplitúdófutási idő diszkriminációja. A hipotézis vizsgálatára jelenleg is folynak elektrofiziológiai vizsgálataink.

#### *Nyelvi ösztön és nyelvi tapasztalat*

Viselkedéses és eseményhez kötött agyi potenciál adataink, valamint a nemzetközi adatok számos érveléssel szolgálnak amellett, hogy a beszédészlelést szolgáló akusztikai/fonetikai feldolgozás a hallási feldolgozás veleszületett preferenciái és mechanizmusai mentén a beszélő környezetben szerzett tapasztalatok interakciójában formálódik. A beszéd akusztikai jellemzőinek feldolgozása olyan átalakuláson megy át, amely absztrakt

<sup>3</sup> A vizsgálatokat és az adatok kiértékelését Surányi Zsuzsanna végezte.

kategóriák (fonémák) kialakulásához vezet, és a további, kevésbé lokális, akusztikai szempontból igen összetett jellemzők (például hangsúlymintázat) feldolgozásával együtt a szuboptimális jelzések kompenzációját segíti. A lokális érzékenységet és globális feldolgozást egyaránt magában foglaló feldolgozási műveletek együttesen vezetnek egy megfelelő fonológiai reprezentáció kialakulásához. A nyelv egyes funkcióinak atipikus fejlődéséhez kötött súlyos olvasási zavart, a diszlexiát például nem csupán az érzékenység hiánya, hanem a felesleges érzékenység fennmaradása, illetve egyes globális feldolgozási folyamatok túlsúlya is jellemezheti. Mindez azt támasztja alá, hogy a beszédészlelés valóban sajátos abban az értelemben, hogy csak az alapmechanizmusok öröklődtek – Pinker nyelvi ösztön elképzelésének megfelelően –, az adott nyelvre specializált feldolgozás viszont a nyelvi tapasztalat szerint változik, mint ahogy azt Pinker és Jackendoff (2005) legújabb írásukban ki is fejtik. Ehhez hozzáfűzhetjük még, hogy ez az átalakulás attól is függ, hogy a nyelvi feldolgozásban részt vevő agyi területek és azok kapcsolatainak fejlődése milyen genetikailag meghatározott érési program szerint halad.

A viselkedéses és idegtudományi adatok mind azt támasztják alá, hogy a temporális

lebeny kérgi feldolgozó rendszereinek eredeti alapmechanizmusai a jelentésreprezentációval és a produkciós rendszerrel kialakuló kapcsolatokon keresztül jelentősen átalakulnak. A szupraszegmentális jellemzők feldolgozását modellező feladatainkban kapott eredmények alapján még az is felvethető, hogy a nyelvi tapasztalat egyes elemi akusztikus feldolgozási folyamatok érzékenységére is visszahat. Ugyanúgy, mint ahogy az olvasás kezdeti szakaszának dekódolási technikái visszahatnak az adott fonémakategóriához tartató allofon elemek halmazának nagyságára. Saját EKP-adataink, illetve Nienke van Atteveldt és munkatársaiknak (2004) fMRI-adatai arra utalnak, hogy a beszédészlelés és a fonológiai reprezentáció az olvasástanulásnak köszönhetően tovább differenciálódik. Ez feltehetően újabb átalakuláshoz és további kapcsolódási funkciók kialakulásához vezet, és nem csupán a hallási feldolgozó láncokon belül, hanem a látási és a hallási rendszerek ventrális és dorzális feldolgozó láncai között is.

*Kulcsszavak: beszédészlelés, hallási feldolgozás, innát mechanizmusok, tapasztalathoz kötött változások, tipikus fejlődés, diszlexia, nyelvközi összehasonlítás, eltérési negativitás*

## IRODALOM

- Csépe Valéria (2003): EN, a sokat ígérő negativitás. Eseményhez kötött agyi potenciálok a beszédészlelés és a diszlexia vizsgálatában. Magyar Pszichológiai Szemle. 2, 243–265.
- Csépe Valéria–Osman-Sági J.–Molnár M.–Gósy M. (2001): Impaired Speech Perception with Aphasic Patients: Event-Related Potential and Neuropsychological Assessment. *Neuropsychologia*. 39, 1194–1208.
- de Boer, Bart - Kuhl, P. K. (2003): Investigating the Role of Infant-directed Speech with a Computer Model. *Auditory Research Letters On-Line (ARLO)*. 4, 129–134.
- Goswami, Usha–Thomson, J.–Richardson, U.–Stainthorp, R.–Hughes, D.–Rosen, S.–Scott, S. K. (2002): Amplitude Envelope Onsets and Developmental Dyslexia: A New Hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 99, 16, 10911–10916.

- Hauser, Marc D. – Chomsky, N. – Fitch, W. T. (2002): The Faculty of Language: What Is It, Who Has It, and How Did It Evolve? *Science*. 298, 1569–1579.
- Hickok, Gregory – Poeppel, David (2004): Dorsal and Ventral Streams: A Framework for Understanding Aspects of the Functional Anatomy of Language. *Cognition*. 92, 67–99.
- Honbolygó Ferenc – Csépe V. – Ragó A. (2004): Suprasegmental Speech Cues Are Automatically Processed by the Human Brain: A Mismatch-negativity Study. *Neuroscience Letters*. 363, 84–88.
- Liberman, Alvin M. – Mattingly, Ignatius G. (1985): The Motor Theory of Speech Perception Revised. *Cognition*. 21, 1–36.
- Lyytinen, Heikki–Guttmann, T. K. – Huttunen, T. – Hämäläinen, J. – Leppänen, P. H. T. – Vesterinen, M. (2005): Psychophysiology of Developmental Dyslexia: A Review of

- Findings Including Studies of Children at Risk of Dyslexia. *Journal of Neurolinguistics*. 18, 2, 167–195.
- McGurk, Hany – MacDonald, John (1978): Hearing Lips and Seeing Voices. *Nature*. 264, 746–748
- Mitterer, Holger – Csépe V. – Honbolygó F. – Blomert, L. (2005): The Recognition of Phonologically Assimilated Words Does Not Depend on Specific Language Experience. *Cognitive Science*. in press
- Paus, Tomas (2005): Mapping Brain Maturation and Cognitive Development during Adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*. 9, 2, 60–68.
- Peđa, Marcela – Maki, A. – Kovacic, D. – Dehaene-Lambertz, G. – Kiozumi, H. – Bouquet, F. – Mehler, J. (2003): Sounds and Silence: An Optical Tomography Study of Language Recognition at Birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 20, 11702–11705.
- Pinker, Steven – Jackendoff, Ray (2005): The Faculty of Language: What's Special About It? *Cognition*. 95, 201–236.
- Semidaes, Willy – Sprenger-Charolles, L. – Carré, R. – Démonet, J. F. (2001): Perceptual discrimination of speech sound in developmental dyslexia. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 44, 384–399. [http://www.lpelab.org/tiki-read\\_article.php?articleId=114](http://www.lpelab.org/tiki-read_article.php?articleId=114)
- Thomas, Michael S. C. – Kamiloff-Smith, Annette (2003): Modeling Language Acquisition in Atypical Phenotypes. *Psychological Review*. 110, 647–682.
- van Atteveldt, Nienke – Formisano, E. – Goebel, R. – Blomert, L. (2004): Integration of Letters and Speech Sounds in the Human Brain. *Neuron*. 43, 2, 22, 271–282.
- Vouloumanos, Athena – Werker, Janet F. (2004): Tuned to the Signal: The Privileged Status of Speech for Young Infants. *Developmental Science*. 7, 270–276.

