

ESEMÉNYHEZ KÖTÖTT AGYIPOTENCIÁL-VIZSGÁLATOK BESZÉDFELDOLGOZÁSSAL, OLVASÁSTANULÁSSAL KAPCSOLATOS KUTATÁSI EREDMÉNYEI

RESEARCH FINDINGS ON SPEECH PROCESSING AND READING ACQUISITION FROM EVENT-RELATED POTENTIAL TESTINGS

JUHÁSZ VALÉRIA¹

Absztrakt: Az olvasáselsajátítás nem minden gyermek számára problémamentes folyamat. Számos bizonyíték áll már rendelkezésre azzal kapcsolatban, hogy az olvasástanulás egyik meghatározó tényezője a fonológiai tudatosság megfelelő szintű kialakulása, amely a beszédhanghalló készségre, a stabil fonémakategóriák észlelésére épül. Az agyi képalkotó eljárások lehetőséget teremtettek arra, hogy megismerjük, hogyan is detektálja az idegrendszer a különböző fonémák észlelését tipikus fejlődésű, jól olvasó gyermekeknél, és hogyan a gyenge, illetve a diszlexiás gyermek esetében. Tanulmányom elején röviden leírom az eseményhez kötött agyipotenciál-vizsgálatok eljárását, tisztázom az ehhez kapcsolódó főbb fogalmakat. Ezt követően bemutatok olyan nemzetközi és hazai kutatásokat, amelyek során kiderítették, hogy a beszédhangok, fonémák észlelése miben különbözik a jól, illetve a gyengén olvasók vagy a diszlexiások esetében. Végül az agyi képalkotó eljárások során nyert eredményeket összevetem a viselkedéses vizsgálatokkal. Mind a képalkotó, mind a viselkedéses kutatások igazolták, hogy a gyengén olvasó gyermekek fejlesztésének egyik legsikeresebb módja a komplex, fonológiai tudatosságot növelő, tréningyszerű gyakorlatok alkalmazása, azonban továbbra is kérdés, hogy az olvasás szempontjából atipikusan fejlődő (diszlexiás) idegrendszer milyen kompenzációs mechanizmusokat használ az olvasáselsajátítás céljából.

Kulcsszavak: *olvasástanulás, eseményhez kötött agyipotenciál-vizsgálatok, eltérési negatívítás, viselkedéses vizsgálatok, fonológiai tudatosság*

Abstract: Reading acquisition is a difficult process for some children. There is now considerable evidence that one of the determinants of reading acquisition is the development of phonological awareness, which is based on the ability to listen to speech sounds and to detect stable phoneme categories. Brain imaging techniques have provided an opportunity to understand how the nervous system detects the different phonemes in typically developing children who read well, and how it detects them in children who are poor readers or dyslexic. At the beginning of my study, I will briefly describe the procedure of event-related potential testing and clarify the main concepts involved. I will then present international and national research that has shown how the perception of speech sounds and phonemes differs between

¹ DR. JUHÁSZ VALÉRIA
főiskolai docens
Szegedi Tudományegyetem JGYKP
Magyar és Alkalmazott Nyelvészeti Tanszék
juhasz.valeria@szte.hu

proficient and poor readers and dyslexic ones. Finally, I will compare results from brain imaging with behavioural studies. Both imaging and behavioural studies have shown that one of the most successful ways to improve the development of poor readers is to use complex phonological awareness training exercises, but the question remains as to what compensatory mechanisms the atypically developing (dyslexic) nervous system uses to learn to read.

Keywords: *reading acquisition, event-related potential, mismatch negativity, behavioural tests, phonological awareness*

1. Bevezetés

A beszéd elsajátítása, az olvasás megtanulása olyan összetett neurokognitív folyamatok megfelelő működését igényli, amelynek feltárására és megértésére az agyi képalkotó eljárások bevezetése előtt meglehetősen korlátozott lehetőségeket biztosított az, hogy tanulmányozták a tipikus, illetve az atipikus fejlődésű vagy agyi sérülést szenvedett betegek viselkedésének eltéréseit. Korábban post mortem vizsgálatokból tudtak következtetni arra, hogy az agy mely részének sérülése vezethetett adott képesség elvesztéséhez, a viselkedés megváltozásához.

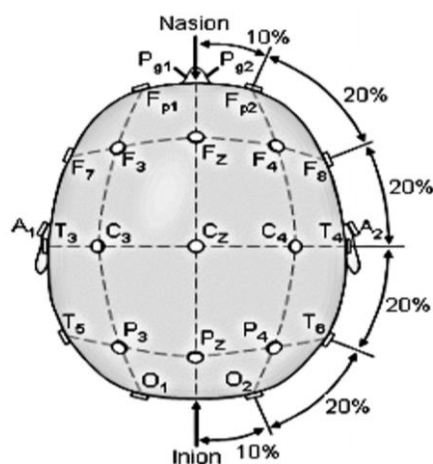
A modern, agyi képalkotó technológiák lehetővé teszik, hogy részletesen feltérképezzük az agy szerkezetét (MRI), a hozzá kapcsolódó funkciókat, és ezeket akár működés közben tanulmányozhassuk (fMRI) a feldolgozás téri és idői jellemzői szerint, invazív eljárások nélkül. Így tehát az agyi tevékenységeket össze tudjuk kapcsolni a viselkedéses jellemzőkkel, illetve a kettő közti összefüggések értelmezése segítséget nyújt abban, hogy megértsük, milyen feltétel- és komponensrendszer szükséges adott neurokognitív folyamat, képesség, készség megfelelő működéséhez. Ezekkel a vizsgálatokkal feltárhatók a normál működés jellemzői, illetve ezek az eredmények összevethetők az ettől eltérő működések jellemzőivel. A vizsgálatok alapvető célja és motivációja, hogy olyan (kognitív) terápiákat fejleszthessünk ki, amelyek valóban alkalmasak a fejlődési zavarok kialakulásának igen korai felismerésére, azok redukációjára vagy a szerzett zavarok normál működésű funkcióvá történő visszaállítására – akár kompenzatorikus megoldáson keresztül.

Az utóbbi évtizedekben meglehetősen felgyorsultak a fentebb említett neuro-lingvisztikai kutatások. Még csak az alapkutatásoknál tartunk, de máris érezhető igény van a szakemberek körében arra, hogy ezeket az eredményeket minél hamarabb transzformálhassák a mindennapi köznevelési és a terápiás gyakorlatba, hogy a tanítás és a fejlesztés során valóban olyan eljárásokat, módszereket alkalmazhassanak, amelyek adott problémára célirányos megoldást nyújtanak. A diagnózis után rendkívüli jelentősége van az intervenció kezdési idejének és az adekvát, tréning-szerű fejlesztőterápiának, amely biztosíthatja az idegrendszeri kapcsolatok újra- vagy – szükség esetén – kompenzatorikus „huzalozásának” a kialakíthatóságát. A diagnosztika és a terápiák alapvető eleme, hogy a diagnosztika, a terapeuta tisztában legyen azzal, mit miért tesz, és mi a terápia várható kimenetele. A következőkben ismertetjük az egyik agyi képalkotó eljáráshoz kapcsolódó vizsgálatot, az eseményhez kötött agyi potenciál, az EKP-kutatások alapfogalmait, összetevőit, értelmezési

kereteit, majd megosztunk néhány olyan nemzetközi és hazai beszédfeldolgozással, olvasáskutatással kapcsolatos eredményt, amelyet ezzel az eljárással sikerült feltárni.

2. EKP-vizsgálat

Egy külső, beérkező inger hatására az agy információfeldolgozó (érzékelő-észlelő) rendszerében megváltozik az elektromos aktivitás, ami mérhető is a fejre helyezett elektródák közötti feszültségkülönbséggel. Ez az aktivitás az idő függvényében változik. A feszültségkülönbség nagyságrendje a volt milliomod része (μV). Az ilyen elektromos potenciálváltozást az agyban eseményhez kötött agyi potenciálnak (EKP) nevezzük. Ezek az elektromos jelenségek tehát az információfeldolgozó rendszer különböző részműködéseiből származnak, amelyek több hullámból (komponensből) állnak. Ez az eljárás képes követni az ezredmásodperc (ms) alatt történő folyamatokat. A változásokat leíró görbét elektroencefalogramnak (EEG) nevezik (Czigler–Winkler 1999). Az eseményhez kötött agyipotenciál-vizsgálatoknak a célja, hogy feltárja, a különböző agyi területek mely pszichikai működésekért felelősek, illetve hogy az adott funkcióhoz mely komponensek működése szükséges: az adott agyi tevékenységek milyen helyzetben hol és mikor váltanak ki idegi impulzusokat; vagyis adott beérkező jelre hol, milyen erősséggel és mikor válaszol az idegsejt. A módszer előnye, hogy olyan ingerek feldolgozásáról is képet kaphatunk, melyek a viselkedésben nem látszódnak, tehát a hagyományos módszerekkel (például reakcióidő, hibás válaszok aránya) nem vizsgálhatók (Czigler–Winkler 1999). Azt, hogy kiváltódik-e, illetve milyen erősen váltódik ki egy impulzus, számos tényező befolyásolja: mennyi idő telik el a különböző ingerek között, mekkora egy adott inger valószínűsége, és hogy az eltérő paramétertulajdonság mennyiben tér el a megelőzőtől vagy a várttól (Szűcs–Süle–Csépe 2001: 92).

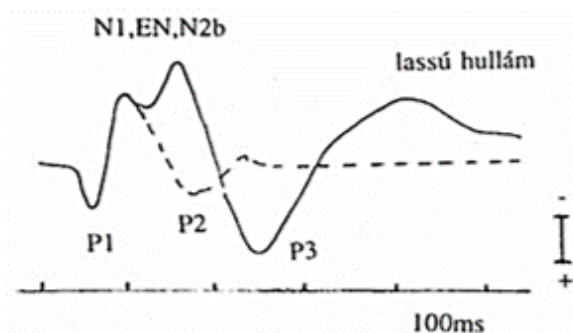


1. ábra. 10-20-as elektródaelhelyezési szabvány

Forrás: <https://www.ers-education.org/lrmedia/2016/pdf/298830.pdf>

Az agyi bioelektromos jeleket fejre helyezett 10-20-as standard elrendezésű elektródák érzékelik, és vezetik el egy szoftverbe. A 10-20-as szabvány azt jelenti, hogy a referenciapontok között százalékosan mennyi helynek kell lenni. Az elvezetések helyét nagybetűvel jelölik, pl.: F, Fz (frontális), C, CZ (centrális), P (parietális). A betűk után számok vannak, a bal oldalra kerülnek a páratlan, a jobb oldalra a páros számok. Egyre gyakoribb a 10-10-es rendszer használata is. A vizsgálatok során 31, 63, 123 elektródát vagy akár többet is használhatnak. Csecsemőknél 21 elektródával dolgoznak³. Referenciaelektróda lehet orron például.

Az idegsejt kisülésének a helyét (skalpeloszlását) tehát a fejre helyezett elektródák segítségével detektálják: mérik annak erősségét, a pozitív vagy negatív irányultságú amplitúdónagyságát. A kisülés idejét, azaz azt, hogy mennyi idő telt el a jel bemutatása és az idegsejt kisülésének maximális amplitúdója között, a csúslátenciával határozzák meg. (A referenciaelektródához képesti negatív komponenst N, a pozitívat P betűvel jelölik. Az utánuk álló szám vagy azt jelzi, hogy hányadik negatív vagy pozitív komponensről van szó (pl.: N1, N2), vagy azt, hogy az inger megjelenése után hány ms-mal (pl. N100) jelenik meg (Gaál 2009). A P3 vagy másképp P300 komponens azt jelenti például, hogy valami váratlan inger érkezett be, 300 ms-mal a beérkező inger után. Minél kisebb egy inger valószínűsége, ez a hullám annál nagyobb. Megjelenik akkor is, ha egy inger váratlanul elmarad. Minél bonyolultabb feldolgozást igényel egy inger, annál később jelenik meg a P3, vagyis annál hosszabb lesz a látenciája. Az N400 például akkor jelenik meg, ha az elemzésbe bevonódik a jelentés is, vagyis az N400 szemantikai feldolgozással kapcsolatos feldolgozásra utal. Ha meglepő egy szó megjelenése, akkor N400-nál nagyobb érték várható, ahhoz képest, mintha várnánk annak megjelenését (Czigler–Winkler 1999). A P600 például grammatikai hibáknál jelenik meg.



2. ábra. EKP hangingerek esetén. A szaggatott vonal a nem figyelt ingerekkel kiváltott válasz, a folyamos vonal pedig egy feladat szempontjából fontos. A P3 összetevő után lassú hullámok jelentkezhetnek.

Forrás: Czigler–Winkler 1999.

³ Forrás: <http://www.miet.hu/hir/39495/eeg-vizsgalat> (Letöltés: 2020. 02. 20.)

A válaszjel hullámformáját különféle, más idegrendszeri folyamatokból származó „zajok” kísérhetik, amelyek szűrőeljárásokkal és az eredmények átlagolásával csökkenthetők (Czigler–Winkler 1999). Az eltérést úgy számolják ki, hogy a deviáns inger átlagválaszhullámából kivonják a standard inger átlagolt válaszhullámát, így alakítják ki a hullámformák különbségét, ami szintén egy hullámgörbe lesz (Szűcs és mtsai. 2001: 97).

3. Eltérési negativitás

A hallási eseményhez kötött agyi potenciálok mérésének egyik jellemző komponense az eltérési negativitás (EN), ami objektív lehetőséget nyújt a szenzoros-perceptuális képességek mérésére (Szűcs és mtsai. 2001: 92–93). Az EN a beszédhangok akusztikai és fonetikai eltéréseit automatikusan jól detektálja (Csépe 2003). Ez az eltérési negativitás akkor jelenik meg például, ha ugyanolyan, standard ingerek sorozatos beérkezése után az agykéreg egy attól eltérő, deviáns ingert észlel (kakukktójas-vizsgálat). Az eltérési negativitás tehát nem egy adott ingerre jelenik meg, hanem akkor, ha egy inger adott paramétere az azt megelőzőtől (aktuális akusztikus szabályosságok, nem pedig erős szenzoros emléknymok) vagy a várttól eltérően jelenik meg (Winkler 2002). Legalább három standard ingernek kell megjelennie ahhoz, hogy azt szabályosnak detektálja az agy. Szabályosság nemcsak ugyanolyan ingerek ismétlődéseiből adódhat, hanem például hangmagasságban bekövetkezett folyamatos átmenetek változásaiból is. Az ezután következő, a megelőző szabályostól eltérő ingert fogja az agy deviánsként értelmezni. Az eltérés megjelenhet például az inger frekvenciaváltozásában, intenzitásában, téri helyében, tartalmában, fonetikus szerkezetében. Elegendő, ha csak egyingersajátosság állandó, és ebben következik be változás (Winkler 2002). A deviáns ingerek a standard ingerek után 5-10 másodperccel meg kell, hogy jelenjenek (Näätänen 1990; idézi: Szűcs és mtsai. 2001). EN-t nem lehet kiváltani hosszú (12 s-es), csendes szakaszt követő deviánsokkal, még akkor sem, ha a résztvevő érzékeli a szabályosságot, vagyis a bemutatott standard (azonos) ingereknek, ingercsoportoknak viszonylag gyorsan, egyenlő időközönként (bár ez nem elengedhetetlen feltétel) kell követniük egymást. Azt, hogy mit detektál az agy ingernek, ingeregységnek/ciklusnak (több hangmintából álló sorozat), a szabályosság fogja meghatározni (Winkler 2002).

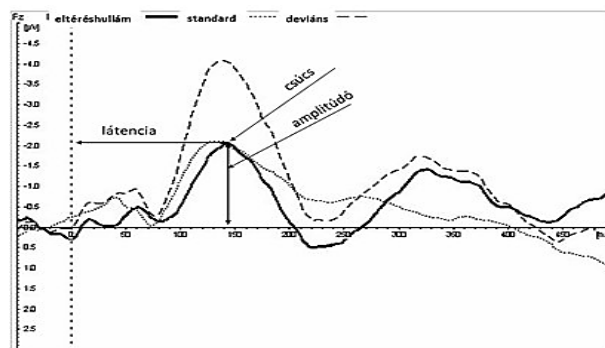
A ciklusok időtartama kellően rövid kell, hogy legyen, hogy a szenzoros emlékezeti tárolás terjedelmét (10 s) ne haladja meg, vagyis ennyi idő alatt kell legalább egy azonos ciklusnak háromszor megjelennie a szabályos standard emléknym kialakításához (Winkler 2002). Ha a beérkező standard inger szabályosságát nem detektálja az agy, akkor az attól eltérő, szabálysértő deviánsra sem fog reagálni. Vagyis ahhoz, hogy észlelni tudjuk az eltérést, ki kell épülnie egy emléknymnak a standard jelről, mert ez a memórianyom lesz az eltérés összevethetőségének az alapja. Egy kísérletben (Näätänen és mtsai. 1993) a finom hangzású különbségeket eleinte nem észlelték a kísérletben résztvevők, azonban a kísérlet végére megszületett ez a finom

diszkriminációs képesség, és meg tudták különböztetni ezeket a hangzásbeli eltéréseket is (idézi: Szűcs és mtsai. 2001). Ez a kísérlet is igazolta a hangok észlelésével kapcsolatos agyi plaszticitás meglétét⁴.

Az eltérési negativitás figyelmi és nem figyelmi helyzetben is kiváltható (Czigler–Winkler 1999), vagyis a szabályostól vagy várttól való eltérés észlelése automatikusan megjelenik. Ez az automatikus összemérés meghatározó a hallási események szerveződésének számos területén, illetve a szabályosság kivonásán alapuló reprezentáció kialakulásában (Csépe 2003). Az EN-t gyakran (de nem mindig) követi a P3a, például, ha a deviáns inger nagymértékben tér el, vagy ha a feladat a deviánsok megtalálása (Winkler 2002).

Az emberi hallási változásdetekciós rendszer dinamikusan változik, új szabályosságok észlelésének detektálásakor. Ha egyszerre többféle forrásból érkeznek beérkező jelek, azt a rendszer, a szabályosságok szerint, szétbontja láncokra, a deviáns hangokat pedig a „neki megfelelő” szabályosság szerint detektálja. „Azok a folyamatok tehát, amelyek létrehozzák az akusztikus környezet rendezett reprezentációját, különválasztják a hangforrásokat, csoportosítják a hangszegmenseket, illetve detektálják az idői és spektrális szabályosságokat. A figyelmi fókuszon kívül is működnek”, és befolyásolhatják top-down folyamatok is (Winkler 2002: 103).

Az 1. ábra példagrafikonján láthatjuk a beérkező jelre válaszoló idegsejtek reakcióidejét, lefutását (vízszintes vonal ezredmásodpercben – ms – megadva), az amplitúdó változását.



3. ábra. A deviáns-standard különbségből számított eltéréshullám

Eredeti ábra forrása: https://www.researchgate.net/publication/29754118_Auditory_processing_in_children_with_specific_language_impairment_SLI_an_electrophysiological_study/figures?lo=1

⁴ Az idegen nyelvek tanulásánál a fül tréningelésére a Bullock- (1975) jelentés alapján már Hawkins (1984: 189–213) is kiemelt figyelmet fordított. Ez is igazolhatja a többnyelvűek (például: Lampariello 2021, Skultety 2015) azon állítását, miszerint egy idegen nyelv fonémáit auditív tréninggel akár az adott nyelvnek megfelelő anyanyelvi kiejtési szinten is meg lehet tanulni akár felnőttkorban is, de rendkívül tudatos és kitartó munkát igényel, hiszen az agy már nem olyan plasztikus ezen a téren, mint gyermekkorban.

Ezek az ábrák általában a vízszintes tengely fölött van a negatív tartomány. Az EN látenciája általában 120–250 ms közötti (Szűcs és mtsai. 2001). Az ábra mutatja, hogy hogyan számolják ki, jelenítik meg a standard inger után érkező deviáns inger különbségét.

4. EKP és beszédpercepció

A beszéd agykérgi feldolgozásának megismerése, annak nyelvi reprezentációban való részvétele már több mint 20 éve foglalkoztatja a hazai kutatókat, mert jelentős szerepet játszanak a nyelvvelsajátítási, olvasástanulási, tanulási folyamatokban. Egyes becslések szerint az olvasási zavart, tanulási zavart mutató gyerekek aránya 10% körüli, a figyelemzavarosoké pedig 5%-nyi. Közülük soknál figyeltek meg akusztikus diszkriminációs problémát, vagyis náluk a beszédhangok alapvető jegyeinek a feldolgozása nem megfelelő, ami összefüggésben van a fonológiai problémákkal és így az olvasástanulással is. A fonológiai tudatosság, vagyis hogy a szavak belső szerkezetéhez hozzáférjünk, azzal manipulációkat tudjunk végezni (Csépe 2006; Csépe–Szűcs–Lukács 2002; Juhász–Kálló 2017), elengedhetetlen az olvasástanuláshoz és -elsajátításhoz. A fonológiai tudatosság fonéma- és szótagszinten ugrásszerűen változik 6 éves kor táján, az EKP hullámszerkezetében 6 és 10 éves kor között lényeges változások jelennek meg. Nyolcéves korig két összetevő a jellemző: a P100 és a széles, nagy amplitúdójú N250. Ezen életkor után csökken a látencia, az amplitúdó és a hullámszerkezet is változik. A tiszta hangnál fokozatos a változás, a beszédhangoknál ugrásszerű, valószínűleg azért, mert az olvasástanítás hatására még inkább stabilizálódnak a beszédhangok a hosszú távú reprezentációban (Csépe–Szűcs és mtsai. 2002: 119–24). Egyes kutatók szerint az egyes gyerekeknél megjelenő problémák a beszédhangok finom és gyors változásának feldolgozási hiányából adódnak (Tallal–Miller–Fitch 1993). Mások szerint a fonémareprezentációk kategóriái határozatlanok maradnak, nem stabilizálódnak (Csépe–Szűcs–Osmanné Sági 2001: 476).

A beszéd folyamatosan változó, komplex akusztikai rezgéshullámokból áll, így a beszédpercepció a folyamatos akusztikus változások észlelését igényli. A finom akusztikus változásokra való érzékenység nagymértékben meghatározza a beszédpercepciót, beszédfeldolgozást (Szűcs és mtsai. 2001: 93). Az akusztikus szenzoros emlékezeti rendszer az egyes hangok különböző jellemzőit egy akusztikus eseményként tárolja, ha viszont erre nincs lehetősége, külön-külön raktározza el a különböző akusztikus sajátosságokat (hangmagasságot, időtartamot, irányt, erősséget). A rendszer ugyan automatikusan működik, de a tapasztalatok formálják, és keretezik anyanyelvspecifikus fonémarendszerré (Czigler–Winkler 1999; Csépe és mtsai. 2001). Az első életévben alakul ki anyanyelvben a jelentésmegkülönböztető fonémákra való érzékenység, a fonémák kategóriahatárai. Ha ez elmarad, az érinti a szavak hangalakjának a reprezentációját. Ez az elmaradás lehet az oka a beszédspecifikus hangok zavarának (Studdert–Kennedy–Mody 1995). Ezzel kapcsolatban kutatók (Sernielaes és mtsai. 2001) bizonyították, hogy diszlexiásoknál ez a fonetikai átszerveződés elmarad: „a fonémakategóriák diszkriminációs zavara a kategórián belüli akusztikai eltérésekre megtartott fokozott perceptuális érzékenységgel függ

össze”; normál működésben viszont a fonémakategóriákon belül az akusztikai eltérésekre kevésbé vagyunk érzékenyek, mint a kategóriák határán (Csépe–Szűcs és mtsai. 2002: 115).

Nemzetközi adatok (Kraus és mtsai. 1995; Tremblay és mtsai. 1997; Tremblay–Kraus–McGee 1998) azt igazolták EKP-vizsgálatok EN-komponensével és viselkedési jellemzők együttes alkalmazásával és értékelésével, hogy a nem megfelelően kialakult fonémareprezentációs rendszert fonológiai tréninggel javítani lehet, vagyis diszkriminációs gyakorlatokat követően javult a beszédhangok közötti kontrasztok automatikus feldolgozása (idézi: Csépe és mtsai. 2001: 477).

Szűcs és munkatársai megvizsgálták 10 fő 23 éves átlagéletkorú, ép hallású felnőtt percepciójának eltérési negativitását tiszta hangra, illetve beszédhangokra (magánhangzó, mássalhangzó-magánhangzó kapcsolat). Vizsgálatukból kiderült, hogy az eljárás csoportszinten megbízhatóbb, mint egyéni szinten. Az egyéni válaszokban nagy különbségek tapasztalhatók. Az észlelési probléma oka feltehetően minden gyereknél más (Csépe és mtsai. 2001: 477).

Csépe és munkatársai (2001) magyar diszlexiás gyerekek neurofizikailag eltérő beszédfeldolgozási folyamatait vetették össze tipikus fejlődésű, életkorilag illesztett gyerekek beszédfeldolgozási folyamataival, és követték az éréstől adódó, fejlődésben bekövetkező változásokat is, mert az egyes hallási események beszédfeldolgozási ideje vagyis az EN-látencia összefüggést mutat az éréssel (Csépe és mtsai. 2001: 478; Korpilahti–Lang 1994). A kutatócsoport feltételezése Kraustól⁵ eltérően az volt, hogy a beszédhangok kontrasztjainak összemérésében meghatározó szerepe van a fonémák hosszú távú memóriában tárolt reprezentációjának. Csépe és munkatársai (2001) kutatási célja annak kiderítése volt, hogy a diszlexiásokat általános akusztikai feldolgozási probléma jellemzi, vagy kialakulatlan, elmosódott fonémareprezentáció. Kilenc (9,8 év átlagéletkorú), nyelvi funkciók zavarával diagnosztizált, fonológiai diszlexiás második osztályosnak a négy éven át tartó követéses vizsgálati eredményét vetették össze életkorilag, nemileg, intelligenciahányados (performancia) és olvasástanítási módszer szerint illesztett két kontrollcsoporttal. Az egyik kontrollcsoportba a jól diszkriminálók, a másikba a rosszul diszkriminálók tartoztak. Kakuktozás-paradigmával nézték meg a tiszta hangok, illetve a beszédhangok agykérgi detektálását. A tiszta hangsorozatba, illetve a beszédhangsorozatba (70%-a a lejátszott hangoknak) két-két deviánst illesztettek (15-15%-a a lejátszott hangoknak), melyek egyike kis különbségben tért el a standardtól, a másik nagyobb különbséggel. A tiszta standard (1000 Hz) hangsorozatba illesztett két deviáns 1050 Hz és 1200 Hz hang volt. Az [e:] (magyar é) magánhangzó standard mellé illesztett két deviáns az [i:] (magyar í) nyelvállási eltérésben kis különbségként és az [ø:] (magyar ö) ajakkerekítés szerint is eltérően nagy különbségként. A mássalhangzó-magánhangzó kapcsolat standardja a [ba:], két deviánsa pedig a [pa:] zöngésségben eltérő kis különbségként, és a [ga:] képzéshelyben eltérő nagy különbségként. A fejlődési

⁵ Krausék (1999) szerint ezt kizárólag a beszéd akusztikai paraméterei határozzák meg.

diszlexiások eredményei azt mutatták EN-vizsgálataik alapján, hogy komoly deficittel rendelkeznek az automatikus beszédhangfeldolgozás során, kiemelkedően a képzés helye szerinti ([ba:]–[ga:]) megkülönböztetés hiánya jelent meg, majd a zöngesség szerinti ([ba:]–[pa:]) megkülönböztetés nehézsége, a magánhangzók diszkriminációjánál a nyelvéllásban és az ajakkerekítésben is különböző magánhangzó [ø:] diszkriminációja volt a nehezebb. A magánhangzók feldolgozási deficitje a magyarban még inkább súlyosbítja a problémát (Csépe–Osmán–Sági–Molnár 1998). A viselkedéses vizsgálataik (Csépe és mtsai. 2001: 14) is kimutatták ezt a gyengeséget mind a fonológiai, mind az olvasásos tesztben, főleg fonológiai hibák (különösen több szótagú, ritkább szavaknál vagy álszavaknál) vagy gyakoriságból adódó téves olvasások voltak jellemzőek, vagyis bekapcsolnak a kompenzációs mechanizmusok. Több kutatás megerősítette tehát, hogy a képzés helye és a zöngesség érzékeny mutatója a diszlexiások beszédhang-feldolgozásának (Csépe–Szűcs–Osmánné 2001; Schulte-Körne és mtsai. 1998); míg a tiszta hangok megkülönböztetésében nem mutatnak elmaradást (Csépe és mtsai. 2001).

Egy másik vizsgálat (Szűcs és mtsai. 2001) azt is igazolta, hogy a fonéma-EN a hosszú távú memóriára támaszkodik, nem az aktuálisan kialakított szenzoros emlékezeti nyomra, mint a tiszta hangnál. Vagyis a feldolgozás deficitje nem általánosan az akusztikai megkülönböztetésre vonatkozik, hanem nyelvspecifikus. Csépe és munkatársai (2001) adatai szerint a komplex feldolgozást igénylő fonémakontrasztok deficitje a mássalhangzókat illetően a diszlexiások 70-80%-ára jellemző, ennél kevesebb százalékukra jellemző a magánhangzók feldolgozásának problémája, és még kevesebbre a tiszta hangok feldolgozásának zavara. A fonémákat illetően ezek rosszul meghatározott fonémareprezentáció-kategóriákat jelentenek, amelyek, ha 7 és 10 év körül lezáródnak, akkor akadályozzák a fonológiai lexikon használatát. A beszédhangok kontrasztjainak összemérhetőségét tehát nagymértékben befolyásolja, hogy a hosszú távú memóriában milyen reprezentációja alakult ki a fonémáknak (Csépe 2003).

A skalpeloszlást tekintve, míg a tiszta hangoknál jobb frontális maximum jellemző 9-10 éves kortól, addig a fonémákat jól diszkriminálóknál, 7-8 éves kortól a bal centrális és a centrális maximum helyén jellemző az aktivitás. A rosszul diszkriminálóknál az elrendezés inkább szimmetrikus, míg a diszlexiásoknál gyenge lateralizációt mutatott vagy inverzet, tehát jobb féltekei aktivitást. Ezt az atipikus szimmetriát, illetve az inverz aszimmetriát más agyi képalkotó eljárásokkal (pl. PET, fMRI) már mind szerkezetileg (Bloom és mtsai. 2013; Galaburda és mtsai. 1985; Hynd és mtsai. 1990; Larsen 1990), mind funkcionálisan – összefüggésben a fonológiai feldolgozás zavarával (Gauger–Lombardino–Leonard 1997; Rumsey 1992) – más kutatások is igazolták. Diszlexiásoknál dichotikus hallgatási feladattal mutatták ki, hogy a temporális mezőben (itt történik az auditív, fonológiai feldolgozás) nincs hallási preferencia (Hughdahl–Hiervang 2003). Hasonló, inverz aszimmetriát találtak prefrontális területen is; vagyis csoportszinten ezt az agyszerkezeti szimmetriát a diszlexiásoknál jellemzőnek gondolják (Csépe 2006: 112).

5. Viselkedéses vizsgálatok

A DIFER (Nagy és mtsai. 2004: 23) beszédhanghallás eredményei (4–8 évesek) szerint a tipikus fejlődésben a képzéshely szerinti megkülönböztetés képessége később alakul ki és lassabban, mint a zöngéesség szerinti diszkrimináció, míg Csépe és munkatársai (2001) kutatásában a diszlexiások szinte nem is észlelték a különbséget. Más viselkedéses vizsgálatban (Csépe–Szűcs és mtsai. 2002), ahol mérték a gyerekek fonológiai tudatosságát (rímelés felismerése: pl.: csukó-padló, szótag-számlálás, fonéma-összekötés, fonémaszámlálás, kezdőfonéma-azonosítás, kezdőszótag-azonosítás), a munkamemóriát (számterjedelem, nemszó-ismétlés) (Racsomány–Lukács–Pléh 2002), arra jutottak, hogy az 1. és 2. osztályos diszlexiaveszélyeztetettek teljesítménye a fonológiai tudatosságos feladatokban még alig tér el a kontrollcsoporttól (kivéve a rímeléses feladatban 1. osztályban, illetve a kezdőfonéma-azonosításnál 2. osztályban), de a számterjedelem- emlékezetben mindkét csoportban jelentős eltérések voltak, és ez a feladat a többi feladattal is korrelációt mutatott a diszlexiások csoportjában (Csépe–Szűcs és mtsai. 2002) Viselkedéses vizsgálataiban Gósy (2009) szintén arra a következtetésre jutott, hogy első osztályban még nincs jelentős különbség a tipikus fejlődésűek és az olvasási nehézséget mutatók között – a beszédészlelési teljesítményükben, a harmadik osztályban viszont már jelentősek lesznek ezek a különbségek, és míg a mondatértésüknél ez nem jelenik meg, a szövegértésüknél jelentős, 30%-nyi az elmaradásuk. Grácsi és munkatársai (2007) kutatásában harmadik osztályos olvasási nehézséggel küzdők és harmadik osztályos fejlődési diszlexiások teljesítményét vizsgálták. A viselkedéses adataik szerint nem volt statisztikailag igazolható különbség a beszédészlelésben. A nehézséggel küzdők szövegértése valamivel jobb volt, mint a fejlődési diszlexiásoké.

Csépe és munkatársai (2001) további eredményei szerint az olvasás sebessége álszavaknál, illetve funkciószavaknál csökkent. Egy újabb vizsgálatban (1–4. osztály) Csépe és munkatársai (2001) arra jutottak, hogy összetettebb fonológiai tudatosságos feladatokban (szótagcsere és szótagelhagyás) minden korcsoportban szignifikáns az eltérés a kontroll- és a diszlexiások csoportja között. A szótagelhagyási feladatban (a szótag törlése után is értelmes szó marad) a diszlexiások csak 4. osztály végére érik valamelyest utol a kontrollcsoportot. A szótagcsere-feladatokban az életkor előrehaladtával viszont egyre nagyobb az eltérés a csoportok között, mert ebben a diszlexiások teljesítménye nem változik. Itt is vizsgálták a számterjedelmet (1. osztályban lényeges eltérés), illetve a fonológiai hurok működését (2. és 4. osztályban a kontrollcsoport szignifikánsan jobb ebben is). Következtetésük szerint az összetettebb fonológiai feladatok jobban feltárják a különbségeket, mint a klasszikus, egyszerűbb feladatok, vagyis „a diszlexiások fonológiai feldolgozási deficitje az egyes szinteken nem fogható meg, kombinációjuk esetén azonban ezek alulműködése összeadódik” (Csépe–Szűcs és mtsai. 2002: 120).

6. Fonológiai tréning hatása a diszlexiásokra

A fonológiai tréning és az érés együtt lényeges változásokat okoz (Csépe–Gyurkóczy és mtsai. 2002; Csépe és mtsai. 2001), de nem tudták, hogy ez megjelenik-e a diszlexiások EN-válaszaiban. Összehasonlították a 10 év alattiak és a 10 év fölöttiek EKP-adatait. Diszlexiásoknál nem találtak értékelhető EN-t a képzés helye szerinti beszédhang-különbségnél és más beszédhangeltéréseknél, különösen mássalhangzóknál alig volt elvezethető EN (Csépe–Szűcs és mtsai. 2002). Továbbra is kérdés tehát, ha a feldolgozásnál az automatikus összemérés nem működik, akkor hogyan kompenzálják mégis a diszlexiások.

7. Összegzés

Az agyi képalkotó eljárások előtt hazánkban a különböző tudományterületek (pszichológia, nyelvészet, neveléstudomány, gyógypedagógia) kutatói a beszédfeldolgozás rejtett működésének feltárására beszédviselkedés-megfigyelési, fonológiai tesztekkel dolgoztak ki; eltérő szinten, eltérő módszertannal, időnként többféle nyelvi terület és részképesség bevonásával óvodáskortól az alsó tagozat negyedik évfolyamáig bezáróan pl. GMP (Gósy 2006), DIFER (Nagy 2011), Sindelar-vizsgálat (Sedlak–Sindelar 1998), Lőrík–Kászonyi fonológiai tudatosságot mérő tesztje (2009), Fonológiai tudatossági teszt (Jordanidisz 2009), Kiss (2018) 5–8 évesek fonológiai tudatosságának tesztje, Török és mtsai. (2016) az 1–4. osztályosok online fonológiai vizsgálata. További vizsgálatokból már a hazai kutatók is igazolták a fonológiai feldolgozás és az olvasástanulás, az olvasási képesség közti összefüggést (pl.: Csépe 2006; Grácsi és mtsai. 2007; Imre 2007; Jordanidisz 2009, 2012; Lőrík–Kászonyiné 2009). Ezek a fonológiai vizsgálatok elsősorban a fonológiai manipulációk sikerességéről számolnak be (összehasonlítás, szintézis, analízis, törlés, csere, toldás, rímek stb.), az egyes hangok percepciók diszkriminációjáról nem nyújtanak információt, miközben a műveletvégzés alapja a különböző fonémák percepciója. Jelen tanulmány arra törekedett, hogy bemutassa, hogy a hazai képalkotó vizsgálatok mivel tudtak hozzájárulni a korábbi eredményekhez, hogyan tudták föltárni a viselkedési jellemzők és az agyi tevékenység közti ok-okozati összefüggéseket. Az eltérési negativitás vizsgálata a mai technológia egyik legmodernebb eljárása, amely megfelelő minden olyan beszéddel, olvasással vagy tanulással kapcsolatos zavarok, rendellenességek feltérképezésére, ami összefüggésben van a beszédpercepcióval. Az eltérési negativitás vizsgálatát nemcsak a diagnosztikai folyamatokba kellene fokozatosan, széles kör számára elérhetően beépíteni, hanem a terápiák hatékonyságának ellenőrzésébe is. A módszer már csecsemőkortól biztonsággal használható, detektálhatunk vele nemcsak aktuális működéseket, hanem a fejlődésben bekövetkezett változásokat is.

A fonológiai tudatosság tréningyszerű fejlesztésével járó olvasási képesség fejlődését igazolták hazai kutatók is. Ezekből a vizsgálatokból és tréningekből is látható,

hogy a beszédhangokra plasztikus az agy (Szűcs és mtsai. 2001), vagyis ép hallórendszer esetén a hallás fejleszthető, a beszédhangok különböző paramétereire való érzékenység célzott tréninggel fejleszthető.

A fejlődési diszlexiával kapcsolatos olvasásfejlődés-kutatási adatok a magyar és az angol nyelv viszonylatában óvatosságra intenek, hiszen eltérő a két nyelv ortográfiája. A transzparencia szempontjából, ugyanis a metalingvisztikai képességeknek nem ugyanazon szintjei fontosak az olvasástanulás különböző szakaszaiban (Csépe és mtsai. 2001: 495). A magyar nyelvben a fonológiai struktúra felszíni jellemzői jobban hozzáférhetők, amit különösen elősegít a transzparens ortográfia, azonban a mélyebb fonológiai analízisnél jobban megragadhatók a működésbeli eltérések, és ez a célravezető a diszlexiások vizsgálatánál (Csépe–Szűcs és mtsai. 2002).

Irodalom

- Bloom, Juliana – Garcia-Barrera, Mauricio – Miller, Carlin – Miller, Scott – Hynd, George 2013. Planum temporale morphology in children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia* 51/9, 1684–1692.
- Bullock, Alan 1975. *A Language for life: report of the committee of inquiry appointed by the secretary of state for education and science*. London: H.M.S.O.
- Czigler István – Winkler István 1999. Kognitív pszichofiziológia: agyi elektromos változások és humán megismerési folyamatok. *Magyar Tudomány* 44/7, 788–796.
- Csépe Valéria 2003. EN, a sokat ígérő negativitás. *Magyar Pszichológiai Szemle* 58/2, 243–265.
- Csépe Valéria 2006. *Az olvasó agy*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Csépe Valéria – Gyurkócza Enikő – Szűcs Dénes – Lukács Ágnes 2002. A beszédhangok reprezentációjának fejlődése és fejlesztése, avagy mire jó az eltérési negativitás (EN)? *Pszichológia* 22/1, 3–22.
- Csépe, Valéria – Osmán-Sági, Judit – Molnár, Márk 1998. Similarities and differences of deficient phoneme processing in aphasia and dyslexia. In: Stalberg, Erik – De Weerd, Al – Zidar, Janez (eds.): *Clinical Neurophysiology*. Bologna: Monduzzi Editore. 549–555.
- Csépe Valéria – Szűcs Dénes – Lukács Ágnes 2002. Beszédészlelés és a nyelvi rendszer – fejlődés és fejlődési zavar. In: Czigler István – Halász László – Marton L. Magda (szerk.): *Az általánostól a különöségig*. Budapest: Gondolat, MTA Pszichológiai Kutatóintézet. 109–131.
- Csépe Valéria – Szűcs Dénes – Osmanné Sági Judit 2001. A fejlődési diszlexiára (FDL) jellemző beszédhang-feldolgozási zavarok eltérési negativitás (EN) korrelátumai. *Magyar Pszichológiai Szemle* 55/4, 475–500.

- Gaál Zsófia Anna 2009. *Kognitív folyamatok életkorfüggő pszichofiziológiai változásai*. Doktori disszertáció. Budapest: ELTE PPK.
- Galaburda, Albert – Sherman, Gordon – Rosen, Glenn – Aboitiz, Francisco – Geschwind, Norman 1985. Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology* 18/2, 222–233.
- Gauger, Laurie M. – Lombardino, Linda J. – Leonard, Christiana M. 1997. Brain morphology in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 40/6, 1272–1284.
- Gósy Mária 2006. *GMP-diagnosztika: a beszédészlelés és a beszédmegértés folyamatának vizsgálata, fejlesztési javaslatok*. Budapest: Nikol Kiadó.
- Gósy Mária 2009. Az olvasási nehézségről és a diszlexiáról. *Elektronikus Könyv és Nevelés* 11/4. https://epa.oszk.hu/01200/01245/00044/gm_0904.htm (Letöltve: 2019. 04. 15.)
- Gráczki Tekla Etelka – Gósy Mária – Imre Angéla 2007. Olvasási nehézség és diszlexia a beszédpercepció tükrében. In: Gósy Mária (szerk.): *Beszédészlelési és beszédmegértési zavarok az anyanyelv-elsajátításban*. Budapest: Nikol Kft. 217–229.
- Hawkins, Eric 1984. *Awareness of language: an introduction*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Hughdahl, Kenneth – Hiervang, Einar 2003. Structural and functional brain correlates of dyslexia: MRI and dichotic listening. In: Csépe, Valéria (ed.): *Dyslexia: different brain, different behaviour. Neuropsychology and cognition*. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 173–188.
- Hynd, George – Semrud-Clikeman, Margaret – Lorys, Alison – Novey, Edward – Eliopoulos, Deborah 1990. Brain morphology in developmental dyslexia and attention deficit disorder/hyperactivity. *Archives of Neurology* 47/8, 919–926.
- Imre Angéla 2007. A beszédmegértés és az olvasás összefüggése. In: Gósy Mária (szerk.): *Beszédészlelési és beszédmegértési zavarok az anyanyelv-elsajátításban*. Budapest: Nikol Kiadó. 184–201.
- Jordanidisz Ágnes 2009. A fonológiai tudatosság fejlődése az olvasástanulás időszakában. *Anyanyelv-pedagógia* 4. <http://www.anyanyelv-pedagogia.hu/cikkek.php?id=222> (Letöltve: 2019. 02. 14.)
- Jordanidisz Ágnes 2012. Az olvasási nehézség és a fonológiai tudatosság kapcsolata. In: Várad Tamás (szerk.): *VI. Alkalmazott Nyelvészeti Doktoranduszkonferencia*. Budapest: MTA Nyelvtudományi Intézet. 69–79.
- Juhász Valéria – Kálló Veronika 2017. Fonológiai tudatosságot alapozó szókinccsfejlesztő feladatsor. Játéksor az m fonémára 5-6 éveseknek óvodai foglalkozásra. *Fejlesztő Pedagógia* 28/3–6, 164–175.

- Kiss Renáta 2018. A fonológiai tudatosság technológiaalapú mérése 5–8 éves gyermekek körében. PhD-értekezés. Szeged: Szegedi Tudományegyetem. https://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/9989/1/PhD_Dolgozat_KR.pdf (Letöltve: 2020. 01. 10.)
- Korpilahti, Pirjo – Lang, Heikki 1994. Auditory ERP components and mismatch negativity in dysphasic children. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 91/4, 256–264.
- Kraus, Nina, – Koch, Dawn Burton – McGee, Therese J. – Nicol, Trent – Cunningham, Jenna 1999. Speech-sound discrimination in school-age children: psychophysical and neurophysiologic measures. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 42/5, 1042–1060.
- Kraus, Nina – McGee, Therese – Carrell, Thomas – Sharma, Anu 1995. Neurophysiologic bases of speech discrimination. *Ear and Hearing* 16/1, 19–37.
- Lampariello, Luca 2021. *How to improve your speaking skills: speak to yourself*. <https://www.youtube.com/watch?v=xGaeKMa7I0g> (Letöltve: 2021. 05. 12.)
- Larsen, Jan – Høien, Torleiv – Lundberg, Ingvar – Ødegaard, Helge 1990. MRI evaluation of the size and symmetry of the planum temporale in adolescents with developmental dyslexia. *Brain and Language* 39/2, 289–301.
- Lőrök József – Kászonyiné Jancsó Ildikó 2009. A fonológiai tudatosság fejlesztése és hatása az írott nyelv elsajátítására. In: Marton Klára (szerk.): *Neurokognitív fejlődési zavarok vizsgálata és terápiája. Példák a bizonyítékon alapuló gyakorlatra*. Budapest: ELTE Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Főiskolai Kar, Eötvös Kiadó. 11–41.
- Näätänen, Risto 1990. The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function. *Behavioral and Brain Sciences* 13/2, 201–233.
- Näätänen, Risto – Schröger, Erich – Karakas, Sirel – Tervaniemi, Mari – Paavilainen Petri 1993. Development of a memory trace for a complex sound in the human brain. *NeuroReport* 4/5, 503–506.
- Nagy József 2011. *DIFER fejlődésvizsgáló programcsomag 4-8 éves életkorban*. Szeged: Mozaik Kiadó.
- Nagy József – Józsa Krisztián – Vidákovich Tibor – Fazekasné Fenyvesi Margit 2004. *Az elemi alapkészségek fejlődése 4–8 éves életkorban: az eredményes iskolakezdés hét kritikus alapkészségének országos helyzetképe és a pedagógiai tanulságok : DIFER programcsomag*. Szeged: Mozaik Kiadó.
- Racsomány Mihály – Lukács Ágnes – Pléh Csaba 2002. Munkamemória és nyelvelsajátítás Williams-szindrómában. *Pszichológia* 22/3, 255–266.

- Rumsey, Judith 1992. Failure to activate the left temporoparietal cortex in dyslexia: an oxygen 15 positron emission tomographic study. *Archives of Neurology* 49/5, 527–534.
- Schulte-Körne, Gerd – Deimel, Wolfgang – Bartling, Jürgen – Remschmidt, Helmut 1998. auditory processing and dyslexia: evidence for a specific speech processing deficit. *NeuroReport* 9/2, 337–340.
- Sedlak, Franz – Sindelar, Brigitte 1998. „*De jó, már én is tudom!*” Budapest: Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Tanárképző Főiskola.
- Serniclaes, Willy – Sprenger-Charolles, Liliane – Carré, René – Demonet, Jean-Francois 2001. Perceptual discrimination of speech sounds in developmental dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 44/2, 384–399.
- Skultety, Vladimir 2015. *Sounding native. Vladimir Skultety at the Polyglot Gathering 2015.* <https://www.youtube.com/watch?v=L9KWR0S908g&t=782s> (Letöltve: 2019. 04. 15.)
- Studdert-Kennedy, Michael – Mody, Maria 1995. Auditory temporal perception deficits in the reading-impaired: A critical review of the evidence. *Psychonomic Bulletin and Review* 2/4, 508–514.
- Szűcs Dénes – Süle Tamás – Csépe Valéria 2001. Az eltérési negativitás mérési-újramérési megbízhatósága. *Magyar Pszichológiai Szemle* 56/1, 91–106.
- Tallal, Paula – Miller, Steve – Fitch, Roslyn 1993. Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. *Annals of the New York Academy of Sciences* 682/1, 27–47.
- Török Tímea – Hódi Ágnes – Kiss Renáta 2016. A fonológiai tudatosság online mérési lehetőségei az általános iskola első négy évfolyamán. *Alkalmazott Pszichológia* 16/1, 83–99.
- Tremblay, Kelly – Kraus, Nina – McGee, Therese 1998. The time course of auditory perceptual learning: neurophysiological changes during speech-sound training. *NeuroReport* 9/16, 3557–3560.
- Tremblay, Kelly – Kraus, Nina – Carrell, Thomas D. – McGee, Therese 1997. Central auditory system plasticity: generalization to novel stimuli following listening training. *The Journal of the Acoustical Society of America* 102/6, 3762–3773.
- Winkler István 2002. Változásdetekció összetett akusztikus környezetben: túl a kakktojás-paradigmán. In: Czigler István – Halász László – Marton L. Magda (szerk.): *Az általánostól a különöségig.* Budapest: Gondolat, MTA Pszichológiai Kutatóintézet. 82–108.