

Neurokognitív integrációs folyamatok, nyelvfejlődés és nyelvi zavarok

Témavezető: **Dr. Csépe Valéria**

Kutatóhely: MTA Pszichológiai Kutatóintézet

Fejlődés-pszichofiziológiai Csoport

OTKA nyilvántartási szám: **T 47381**

A pályázatban kitűzött célok

2004. április 01.-2005. február 28.

- (1) Lassú integrációs folyamatok a hallási feldolgozásban: a P-center hipotézis viselkedéses és EKP vizsgálata, amplitúdó moduláció és rise time változások
- (2) A szupraszegmentális akusztikus jelzések (hangsúly) szerepe a nyelvi feldolgozásban. A hangsúly-reprezentáció fejlődése, fejlődési (DL) zavarai

2005. március 01.-2006. február 28.

- (1) A lexikai keresés és olvasás összefüggéseit feltáró paradigmák kidolgozása
- (2) Modalitásközi priming paradigmák kidolgozása
- (3) Az aritmetikai és szemantikai sértés vizsgálata normál kísérleti személyekkel

2006. március 01.-2006. december 31.

- (1) A modalitásközi priming paradigmák alkalmazása a diszlexiás és SLI csoportban
- (2) Az aritmetikai és szemantikai sértés vizsgálata diszkalkulációsokkal és diszlexiásokkal

Módosítás

3. szakasz (2006. március 01.-2007. június 30.)

A modalitásközi priming paradigmák alkalmazása a diszlexiás csoportban (*módosítás: teljes SLI csoport EKP vizsgálata nem történik*)

Az aritmetikai és szemantikai sértés vizsgálata diszkalkulációsokkal (*módosítás: diszlexiásokkal nem készül EKP vizsgálat*)

A pályázat koncepciója

A pályázat konkrét munkatervi pontokban megfogalmazott célkitűzése azoknak a feldolgozási sajátosságoknak a vizsgálata volt, amelyek a saját és nemzetközi kutatási adatok szerint meghatározó szerepet tölthetnek be az egyes nyelvi feldolgozási folyamatok integrációjában. A kutatási koncepció lényege, hogy mind a hallási, mind pedig a vizuális inputszerveződés jellegzetességei felől közelítse meg a mentális lexikonhoz való hozzáférés során a jelentés- és tudás-integráció elemi-, illetve alpműveleteit.

A koncepció kiindulása az a felnőtt adatokból jól ismert tény, hogy a normál nyelvi működésben az egyes szintek nem csupán egymásra épülnek, hanem egymásba is fonódnak, s eközben facilitáció és integráció modulálja a résztvevő funkciókat. Feltételeztük, hogy a fejlődés során az egyes nyelvi feldolgozási szintek eltérő fejlődési üteme miatt a feldolgozás a tipikusan fejlődő, iskoláskorú gyerekeknél csak ritkán tér el minőségében is a felnőttekétől, az atipikus fejlődés esetében viszont a mintázat más. Ennek kimutatására neuropszichológiai, kísérleti pszichológiai és elektrofiziológiai vizsgálatokban követtük a feltételezett integrációs folyamatokat. Feltételeztük, hogy a jelentésrepresentáció alakulása a fejlődés során erősen támaszkodik a nyelvi rendszernek az elemi, a szerveződést erősen moduláló folyamataira, illetve a reprezentációhoz való hozzáférést eltérően határozzák meg a bemenet egyes, eddig kevésbé vizsgált tulajdonságai. A pályázat kutatási koncepciójának lényege, hogy a korábbi saját és a nemzetközi kutatásokra alapozva kiemelten vizsgál egyes lényegesnek tartott szerveződési folyamatokat, mindenképp a hallási feldolgozásban, illetve az olvasást igénylő feladatokban.

Integráció a hallási feldolgozásban

A diszlexia kutatásokban a pályázati koncepció kialakításakor a kurrens kérdések egyike az volt, hogy az olvasási zavarok hátterében meghatározónak tekintett fonológiai feldolgozási deficit a beszédhangok gyors változásának feldolgozási zavaraival mutat-e összefüggést, vagy pedig sokkal inkább az akusztikus integrációs folyamatokban keresendők az eltérések okai. A diszlexia úgynevezett P-center (perceptuális középpont) hipotézise (Goswami és Mtsai, 2002) alapján úgy tűnt, hogy a szerveződés globális jellemzői (nyelvészeti megközelítésben inkább szupraszegmentális) jobb magyarázó erővel bírnak a fonológiai szerveződés zavarainak természetére vonatkozóan. A pályázat szerves szakmai előzményét jelentő OTKA-pályázatban (T 3308) már sikeres előkísérleteket végeztünk a Goswami-csoporttal történő szakmai együttműködés keretében, így feltételezhető volt, hogy a P-center hipotézis elektrofiziológiai tesztelése új irányt hoz a diszlexiában oly gyakran tapasztalt hallási feldolgozási eltérések magyarázatában.

Mivel a P-center feladatok a modell szerint a szótaghangsúlyok detekcióját megalapozó akusztikus folyamatokat modellezik, szükségesnek tűnt ennek igazolása a szavak szerveződési szintjén is. Iskolás gyerekeknél viselkedéses módszerekkel azonban nem igazán nyerhetünk megbízható adatokat erre vonatkozóan, így ezeknek az integrációs folyamatoknak a fonológiai szerveződésben betöltött szerepe jól vizsgálható az eseményhez kötött agyi potenciálok (EKP) módszerével. A pályázat kidolgozásakor nem volt olyan EKP vizsgálat, amely a hangsúly szerveződését vizsgálta volna, kivéve saját korábbi csecsemővizsgálatainkat. Az itt megkezdett munkát folytattuk, illetve a kidolgozott módszert adaptáltuk felnőttekre és nagyobb gyerekekre. Az eltérési negativitás (EN) mérésére alapozó eljárás kombinációban

más akusztikai jellemzők feldolgozásával követtük a szub- és szupraszegmentális jellemzők feltérképezését a vizsgálni kívánt fejlődési zavaroknál (Landau-Kleffner, SLI).

Integráció a jelentéshez való hozzáférés során

Lexikális hozzáférés és jelentés-reprezentáció

A pszichológia legelterjedtebb modelljei szerint a szavak írott alakjának felismerése legalább két lépésben történik, a lexikai (szó-e az olvasott inger) és szemantikai (mi a jelentése az olvasott ingernek) hozzáférés azonban igen összetett folyamatokra épül. Míg a lexikális hozzáférés a szavak alakjának szenzoros feldolgozására támaszkodik, a szemantikai hozzáférés során a megfelelő koncepció aktiválódik. Az előző OTKA pályázat keretében kidolgoztunk egy olyan lexikális döntésre épülő EKP paradigmát, amely a szógyakoriság helyett a szókép-reprezentáció eltéréseire épít. Azt találtuk, hogy egyes speciális szóosztályok (számok írott szóként) alkalmasak a jelentés-integráció tanulmányozására és kifejezetten jól használhatók a diszlexiás feldolgozási deficitek és kompenzációs mechanizmusok tanulmányozására. Feltételeztük, hogy a gyermekkori szerzett, illetve fejlődési zavarokban a lexikai döntést megalapozó folyamatok eltérően érintettek.

A modalitás szerepe a szemantikai integrációban

A szemantikai reprezentáció fejlődésének, és fejlődési zavarainak vizsgálatában a viták egyik gyakori eleme, hogy miként tudjuk megközelíteni jobban a feldolgozás lényegét, tudjuk-e egyértelműen a reprezentációhoz rendelni. A pszichológiában jól ismert kettős kódolási modell szerint a képek reprezentációjához a verbális címkén (a modell szerint logogén) kívül más referenciális kapcsolatok is tartoznak. Mindebből egyértelműen következik, hogy egy adott modalitáson belül is többféle hozzáférés lehetséges. A fejlődési vizsgálatoknál a jelentésreprezentációban a hozzáférési hierarchia fejlődését, a zavaroknál ezek disszociációját tudjuk megragadni. Így például azt is, hogy az SLI altípusaiban és a Landau-Kleffner szindrómában a megnevezési deficit mely integratív funkciók zavaraival illetve hanyatlásával áll kapcsolatban. A paradigma továbbfejlesztett formájában arra is alkalmas, hogy az egyes nyelvtani kategóriák eltérő aktivációs jellegzetességeit vizsgáljuk.

A pályázat új eredményei

Lassú integrációs folyamatok a hallási feldolgozásban

Az amplitúdó-felfutási idő szerepe a ritmusészlelésben

A vizsgálatok célja, amint azt a kutatási koncepcióban is felvetettük, a beszédritmus megfelelő, illetve deficités percepciójának feltárása volt. A lassú integrációs folyamatok vizsgálatára egy olyan, elvileg nyelv-független feladatot adaptáltunk, amelyet a cambridge-i egyetem kutatói fejlesztettek ki. A gyerekeknek készült számítógépes programban alkalmazott amplitúdó-modulált hangok egy – hangosságában változó elemből – vagy két különböző elemből, egy akusztikusan kiemelkedő, dobbanásszerű (beat) hangból és egy háttérhangból álltak. Az angol és francia vizsgálati eredmények szerint a meredek amplitúdó-felfutás megfelelő fejlettségi szinten két hang észlelését eredményezi. A magyar anyagban az ingeren belüli felfutási időknél, és az ingerkezdet felfutási idejének észlelését vizsgáltuk. A diszlexiások és az életkori kontroll gyerekek között igazán nagy különbséget az ingeren belüli felfutási időváltozási feladatban találtunk. A hangkezdet felfutási idejének diszkriminációjában nem találtunk különbséget. Az, hogy a diszlexiás gyerekek csak az előbbi feladatban mutattak deficitet, arra utalhat, hogy a szupraszegmentális jellemzők pontos észlelése kritikusabb a pontos fonológiai reprezentációk kialakulásához, mint a gyors/tranziens jellemzők detekciója.

A szókezdeteket illetve változó hangsúlyokat modellező feladat lényeges különbséget mutatott a magyar és angol gyerekek között. A hangsúlyok észlelését modellező feladatban az angolok más mintázatot mutattak, és ez azzal magyarázható, hogy az angolban a hangsúly ritmushoz kötött, míg a magyarban mindig az első szótag a hangsúlyos. Meglepő eredménye volt a vizsgálatoknak az, hogy a magyar gyerekek az angoloknál érzékenyebbek voltak az ingerkezdet felfutási idejére. Ez azért is meglepő, mert nem ismert jelenleg olyan irodalmi közlés, amely a nyelvi tapasztalatnak az ilyen elemi akusztikai feldolgozásra gyakorolt hatását mutatta volna ki. Az eredményeket ismertető közlemény a Reading and Writing című folyóiratban jelenik meg (Surányi és munkatársai, 2007, megjelenés alatt)

Az amplitúdófelfutási idő elektrofiziológiai vizsgálata azt mutatta, hogy magyar anyanyelvűeknél is kiemelkedő érzékenység alakul ki az ingerkezdet akusztikus jellemzőire. A felfutási idő (rise time) eltérési negativitás (EN) korrelátumai azt mutatták, hogy a két elemből álló amplitúdó-modulált (AM) ingerkomplexum második tagjának felfutási idő változásai nem

váltak ki értékelhető választ. Ezzel szemben az ingerkezdő elem felfutási idejének kicsiny (N100 változást nem eredményező) változásai is robusztus EN megjelenéséhez vezettek, legalábbis az előkísérletekben. A további vizsgálatok azonban nem hoztak eredményt. A folyamatos AM modulált ingerekben bekövetkező változások viselkedéses detekciója (P-center feladat) ugyan jól használható feladatnak bizonyult, az EKP válaszokon nem jelent meg EN. A kontroll vizsgálatok szerint a folyamatos AM ingeren belüli változások alacsony amplitúdójú N100-at kiváltak ugyan, az AM váltakozása azonban nem vezet szenzoros emlékezeti nyom kialakulásához, a rise-time változások automatikus feldolgozása nem történik meg. A kapott eredmények megbízhatatlansága miatt ezekből az adatokból nem született publikáció. A Cambridge University kutatócsoportjával folytatott intenzív szakmai együttműködésnek köszönhetően az angol kutatók egy új, általunk nem használt paraméterű ingerekből álló paradigmát dolgoztak ki. Ebben a nagyon rövid amplitúdó-felfutási idejű ingerekkel végzett EKP paradigmában (a kialakításban és tanácsadásban munkacsoportunk fontos szerepet vállalt) sikerült alapvető feldolgozási eltérést kimutatni a diszlexiások és tipikusan fejlődő gyerekek között, ezt azonban a kutatócsoportnak a mai napig nem sikerült elfogadtatnia. Jelenleg egyetlen olyan publikáció ismert, amely az amplitúdó-felfutási idő EKP korrelátumaiban eltérést talált. Munkacsoportunk adatai szerint az adatok variabilitása olyan jelentős, hogy ezek alapján az agykérgi feldolgozás eltéréseire vonatkozó megbízható következtetések nem vonhatók le.

Szupraszegmentális akusztikus jelzések (szóhangsúly) szerepe a nyelvi feldolgozásban

A szupraszegmentális jellemzők agyi aktivitás korrelátumainak vizsgálatára kidolgozott paradigma alkalmazása és továbbfejlesztése az amplitúdó-felfutási idő elektrofiziológiai vizsgálatánál sikeresebbnek bizonyult. A 2004-ben publikált eredményeket (Honbolygó et al., 2004), amelyre egyre több nemzetközi hivatkozás történik, még az előző OTKA pályázatban értük el, a folytatásra és továbbfejlesztése jelen pályázatban került sor. A kutatások három irányban folytak. Az alapkutatási fókuszú EKP vizsgálatokban azt elemeztük, hogy a magyar nyelvben a hangsúly (pontosabban nyomaték) feldolgozását az egyes összetevők (akusztikai tulajdonságok, mintázat, lexikalitás) milyen mértékben határozzák meg. Az ennek során született adatokat több hazai és nemzetközi konferencia-előadásban ismertettük, a teljes, meglehetősen nagy mintán felvett adatok elemzésével és az új elméleti koncepció bemutatásával Honbolygó Ferenc 2007 őszi befejezendő PhD disszertációja foglalkozik.

Már az első publikációnál felmerült az a kérdés, hogy az élőbeszéd megértése során, különösen pedig a nyelvelsajátításban a szavak szegmentációját milyen mértékben szolgálja a

bemenet mintázata és miként a kiemelkedő (száliers) akusztikai tulajdonság. Már a 2004-es Neuroscience Letters publikációban feltételeztük a hangsúlyjellemzők elmaradásával kiváltott EN (eltérési negativitás) alapján, hogy a szabályos szótaghangsúly-szerkezetű magyar nyelvben minden szószerű ingerre hasonló mintázat-alapú feldolgozás történik. A lexikai hatás korlátozottságát bizonyítják a felnőttekkel kapott EKP eredményeink (Honbolygó et al., előkészületben). Azt is megállapítottuk, hogy kisiskolás korban is robusztus EN kíséri a hangsúly sértését, mégpedig a mintázat szerint és ez nem tér el a diszlexiásoknál sem. Felmerült tehát a kérdés, hogy a beszédészlelés során a hangsúlyészlelés is oly lassan fejlődik-e, mint a beszédhang-kategóriák adekvát feldolgozása. Azt, hogy ez utóbbi egy olyan hosszan tartó fejlődési folyamat eredménye, amelynek befejező és egyben kritikus szakasza az olvasástanuláshoz kötött, korábbi munkáinkban már bizonyítottuk (bővebben lásd Csépe, 2006). Ennek bizonyítására a hangsúly feldolgozásának fejlődését a korábbiaknál nagyobb mintán, 6-, illetve 10 hónapos babákon vizsgáltuk. A fonémareprezentáció és a szupraszegmentális nyelvi jellemzők feldolgozását és érését, illetve ezek feltételezett eltérését követtük a már kidolgozott és fentebb említett, angolul publikált EN paradigmák segítségével. Eredményeink szerint a beszédhangok későbbi kategorizációjának gyökerei már a 6 hónaposoknál jól mérhetők, a hangsúlyészlelésben azonban változatlanul dinamikus változások figyelhetők meg. A felnőttekre emlékeztető mintázat-specifikus feldolgozás csak a 10 hónaposoknál figyelhető meg, ez a koraszülöttek esetében elmaradást mutat. Adatainkat több nemzetközi konferencián ismertettük, a 36 babából álló mintáról készülő teljes publikáció kézírata elkészült (Ragó et al., benyújtás előtt). Csecsemővizsgálataink azt mutatják, hogy a nyelvi értesben oly fontos szerepet játszó szupraszegmentális jellemzők egyikét, a szóhangsúlyt, feltehetően kiemelkedő akusztikai tulajdonságai miatt, már igen korán feldolgozzák a babák, a mintázat-specifikus feldolgozás azonban hosszabb formálást igényel. A szavak szegmentális és szupraszegmentális tulajdonságainak feldolgozásáért az EN skalpelozslási jellemzőinek tanúsága szerint feltehetően más kérgi területek felelősek. Ezért fordultunk a klinikai alkalmazáshoz.

A hangsúlyértési EN paradigma klinikai kutatásokban (Landau-Kleffner szindróma = LKS) történő alkalmazása azt bizonyította, hogy a beszéd szupraszegmentális jellemzőinek lassan érő folyamatai igen sérülékenyek. A gyermekkori szerzett afáziaként is emlegetett LKS-ben a hangsúly-EN gyakran hiányzik, ez a bal centro-temporális tüske-hullám aktivitásnak köszönhetően akár hosszabb távon is a szupraszegmentális jellemzők bizonytalan észlelését eredményezi, ami alááshatja az előbeszéd megértését. A teljes neuropszichológiai és PET-vizsgálattal kiegészített LKS esettanulmány 2006 januárjában jelent meg, és már 2006 február-márciusban a Science Direct legtöbbet letöltött publikációinak úgynevezett *TOP25 Hottest Articles*

listáján szerepelt. Az eredmények iránti lankadatlan nemzetközi érdeklődés számos új kutatási együttműködési lehetőséget hozott, ezt a jövőben az alap- és klinikai kutatásoknak az eddiginél szorosabbra fűzésével kívánjuk megvalósítani.

A lexikai keresés és az olvasás összefüggései

Szóforma és szó szerkezet

A lexikai keresés az olvasás összefüggéseinek feltárására egy korábbi, igen ígéretes, és azóta több nemzetközi laboratóriumban is használt paradigmát (Csépe és mtsai, 2003) fejlesztettünk tovább a pályázat második évében. A számok írott alakjának (számszavak) olvasását vizsgáló, lexikális döntést kívánó paradigma első változatában a számszó feltételben karakterhosszra kiegyenlített álszavak szerepeltek. Felmerült azonban a kérdés, hogy a számszavak írott alakjának jellegzetes formátuma befolyásolhatja-e a feldolgozást. Ennek EKP-okkal is jól követhető kompenzációs funkcióját magasan funkcionáló felnőtt diszlexiás személyeinknél sikerült kimutatnunk (lásd Csépe, 2006). Feltételeztük ugyanakkor, hogy amennyiben a számosságra, illetve a jelentésre vonatkozó feldolgozást árnyaltan kívánjuk vizsgálni az egyes szókatégoriák jellegzetes vizuális formátumát is ellenőriznünk kell. A 2005 végéig befejezett és közleményre előkészített (Soltész et al., kézirat) és több kongresszusi előadásban bemutatott kutatási eredmények a számszavak feldolgozásának a más szókatégoriától (gyakori főnevek) jellegzetes szerveződését igazolták. Ennek új eredménye, hogy a lexikonhoz való hozzáférésnek már a korai szakaszában eltérés figyelhető meg (P2 komponens negatív irányú eltolódása, különösen a nyelvi paradigmákban is leginkább eltérést mutató elevezetéseknél /F7 és F3/), aszerint, hogy milyen kategóriában történik a keresés. Ezen kívül a számszavakról ismét bebizonyosodott, hogy különleges státuszuk van a mentális lexikonban.. Erre utal a késői pozitív komponensnek (LPC) a korábbi vizsgálati eredményeket megerősítő jellegzetes eltérése.

A koncepcióban laza kapcsolattal egymásra épülőként feltételezett folyamatok elemzése azt bizonyította, hogy a szemantikai rendszernek tulajdonítható top-down folyamatok változatos elektrofiziológiai mintázatban ragadhatók meg. A lexikális szemantika szempontjából igazán újdonságnak számító eredmény az EKP-ok N4 komponensének szókatégoria szerinti eltérése volt, amelyet két fő jellemzőben sikerült megragadni. A keresési erőfeszítés eltérésére utal, hogy a lexikális döntést a számszó kategóriában szignifikánsan nagyobb N4 kíséri a jobb oldalon. Az N4 amplitúdó- és látenciajellemzői ezen kívül arra utalnak, hogy a számszavak esetében csak részben azonosak a feldolgozás lépcsői, feltehetően amiatt, hogy a számszó feltételben a

jelentésazonosítás egy a nyelvi hálózattal átfedésben lévő de eltérő szerveződésű számfeldolgozó rendszerrel áll kapcsolatban (Soltész, Csépe, Szűcs, angol kézirat, benyújtás előtt).

A lexikai feldolgozás és a szóformák automatikus feldolgozásának folyamatait nyilvánvalóan befolyásolják tehát olyan jellemzők, amelyek a feldolgozási szintek eltérő integrációjához köthetők. Ennek vizsgálatára egy merőben új, az eredeti pályázatban konkrétan nem tervezett, csak utalásszerűen felvetett, a vizuális szóalakra vonatkozó paradigma kidolgozásával került sor. A paradigma viselkedéses változata szavak betűsorrendjét (pontosabban bigramjainak) változtatta egyszerű csere vagy legális, illetve illegális formákhoz vezető transzpozíciójával (Tóth Dénes OTDK I. helyezett pályázata, 2005). A paradigma EKP változata a vizuális szóforma bigramjainak és szegmenseinek (szókezdet, szóvég) eltérő súlyú feldolgozását bizonyította, és olyan új eredményt hozott, amely eltér az angol nyelvű szakirodalomban egyelőre csak konneccionista modellek által jósolt elvárásaitól. Az új feladat az olvasásban működő valószínűségi tanulás olyan újelemeire derített fényt, amelynek feltárása csak újabb kutatási keretben valószínűsíthető meg (Tóth és mtsai, előkészületben).

Előfeszítési és idői hatások

A nyelvi folyamatokon belül érvényesülő integrációs folyamatok vizsgálatához két kísérletsorozatot terveztünk. Az egyik az egyeztetés és a feldolgozás idői paramétereit vizsgálta. A másik paradigma a modalitásközi előfeszítés, a nyelvtani számosság és a személy-szám egyeztetés vizsgálatához került kialakításra. Bár ezeket a paradigmákat diszlexiásokon és SLI gyerekeken is bemértük, ezek mindenképp a többszörös esettanulmány és nem a csoport-összehasonlító vizsgálat kategóriájába tartoznak (lásd a pályázat engedélyezett munkaterv-módosítását).

Az alapparadigma a személy-szám egyeztetés vizsgálatára készült. Ehhez olyan egyszerű, kétszavas, vizuálisan bemutatott, alany-állítmány (S-V) mondatokat használtunk, amelyben az alany és az állítmány megjelenése közötti időt változtattuk. Az eseményhez kötött potenciálok (EKP) LAN-N400 hullámösszetevőit elemezve megállapítottuk, hogy az alany és az állítmány idői távolsága a LAN amplitúdójának megnövekedésével, valamint látenciájának megnyúlásával jár. A szemantikai reprezentációhoz való nehezített (esetünkben csupán késleltetett) hozzáférés viszont az N400 latenciáját nem módosította, csupán amplitúdójának szignifikáns megnövekedésével korrelált. Az eredmények külön érdekessége, hogy az EKP-ok változása a szintaktikai érvényességre nem mutat érzékenységet. Eredményeink szerint továbbá a látenciájában is jelentősen változó LAN által tükrözött folyamatok és a szemantikai feldolgozással korreláló, látenciájában nem változó N400 komponenst meghatározó folyamatok részben függetlenek. Az

eredményeiről több hazai és nemzetközi konferencián, illetve publikációban számoltunk be (Jolsvai és mtsai, 2006). A paradigma felhasználásával SLI gyerekeken mért EKP adatai azt mutatták, hogy a szerkezetépítés és a jelentés-hozzáférés aszerint változik, hogy a vizsgált gyerekek a neuropszichológiai vizsgálatok (NEPSY és kiegészítő munkamemória feladatok) szerint elsősorban a nyelvi, vagy a munkamemória feladatokban térnek el tipikusan fejlődő társaiktól. Az eredmények hazai és nemzetközi konferenciákon hangzottak el. A diszlexiásokkal végzett kísérletek tanúsága szerint a feldolgozási folyamatok egymásra épülése nem tér el, különbség csupán a feldolgozási időben található. Ez megfelel azoknak a nemzetközi adatoknak, amelyek mind azt igazolják, hogy a diszlexiásoknál a magasabb nyelvi szintek általában érintetlenek, a fő problémát a párhuzamos olvasási utak háttérfolyamatainak a tipikustól való eltérése jelenti.

A személy-szám egyeztetési paradigma modalitásközi előfeszítésre építő változatának elkészült a hanganyaga (egyeztetendő S-V) és az a képanyag, amellyel az vizsgálható, hogy az alannal azonos számú alakot ábrázoló kép előfeszíti-e az állítmányon mért egyeztetést. Sem a viselkedéses sem az EKP vizsgálatok nem igazolták azt a feltevést, hogy az előfeszítő szerepűnek szánt képek hatnának arra a feltehetően absztraktabb reprezentációra, amelyre a nyelvtani számosság feldolgozása épül.

Szám és jelentés

A szemantika és a mennyiség reprezentációjának összefüggéseit feltárandó két vizsgálatosorozatot terveztünk és végeztünk el. Az eredmények értelmezésében nemzetközi adatokra és egy másik OTKA pályázatban (témavezető: Szűcs Dénes) az aritmetikai műveletek EKP vizsgálatával született saját eredményekre támaszkodtunk.

Az első vizsgálatorozatban azt kívántuk ellenőrizni, hogy a mennyiségek absztrakt reprezentációja a számok vizuális formájáról szerzett tapasztalattal összefüggésben áll-e. A vizuális tapasztalat lehetséges szerepének kizárására a jól látó kísérleti személyek kontrolljaként született vak személyeket vizsgáltunk. Az EKP eredmények azt igazolták, hogy a vakoknál a számjelentés reprezentációja megfelel a kontrollnak. Ennek EKP korrelátumait értelmezve arra a következtetésre jutottunk, hogy az úgynevezett távolsághatás ugyanazon parietális rendszer működéséhez kötött és nem függ a vizuális tapasztalattól. Találtunk azonban egy lényeges feldolgozási eltérést a két csoport között, nevezetesen pedig azt, hogy a vakok a számok nagyságának összemérésekor erősebben támaszkodnak a kezdeti feldolgozási szakaszhoz köthető szemantikai megfeleltetésre. Adataink arra utalnak, hogy a számok jelentésének reprezentációja legalább kétféle rendszerre támaszkodik, az integráció pedig aszerint alakul, hogy a szemantikai

hálózat miként tud kapcsolódni ahhoz a szánfeldolgozásért felelős hálózathoz, amelynek agyi területei a parietális rendszerhez tartoznak. Az eredmények szimpózium előadásként hangzottak el (HBM, 2004, Budapest) majd később publikálásra kerültek (Szűcs és Csépe, 2005)

A vizsgálatok ezzel párhuzamosan egy nagyobb mintán végzett fejlődési diszkalkulia-vizsgálattal egészültek ki. Ebben megállapítható volt, hogy fejlődési diszkalkuliában a nagyság szemantikai reprezentációja nem tér el a tipikusan fejlődőktől. Ugyanakkor az is kiderült, hogy a távolsághatással kiváltható EKP összetevő csak a tipikusan fejlődőknél jelenik meg a megfelelő eloszlással. Mindebből és a neuropszichológiai vizsgálatok eredményeiből megállapítható, hogy a korai, automatikus folyamatok épek, a szemantikai feldolgozás nem érintett, miközben számos kontroll folyamat eltérést, illetve atipikus tulajdonságokat mutat (Soltész et al., 2007).

A jelentés feldolgozásában, a bemeneti információk integrációjában, mintá ma int azt a saját és az irodalmi adatok alapján feltételeztük, több párhuzamosan zajló aktív feldolgozási folyamat érintett. A fenti eredményeket megnyugatatóan támasztják alá azok a adatok, melyek egy másik OTKA-pályázatban (témavezető: Szűcs Dénes) vizsgálatban születtek. Ebben az N2/N4 hullámegyüttes változását követtük, a vonás- és kategória-specifikus feldolgozás követésére ingeranyagként színes betűket és számokat használtunk. Az eredmények megerősítik fenti N4 eredményeinket, azaz azt, hogy a centro-parietális N4-hatás a kategória szerinti keresés EKP korrelátuma. Az N4 eseményhez kötött spektrális perturbáció (ERSP) analízisének eredményei is azt erősítik meg, hogy ez a hullámösszetevő a szemantikai eltérés specifikus markere, azaz nem azonos egyfajta általános eltérés-azonosítással. Ez utóbbi sokkal inkább olyan funkciókra támaszkodhat, amely a feladatreleváns vonások detekciójára érzékeny (Szűcs és mtsai, 2006).

Kitekintés

A pályázat során kapott eredmények és az irodalmi adatok alapján egy olyan koncepciót dolgoztunk ki, amely több kognitív idegtudományi modellt is felhasználva a nyelvi feldolgozásban érvényesülő integrációs folyamatok fejlődési modellje. Ebben a modellben külön hangsúlyt kap a beszédértésért felelős hallási feldolgozórendszer dorzális, úgynevezett „Hogyan?” lánacának, illetve a szupratemporális árok poszterior területének (STSp) az integrációban betöltött funkciója (lásd Csépe 2007a és 2007b, In: Gósy /szerk/).

Az OTKA kutatások témájában, a publikációs mellékletben felsorolt közleményeken kívül 38 hazai és nemzetközi kongresszusi előadás hangzott el (ebből 6 meghívott plenáris és 8 szimpozium), 17 poszter került bemutatásra, ugyancsak hazai és nemzetközi konferenciákon, workshopokon. A 2007-re átnyúló valamennyi munka benyújtásra került, jelenleg egy angol nyelvű kézirat áll még elbírálás alatt, illetve egy ugyancsak angol nyelvű szeptemberben kerül

benyújtásra. A kutatási témában több szakdolgozat és műhelymunka készült. Az OTKA pályázat részfeladataiban négy PhD hallgató vett részt, a teljesítésként vállalt PhD disszertáció kísérleti anyaga feldolgozva, ezt Honbolygó Ferencnek a 2007 őszén beadásra kerülő disszertációja tartalmazza.

A pályázati időszak eredmény-összefoglalója

A pályázati koncepciónak megfelelően azokat a kevésbé ismert integrációs folyamatokat vizsgáltuk, amelyeknek meghatározó szerepe lehet a nyelvi feldolgozásban:

- ✓ Eseményhez kötött agyi potenciál (EKP) vizsgálatainkban megállapítottuk, hogy a magyar nyelvben a hangsúly (pontosabban nyomaték) feldolgozását az akusztikai tulajdonságokon kívül jelentős mértékben határozza meg egy magasabb feldolgozási szint, ez a hangsúlymintázat reprezentációja.
- ✓ A felnőtt adatok alapján kialakított hipotézist alátámasztják fejlődési és a lexikalitás hatását vizsgáló kísérleteink eredményei. Eszerint a szabályos szótaghangsúly-szerkezetű magyar nyelvben minden szószerű ingerre hasonló mintázat-alapú feldolgozás történik.
- ✓ A hangsúlysértési EN paradigma klinikai kutatásokban (Landau-Kleffner szindróma) történő alkalmazása azt bizonyította, hogy a beszéd szupraszegmentális jellemzőinek lassan érő folyamatai igen sérülékenyek. A gyermekkori szerzett afáziaként is emlegetett szindrómában a hangsúlyfeldolgozás atipikus, ez pedig aláássa az élőbeszéd megértését.
- ✓ A hangsúly akusztikai modellezését szolgáló feladatok lényeges különbséget mutattak a magyar és angol gyerekek között. Új eredménye volt a vizsgálatoknak az, hogy a magyar gyerekek az angoloknál érzékenyebbek voltak az ingerkezdet felfutási idejére., míg az angolok az ingeren belüli modulációra. Ez azért is meglepő, mert nem ismert jelenleg olyan irodalmi közlés, amely a nyelvi tapasztalatnak az ilyen elemi akusztikai feldolgozásra.
- ✓ A szójelentés és mennyiségtulajdonságok kölcsönhatását számszavakkal vizsgálva ismét bebizonyosodott, hogy ezeknek különleges státusza van a mentális lexikonban. A lexikális szemantika szempontjából igazán újdonságnak számító eredmény az szókategóriához kötött lexikai feldolgozás EKP-korrelátumainak feltárása. A számszavak kategóriájában a keresést szignifikánsan nagyobb EKP válasz kíséri a jobb oldalon, ez pedig arra utal, hogy a számszavak esetében csak részben azonosak a feldolgozás lépcsői.

- ✓ A diszkalkulációsokkal végzett vizsgálatokban megállapítottuk, hogy a nagyság szemantikai reprezentációja nem tér el a tipikusan fejlődőkéttől, bár más jellemzőkben (távolsághatással kiváltható EKP összetevő) jelentős a különbség.
- ✓ A lexikai feldolgozás és a szóformák automatikus feldolgozásának folyamataiban megjelenő integrációra további adatokat nyertünk a szavak betűsorrendjét változtató EKP kísérletekben. Ennek során az olvasásban működő valószínűségi tanulás új elemeit tártuk fel.
- ✓ A jelentés és a nyelvtani szerkezetépítés vizsgálata hasonlóan új eredményeket hozott. Megállapítottuk, hogy az alany és az állítmány idői távolsága a szerkezetépítést és nem a szemantikai feldolgozás idejét módosítja. Az eredmények külön érdekessége, hogy az EKP-ok változása a szintaktikai érvényességre nem mutatott érzékenységet.
- ✓ A diszlexiásokkal végzett kísérletek tanúsága szerint a feldolgozási folyamatok egymásra épülése nem tér el, különbség csupán a feldolgozási időben található.
- ✓ A kutatási adatok alapján a nyelvi feldolgozásáért felelős agykérgi hálózat fejlődési modelljét dolgoztuk ki.

A pályázat megvalósításának körülményei

A pályázat rendkívül sok olyan új eredményt hozott, amely egybecseng a pályázat ideje alatt a nemzetközi szakmai közvélemény figyelmének középpontjába kerülő, így egyre inkább kurrens kutatási céllá váló témákkal. Ezek közé tartozik a szupraszegmentális jellemzők agyi feldolgozása, a nyelvi feldolgozási szintek integrációja, a jelentésreprezentáció és tudás folyamat-összetevőinek agyi aktivitásvizsgálata. A befejezett kutatások szempontjából az egyik leginkább figyelembe veendő tény az az erősödő (és egyben divatossá is váló) megközelítés, amely a kognitív fejlődést az agyi aktivitásvizsgáló módszerekkel követi. A pályázat időszakára tehető annak a munkacsoportunkban 2000 óta hivatalosan is művelt fejlődés-idegtudományi területnek az erősödése, amely minden korábbinál nagyobb közérdeklődést vált ki. Ezzel párhuzamosan megjelent egy olyan új kutatási terület, amelyben munkacsoportunk tagjainak tevékenysége alapozó típusú és meghatározó. Ezen a magyarul leginkább oktatás-idegtudományként (neuroscience in education) megnevezhető területen olyan új együttműködések kezdődtek, amelyek kutatásainknak már most is multidiszciplináris természetét tovább erősíti. Az OTKA és

más kutatások során nyert saját, illetve a nemzetközi adatok integrálására számos lehetőséget ad a 2007-es év (Csépe két fejezete Gósy Mária kötetében, key-note address előadás az EARLI konferencián, felkért szemle cikk az Educational Review számára).

A pályázat megvalósítását nehezítette a résztvevő fiatal kutatóknak egyébként öröndetes mobilitása. Ez egyenes következménye a munkacsoport nemzetközi beágyazódásának. Az eredeti résztvevők közül mindvégig jelen volt Honbolygó Ferenc. A pályázat harmadik évében Jolsvai Hajnal PhD ösztöndíja lejárt, viszont korábbi és jelenleg is folyó együttműködéseknek köszönhetően az MTA Nyelvtudományi Intézetben kapott MTA fiatal kutatói megbízást. Jolsvai Hajnal jelenleg New Yorkban a szenzoros emlékezet, a szemantikai integráció EKP korrelátumait kutatja. Szűcs Dénes a pályázat második évétől a Cambridge University (Centre for Neuroscience in Education) kutatója, a csoporttal változatlanul együtt dolgozik, Ragó Anett (a pályázat 2. évétől az ELTE PPK, Kognitív Pszichológia Tanszék munkatársa, a pályázat harmadik évében GYES-en). A munkába bekapcsolódtak új résztvevők, Soltész Fruzsina és Tóth Dénes (ELTE PPK, témavezető: Csépe Valéria), valamint Szabó Léna (SE, témavezető: Csépe Valéria).

A nemzetközi konferenciákon bemutatott eredmények, illetve korábbi és új kutatási együttműködések jelentős pályázati sikereket hoztak. 2006 júniusában elindult a Neurodys (Life Sciences, EU 6. keretprogram) és a ProRead (Socrates, EU 6. keretprogram). Mindkét pályázat eltérő témát dolgoz ki, mint a befejezett OTKA pályázat, a pályázat támogatásával produkált eredmények, illetve az empirikus és elméleti munka során szerzett tapasztalatok. A munkacsoportnak a területen elért eredményeit ma már a gyakorlat is egyre inkább hasznosítja, a feltárt összefüggések bemutatására, illetve a tudományos ismeretterjesztésre is egyre több lehetőség nyílik (például Csépe Valéria Míndentudás Egyeteme előadása: <http://www.mindentudas.hu/csepevaleria/index.html>).

A kutatási koncepció ellenőrzésére tervezett kísérletek maradéktalanul teljesültek, jóllehet a modalitásközi előfeszítés vizsgálatára kialakított kísérletek nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. Ugyanakkor a sikeres és új eredményeket hozó elektrofiziológiai kísérletek, neuropszichológiai vizsgálatok, tovább az új, az előkísérletek értékelésekor szükségessé vált viselkedéses feladatok eredményei mind azt sugallják, hogy a kidolgozott, a beszéd, illetve az írott információk alapján történő nyelvi feldolgozás szintjeinek és összetevőinek integrációjában keresendő a feldolgozó hálózat és a nyelvi rendszer fejlődésnek a kulcsa. Ez vihet előbbre az olyan fejlődési zavarok megértésben, mint a diszlexia, a diszkalkulia és az SLI. Mindez azonban a jelenlegi hazai helyzetben igen sok többletmunkával jár, mivel jelenleg sem a fejlődés-neuropszichológiai tesztcsomag új változatának (NEPSY II) nincs sztenderdizált változata, sem a diszlexia, illetve diszkalkulia hazai diagnosztikájában alkalmazott, gyakran elavult, tudományos

szempontból legalábbis megkérdőjelezhető változatai helyett nincs korszerű, normaértékekkel rendelkező tesztcsomag. Ezek feladattípusa és költségvonzata messze meghaladja az OTKA pályázatok lehetőségeit. A fentebb említett ProRead ilyen irányú kutatásainak támogatója, míg a Neurodys egészen más irányú, a diszlexia genetikai (epidemiológiai alapú teljes genom vizsgálat), agyi (vizuális szóforma – fMRI, észlelési horgony- EKP) és pszichológiai szintjeit kívánja megfeleltetni. Mindenesetre jelzésértékű, hogy angol nyelvű publikációinknál egyre nagyobb nehézséget jelent a hazai diagnosztikai helyzet sajátos állapota.

A kutatás kivitelezését nehezítették azok a finanszírozási problémák, amelyet a pályázat induló évének elvonásai, az OTKA részéről kezdeményezett, pénzügyi vonzattal járó szerződésmódosítása okozott. A beszerzések ütemezését változatlanul nem segíti az utalások ütemezése, bár örömmel tapasztaltuk, hogy nyilván az elektronikus rendszernek is köszönhetően, az ügyek intézése rugalmasabb, mint bármely korábbi beszámolási időszakban.