
A HANGSÚLYFELDOLGOZÁS AKUSZTIKAI, KOGNITÍV ÉS AGYI HÁTTERE

OTKA azonosító: PD 84009

Vezető kutató: Dr. Honbolygó Ferenc

Projekt időtartama: 2011.01.01 – 2014.12.31.

SZAKMAI BESZÁMOLÓ (ZÁRÓJELENTÉS)

1. A KUTATÁS CÉLJA, A MUNKATERVBEN VÁLLALT KUTATÁSI PROGRAM

Jelen kutatási projektben a szóhangsúly feldolgozásának pszicholingvisztikai és kognitív idegtudományi vizsgálatát tűztük ki célul. A szóhangsúly tanulmányozásának jelentősége abban áll, hogy a hangsúly fontos szerepet játszik a beszédfolyam szavakra történő tagolásában, és így a lexikai hozzáférési folyamatokban. Ebből következően annak feltárása, hogy a nyelvi rendszer hogyan dolgozza fel és reprezentálja a hangsúlyt, segíthet annak megértésében, hogy hogyan zajlik a szavak hallás útján történő megértése.

A projekt során a hangsúlyt két aspektusból vizsgáltuk: egyrészt szeretettük volna jobban megérteni, hogy milyen akusztikai jellemzőkkel rendelkezik a percepció és a produkció szintjén, másrészt szeretettük volna feltárni azon idegrendszeri folyamatokat, amelyek részt vesznek a feldolgozásában és leképeződésében. Ennek megfelelően a projekt kezdetén három kísérletet javasoltunk:

1. kísérlet: A hangsúllyal kapcsolatos akusztikai jellemzők vizsgálata produkciós vizsgálatból nyert hanganyag alapján.
2. kísérlet: A hangsúly hosszú távú absztrakt reprezentációjának vizsgálata az eseményhez kötött agyi potenciálok (EKP) módszerével.
3. kísérlet: A hangsúllyal kapcsolatos akusztikai jellemzők relatív fontosságának vizsgálata EKP módszerrel.

A kísérletek során bizonyítani kívántuk az alábbiakat:

1. A hangsúly egyik lényeges akusztikai jellemzője az eddig feltárt alapfrekvencia (f_0), intenzitás és időtartam információkon túl az amplitúdó moduláció, amely ráadásul nagyrészt invariáns jellemzőként jelenik meg.
2. A hangsúly preattentív feldolgozása során a hangsúly mintázat sértése akkor is észlelhető, ha standard és deviáns ingerek több különböző jelentés nélküli szóból állnak, azaz a hangsúly sértésének detekciója absztrakt reprezentációkon, és nem konkrét inger jellemzőkön alapul.

3. A hangsúlyos és hangsúlytalan szótagok megkülönböztetése során az észlelőrendszer több különböző akusztikai jellemzőre támaszkodik, de ezek közül vannak kitüntetett jellemzők, amelyek nagyobb súllyal járulnak hozzá a hangsúly észleléséhez.

2. A KUTATÁS FŐBB EREDMÉNYEI, MEGÁLLAPÍTÁSAI

1.a A hangsúly akusztikai jellemzői közül ökológiailag valid produkciós helyzetben az időtartam és intenzitás szignifikáns eltérését tudtuk kimutatni a hangsúlyos és hangsúlytalan szótagok között. A fókusz hangsúly vizsgálata esetében több akusztikai jellemzőben is találtunk eltérést a hangsúlyos és hangsúlytalan szótagok között. A kutatási tervben bemutatott amplitúdó moduláció vizsgálatával kapcsolatban nem sikerült egyértelmű eredményeket kapnunk.

1b. A hangsúly percepciója kapcsán kimutattuk, hogy hallgatók tovább fenntartották az első szótagra adott hangsúly ítéleteket, mint azt az akusztikai jellemzők indokolták volna. Ez arra utal, hogy a hangsúlyítéletekben megjelent a trochaikus torzítás, azaz az első szótagra eső hangsúly preferenciája. Továbbá a hangsúlyítéletek reakcióidő és címkézési eredményei azt mutatták, hogy az időtartam információ kevésbé hatékony jelzése a hangsúlynak, mint az f_0 és az intenzitás, de a többi jellemzőhöz hasonlóan ez is felhasználható a hangsúly jelzésére a magyar nyelvben is.

2. A hangsúly preattentív feldolgozásával kapcsolatban kimutattuk, hogy a hangsúlymintázatban és lexikai státuszban eltérő deviánsok egy korai és egy késői Eltérési Negativitást (EN) váltottak ki. A korai EN a hangsúlymintázat változására volt inkább érzékeny, de a lexikalitásra nem, a késői EN pedig mind a prozódiai, mind a lexikai változásokat követte.

3. A hangsúlyhoz kapcsolódó akusztikai jellemzőkkel kapcsolatos elektrofiziológiai vizsgálatban azt találtuk, hogy minden vizsgált ingerjellemező kiváltotta az EN komponenst. Nem találtunk olyan specifikus agyi választ, amely kifejezetten a hangsúlyos szótag detekciójának korrelátuma lett volna, de kimutattuk, hogy ugyanazon akusztikai jellemzők beszéd környezetben kifejezettebb agyi válaszokat váltanak ki, mint nem-beszéd környezetben. Továbbá a vizsgált akusztikai jellemzők közül az f_0 volt az, amely a legnagyobb változásdetekcióhoz kapcsolódó agyi választ váltotta ki, ezért feltételezhetően ez az a jellemző, amely leginkább hozzájárul a hangsúly észleléséhez.

3. A KUTATÁS RÉSZLETES EREDMÉNYEI

3.1 A HANGSÚLY AKUSZTIKAI JELLEMZŐINEK VIZSGÁLATA

3.1.1 PRODUKCIÓS KÍSÉRLET

A hangsúly akusztikai jellemzőivel kapcsolatos elméletek kiindulópontja a hangsúly akusztikai jellemzőinek mérése volt. A korai elméletek szerint a hangsúlyos szótagot nagyobb produkciós erőfeszítéssel képezzük, és ebből arra következtettek, hogy a hangsúly legfontosabb akusztikai korrelátuma az intenzitás (Sweet, 1906, Bloomfield, 1933). Ezt az elvárást a konkrét mérési adatok azonban nem támasztották alá, sem a magyar (pl. Fónagy, 1958), sem más nyelvekben (ld. Fox, 2000). Későbbi tanulmányokban - nyelvenként eltérő súllyal – főként az f_0 és időtartam meghatározó szerepét mutatták ki (Sluijter és van Heuven, 1996, Campbell és Beckman, 1997, Plag, Kunter és Schramm, 2011). Ezen tanulmányok úgynevezett hangsúly minimális párok akusztikai jellemzőit vizsgálták, azaz olyan szó párokat, amelyek ugyanazon fonémákból állnak és csak hangsúly mintázatukban térnek el egymástól, például *'permit* (engedély) – *per'mit* (engedélyezni). A tanulmányok egyik lényeges eredménye, hogy megbízható eltérést találtak egy korábban nem vizsgált akusztikai jellemzőben, mégpedig a spektrális egyensúlyban. A spektrális egyensúly azt tükrözi, hogy az egyes frekvencia tartományokban milyen nagyságú akusztikai energia mérhető, vagyis ez a mérőszám egyszerre jeleníti meg a frekvencia és az intenzitás változását.

Saját vizsgálatunkban egy olyan produkciós kísérletet végeztünk, amelyben a résztvevők összefüggő szövegeket olvastak fel. Ezekben egy adott szótag hangsúlyos vagy hangsúlytalan pozícióban szerepelt. Pl. "Péternek és Rékának egyre több panasa volt közös nagyvárosi albérletükre. Péter az unokatestvérem apai ágon. [...] Lassan tapétát is választhatnánk." Ez az eljárás lehetővé tette, hogy ugyan nem spontán beszédhelyzetben, de egy ökológiailag valid helyzetben ugyanazon szótagok akusztikai jellemzőit hasonlítsuk össze a két feltételben. Az akusztikai mérések eredményei szerint az időtartam és intenzitás értékben volt különbség a hangsúlyos és hangsúlytalan pozícióban álló szótagok között, de az f_0 és spektrális egyensúly értékben nem.

Mivel az első vizsgálatban kapott eredmények nem adtak kielégítő választ a hangsúly akusztikai jellemzőivel kapcsolatban, ezért egy második produkciós kísérletben egy eltérő ingeranyagot alakítottunk ki. Ebben a hangsúly egy kifejezettebb formáját, az úgynevezett fókusz hangsúlyt vizsgáltuk. Olyan kérdés-felelet párokat hoztunk létre, amelyekben vagy a szó elejei szótag vagy megkapta a fókuszhangsúlyt vagy nem. Pl.:

„Barbara farkas éhes volt.

Ki volt farkas éhes?

Barbara volt farkas éhes.

Mennyire volt éhes Barbara?

Barbara farkas éhes volt.”

Plag és mtsai (2011) nyomán a mondatkezdő szótagok akusztikai jellemzőinek öt aspektusát vizsgáltuk: alapfrekvenciát, hanglejtést, intenzitást, hosszt és spektrális egyensúlyt. A mérési eredmények azt mutatták, hogy a fókuszos és fókusz nélküli szótagok az alapfrekvencia, intenzitás, hanglejtés és spektrális egyensúly terén is különböztek: a fókusz nélküli szótagok alacsonyabb f_0 -al rendelkeztek, halkabbak voltak és kevesebb magas frekvenciájú energiát tartalmaztak, mint a normál és fókusz nélküli szótagok. Továbbá a fókusz hangsúlyos szótagok inkább ereszkedő hanglejtést mutattak, mint a többi típusú szótag. Eszerint tehát a fókusz hangsúly esetében egy sokkal gazdagabb akusztikai jellemzőkben való eltérést lehet tapasztalni, mint a fókuszt nem használó szavak esetében. Ezek az eredmények konzisztensek a korábbi kutatások eredményeivel (Campbell és Beckman, 1997, Plag és munkatársai, 2011). Ugyanakkor feltételezhető, hogy a fókusz és nem fókusz pozícióban álló szavak első szótagjainak akusztikai különbségei elsősorban a mondatintonáció és mondathangsúly hatását tükrözik, vagyis nem a szószintű hangsúly akusztikai jellemzőit ragadtuk meg ezek mérésével. Mivel az első produkciós kísérletben, amelyben a szószintű hangsúlyt vizsgáltuk csak korlátozottan kimutatható eltéréseket kaptunk, ez arra utal, hogy továbbra sem tudunk olyan akusztikai jellemzőket mutatni, amelyek egyértelműen és invariánsan jeleznék a hangsúlyt.

A kutatási tervben bemutatott amplitúdó moduláció vizsgálatával kapcsolatban nem sikerült egyértelmű eredményeket kapnunk. Noha elvárásaink szerint éppen ez a jellemző lehetne egy invariáns akusztikai kulcsa a hangsúlynak, a prozódiai jellemzőkkel kapcsolatos lassú amplitúdó modulációs értékek mérésének technikai megvalósítására sem az áttekintett szak-

irodalom, sem a rendelkezésre álló algoritmusok nem tudtak egyértelmű megoldást javasolni. Ugyanakkor friss kutatások (Leong, 2014) bemutatnak olyan módszereket (pl. Spectral Amplitude Modulation Phase Hierarchy Model), amelyek segítségével megbízhatóan jellemezhetőek a hangsúlyos és hangsúlytalan szótagok az amplitúdó moduláció révén az angol nyelvben. Ezen módszerek kipróbálására a saját adatainkon már nem volt lehetőségünk a jelen projekt keretein belül, de a továbbiakban érdemes lenne további vizsgálatokat folytatni ezen módszerek használatával, és megvizsgálni, hogy mennyiben alkalmazhatóak ezen új módszerek a magyar nyelvben megjelenő hangsúly jellemzésére.

Vizsgálataink egy másik komplex akusztikai jellemző, a spektrális egyensúly fontosságára is ráirányították a figyelmet, amely szintén egy olyan akusztikai korrelátuma a hangsúlynak, amelyet eddig keveset vizsgáltak, és amely kapcsán további vizsgálatok elvégzésre lenne szükség.

3.1.2 A HANGSÚLY AKUSZTIKAI JELLEMZŐINEK VIZSGÁLATA PERCEPCIÓS KÍSÉRLETBEN

A kutatási tervben előzetesen nem javasoltunk ilyen vizsgálatot, de az EKP vizsgálatok kialakításához szükség volt arra, hogy a gépi beszédszintézissel létrehozott ingeranyagot teszteljük egy percepciós vizsgálatban. A vizsgálat

olyan izgalmas eredményeket hozott, amelyeket érdemesnek tartottunk arra, hogy részletesen is elemezzünk, és az eredményeket publikáljuk.

A percepciós vizsgálatban a résztvevők egy reiteratív (ugyanazon szótag ismétlése révén létrehozott) álszó („nana”) szintetizált változatát hallották. A szintetizált álszót a Profivox programmal hoztuk létre (köszönjük Prof. Olasz Gábornak és Prof. Németh Gézának, BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, hogy a szoftvert kutatási célra rendelkezésünkre bocsátották). Az álszó egyes szótagjait az időtartam, intenzitás és f_0 mentén 15 lépésben változtattuk.

A vizsgálat során két alapvető kérdésre kerestük a választ: befolyásolja-e a hangsúlyítéleteket az, hogy a hangsúlyt milyen akusztikai jellemző hordozza, illetve megjelenik-e az első szótag preferenciája, azaz a trochaikus torzítás a hangsúlyítéletekben. Korábbi vizsgálatokban

(Turk és Sawusch, 1996, Sluijter, van Heuven és Pacilly, 1997) angol és holland nyelven végzett kutatásokban azt találták, hogy az időtartam és az intenzitás változása megbízható jelzése volt a hangsúlynak, de az f_0 nem. Továbbá Sluijter és munkatársai (1997) eredményei azt mutatták, hogy az összes hangsúlyítélet 57%-a az első szótagra esett, azaz a résztvevők a valódinál nagyobb gyakorisággal vélték úgy, hogy az első szótag volt a hangsúlyos (trochaikus torzítás).

Saját kísérletünkben a résztvevők feladata annak eldöntése volt, hogy a szótagok számítógépes manipulációja révén létrehozott hangsúly (azaz az egyes akusztikai jellemzők kiemeltebb jelenléte) az első vagy második szótagon volt-e észlelhető. Az első szótagon egyre csökkenő, majd a második szótagon egyre növekvő akusztikai jellemzők értékei a kategoriális észlelésre jellemző szigmoid alakú logisztikus görbét eredményeztek. A három akusztikai jellemző esetében nem találtunk különbséget abban, hogy a hangsúlyítéletek mikor és milyen meredekséggel váltanak át az egyik szótagból a másodikba. Ugyanakkor mindhárom jellemző esetében azt találtuk, hogy az 50%-os küszöb értéket a jelentősen később érték el, mint ahogy az akusztikai jellemzők áttevődtek a második szótagra. Ez arra utal, hogy a résztvevők tovább fenntartották az első szótagra adott hangsúly ítéleteket. Ezt az eredményt támasztja alá az is, hogy az összes válasz 62,5%-a első szótag ítélet volt, vagyis megjelent trochaikus torzítás, azaz az első szótagra eső hangsúly preferenciája. A trochaikus torzítás háttérében feltételezhetően a hangsúllyal kapcsolatos perceptuális elvárásaik állnak, azaz a hallgatók azon tudása, hogy a magyar nyelvben a hangsúly a szavak első szótagjára esik.

A hangsúlyítéletek reakcióidő és címkézési eredményei azt mutatták, hogy az időtartamban változtatott álszavakra hosszabb reakcióidők és kevesebb második szótag ítélet jelent meg, mint az f_0 -ban és intenzitásban változtatott álszavakra. Ez azt jelzi, hogy az időtartam információ kevésbé hatékony jelzése a hangsúlynak, mint az f_0 és az intenzitás, ami ellentmond az angol, illetve holland nyelvvel kapcsolatos szakirodalmi adatoknak. Ugyanakkor eredményeink azt is mutatják, hogy az időtartam a magyar nyelvben is felhasználható a hangsúly jelzésére, annak ellenére, hogy a magyarban az időtartam nem csak prozódiai, hanem szegmentális fonológiai jellemző is.

További vizsgálatokban érdemes lenne tanulmányozni a hangsúly olyan komplex akusztikai korrelátumainak a percepció jellemzőit is, mint a spektrális egyensúly, vagy az amplitúdó moduláció. A vizsgálat során alkalmazott hangsúly megítélési módszer hatékony eljárásnak tűnik az ilyen jellegű vizsgálatokhoz.

3.2 A HANGSÚLY HOSSZÚ TÁVÚ ABSZTRAKT REPREZENTÁCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA

A szóhangsúly kapcsán fontos kérdésként merül fel, hogy a beszédészleléssel foglalkozó agyi hálózat milyen módon dolgozza fel és reprezentálja a hangsúlyos és hangsúlytalan szótagokat, illetve milyen feldolgozási folyamatok támogatják a hangsúly sértésének detektálását. Saját korábbi vizsgálatainkban (Honbolygó, Csépe, Ragó, 2004, Honbolygó és Csépe, 2013) azt találtuk, hogy a szavak és álszavak esetében a hangsúly sértésének feldolgozása egy jellegzetes eseményhez kötött agyi potenciál, az Eltérési Negativitás (EN) megjelenésével jár együtt. Az EN lexikai státusztól függetlenül a szavak mindkét szótagjához kapcsolódóan megjelent, amennyiben a kísérlet során a gyakran bemutatott standard inger a magyarban gyakorinak vagy legálisnak tekinthető trochaikus hangsúlymintázattal, a deviáns pedig illegálisnak tekinthető jambikus hangsúlymintázattal rendelkezett. A standard és deviáns közötti hangsúlymintázatban való eltérést egy tanulmányunkban (Honbolygó és Csépe, 2013) a legális / illegális fogalmakkal írtuk le szemben a reguláris / irreguláris, vagy gyakori / ritka fogalmakkal, kiemelve ezzel, hogy a magyarban a második szótagra eső hangsúly fonológiai szabályt sért, míg más szabad hangsúlyozású nyelvekben csak gyakoriságot.

A korábbi kísérletekben ugyanakkor a lexikalitás hatását egymással nem összevethető ingeranyaggal végeztük, illetve a kísérletek során csak egyetlen szót és annak hangsúlymintázatban eltérő változatát mutattuk be, emiatt az ingerek nem csak az absztrakt hangsúlymintázatukban, hanem a fizikai jellemzőikben is eltértek egymástól, és ezen két eltérés hatását és interakcióját nem volt lehetőségünk tanulmányozni. Jelen kísérletben ezért egy olyan ingeranyagot hoztunk létre, amelyben a hangsúlysértés feldolgozását ingerkategóriánként több különböző szó bemutatásával vizsgáltuk, azaz növeltük az ingerek akusztikai variabilitását, és ennek következtében a standard és deviáns ingerek már csak a hangsúlymintázatukban mint absztrakt tulajdonságban tértek el egymástól.

A kísérlet során a résztvevők olyan beszéd szintetizátorral (Profivox) létrehozott szavakat hallottak, amelyek vagy a hangsúlymintázatukban (legális vs. illegális) vagy a lexikalitásukban (szavak vs. álszavak) tértek el egymástól. Az egyes inger kategóriákban 8 különböző szó szerepelt (pl. kapu, kuka, kupa, ill. puka, kaku, paku). A bemutatott szavak négy típusba tartozhattak: legális szó (pl. kapu), legális álszó (pl. puka), illegális szó (pl. kapu), illegális álszó (pl. puka). Minden szó szerepelt standard és deviáns helyzetben, és a deviáns helyzetben három

feltétel mentén térhetnek el a standardtól: lexikalitásban (pl. legális álszó vs. legális szó), hangsúlyban (pl. illegális szó vs. legális szó), illetve mindkettőben (pl. illegális álszó vs. legális szó).

A deviánsok által kiváltott Eltérési Negativitás (EN) komponensek elemzése azt mutatta, hogy a szavak egy korai és egy késői EN-t váltottak ki, 350 és 600 ms körül. A korai EN a hangsúlymintázat változására volt inkább érzékeny, de a lexikalitásra nem, a késői EN pedig mind a prozódiai, mind a lexikai változást követte. Az eddigi vizsgálatainkban ugyanakkor külön-külön vizsgáltuk a hangsúly feldolgozását szavak és álszavak esetében, és csak a jelen vizsgálatban tudtuk megvizsgálni ezek interakcióját a dupla sértések (lexikai + prozódiai) esetében. A dupla sértés agyi korrelátumai esetében a legfontosabb eredmény, hogy az illegális szavak esetében nem, az illegális álszavak esetében viszont megjelent ennek detekciója a késői EN komponensben, ami azt jelzi, hogy a késői feldolgozási folyamatok esetében prozódiai sértés csak akkor kerül feldolgozásra, ha ezzel egy lexikális sértés is együtt jár.

További vizsgálatok szükségesek annak feltárására, hogy a lexikai és prozódiai sértés preattentív feldolgozása eltérő agyi folyamatokon alapul-e. Jelen kísérletben ugyanis a korábbiaktól eltérően nem csak a hangsúlymintázat sértésének agyi elektromos korrelátumait mértük, hanem a lexikai státusz változásának (szavak vs. álszavak) korrelátumait is. Az elvégzett kísérlet ráirányította a figyelmünket arra, hogy a hangsúlymintázat sértésének tanulmányozásakor mindenképpen érdemes a lexikai státuszt is manipulálni, mivel csak ennek révén tudunk következtetéseket levonni azzal kapcsolatban, hogy a lexikai feldolgozási folyamatok mely szinten veszik figyelembe prozódiai jellemzőket. Jelen kísérletben ugyanakkor az is kiderült, hogy az alkalmazott hanganyag nem optimális a hangsúly sértésének vizsgálatára, mivel az ingerek által kiváltott EN komponensek viszonylag kis amplitúdóval jelentkeztek. Ennek feltételezhető oka az lehet, hogy az alkalmazott akusztikai manipulációk a hangsúlyos szótagot nem jelezték elég száliesen. Ráadásul az egyes ingerkategóriákban több szó is megjelenhetett, és ennek eredményeképpen a standard és deviáns ingereket megkülönböztető szabályosság kiemelése túl nehéz feladatnak bizonyult az EN rendszer számára. A további kísérletekben a hangsúly egyértelműbb jelzésének és / vagy az ingerkategóriák varianciájának csökkentésére kell törekednünk.

3.3 A HANGSÚLLYAL KAPCSOLATOS AKUSZTIKAI JELLEMZŐK RELATÍV FONTOSSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

A hangsúly feldolgozása kapcsán végzett utolsó kísérletünkben arra voltunk kíváncsiak, hogy a hangsúlyhoz kapcsolódó akusztikai jellemzők közül melyek azok, amelyek fontosabb szerepet játszanak a hangsúlyos és hangsúlytalan szótagok elkülönítésében, valamint, hogy milyen agyi válaszokkal jár együtt a különböző akusztikai jellemzők feldolgozása.

Az egyes hangsúllyal kapcsolatos akusztikai jellemzők feldolgozását egy olyan új elektrofiziológiai kísérleti paradigmában vizsgáltuk, amely lehetővé teszi több ingerdimenzió változásának követését relatíve rövid idő előtt. Az úgynevezett „többjellemzős paradigma” (multi-feature paradigm), a passzív kakukktolás paradigma alternatívájaként jött létre (Näätänen és munkatársai, 2004). A paradigma során öt különböző típusú deviánst mutatnak oly módon, hogy az ingersorban minden második inger standard, és minden második egyike az öt deviánsnak. A paradigma azon az elképzelésen alapul, hogy a minden hangjellemző kivált egy különálló EN komponenset, miközben megerősíti a standard inger memórianyomát azokban az ingerjellemzőkben, amelyekben osztoznak. Korábbi vizsgálatok megerősítették, hogy a passzív kakukktolás és a többjellemzős paradigmában mérhető EN nem különbözik egymástól (Näätänen és munkatársai, 2004, Pakarinen és munkatársai, 2009).

Saját vizsgálatunkban a többjellemzős paradigmát a hangsúlyhoz kapcsolódó akusztikai jellemzők feldolgozásának vizsgálatára használtuk. A standard inger egy kétszótagú álszó volt („nana”, ld. 3.1.2 pont), amelynek mindkét szótagja hangsúlytalan volt. A deviánsok abban különböztek a standardtól, hogy az első szótagjuk hangsúlyos volt. A hangsúlyt többféle ingerjellemző növelése révén hoztuk létre: f_0 , intenzitás, magánhangzó időtartam és mássalhangzó időtartam. Továbbá létrehoztunk egy ötödik deviáns ingert is, amely a magánhangzóban tért el a standardtól („nana” helyett „nona”), azaz a négy hangsúly kontraszt mellett egy fonetikai kontraszt feltételünk is volt. Ezen kívül minden ingerjellemzőnek volt egy nem-beszéd párja, amelyek vizsgálatával az volt a célunk, hogy az ingerjellemzők feldolgozásában különválasszuk a beszéd és nem-beszéd kontextus hatását.

Az előzőekben bemutatott EKP kísérlettel szemben ebben a kísérletben nem a hangsúlymin-tázat sértésének feldolgozását vizsgáltuk, hanem a szó első szótagján megjelenő hangsúllyal kapcsolatos agyi feldolgozási mechanizmusokat. Fő kérdésünk az volt, hogy találunk-e olyan elektrofiziológiai választ, amely a hangsúlytalanhoz képesti hangsúlyos szótag detektálásával jár együtt, azaz hogy létezik-e valamilyen EKP jelzése a hangsúly észlelésének.

Eredményeink szerint minden ingerjellemező kiváltotta az EN komponenst mind a beszéd, mind a nem-beszéd ingerek esetében, ami alátámasztja azokat a korábbi adatokat, amelyek szerint sok különböző jellemező képes EN-t kiváltani a többjellemezős paradigmában. Ugyanakkor az EN nagyobb volt a beszéd, mint a nem-beszéd ingerekre, illetve az f0 nagyobb EN-t váltott ki, mint a többi jellemező. Az EN komponensen kívül megjelent az úgynevezett Late Difference Negativity (LDN), amely szintén minden jellemező esetében mérhető volt, de a beszéd ingerek esetében nagyobb volt, mint a nem-beszéd ingerek esetében. Ez azt jelenti, hogy mind az EN, mind az LDN specifikus érzékenységet mutat a beszéd jellegű ingerek feldolgozásakor, ami feltételezhetően a hangsúllyal kapcsolatos hosszú távú reprezentációk aktiválódását jelzi, az akusztikai különbségek feldolgozásán túl, hiszen a beszéd és nem-beszéd ingerek között egyedül ez volt a különbség.

A hangsúly és fonetikai kontrasztok feldolgozása kapcsán azt találtuk, hogy minden ingerjellemező kiváltotta mind az EN, mind az LDN komponenst. Ugyanakkor a fonéma deviáns nagyobb LDN-t váltott ki, mint az intenzitás, illetve magánhangzó és mássalhangzó időtartam deviánsok, de nem tért el az LDN az f0 deviánshoz képest. Ez egyrészt az f0 jellemező kitüntetett jellegét mutatja a többi hangsúlyhoz kapcsolódó ingerjellemezőhöz képest, másrészt azt, hogy a fonetikai és hangsúly információ feldolgozása nem jár együtt megkülönböztethető neurális folyamatokkal.

Nem találtunk tehát olyan specifikus agyi választ, amely kifejezetten a hangsúlyos szótag detekciójának korrelátuma lett volna, de úgy tűnik, hogy ugyanazon akusztikai jellemezők beszéd környezetben kifejezettebb agyi válaszokat váltanak ki, mint nem-beszéd környezetben. Továbbá úgy tűnik, hogy a vizsgált akusztikai jellemezők közül az f0 volt az, amely a legnagyobb változásdetekcióhoz kapcsolódó agyi választ váltotta ki, ezért feltételezhetően ez az a jellemező, amely leginkább hozzájárul a hangsúly detekciójához.

3.2 A KUTATÁSOK TÉMÁJÁBAN SZÜLETETT PUBLIKÁCIÓK

Honbolygó Ferenc, Csépe Valéria: Processing of stress related acoustic cues as indexed by ERPs., INTERSPEECH 2011, 12th Annual Conference of the International Speech Communication Association, Florence, Italy. 2225-2228., 2011

Honbolygó Ferenc, Csépe Valéria: ERP evidence for pre-lexical processing of word stress information., Proceedings of the 1st Conference of the European Society for Cognitive and Affective Neuroscience. Marseille. p. 65., 2012

Honbolygó Ferenc, Csépe Valéria: Akusztikai jellemzők szerepe a szóhangsúly feldolgozásában: viselkedéses és elektrofiziológiai eredmények, Vargha András (szerk.) A tudomány emberi arca: A Magyar Pszichológiai Társaság XXI. Országos Tudományos Nagygyűlése : Kivonatkiötet. pp. 162-163., 2012

Kolozsvári Orsolya Beatrix: A szóhangsúly feldolgozásának kognitív háttere, Szakdolgozat. ELTE-PPK., 2012

Honbolygó Ferenc, Csépe Valéria: Influence of lexical and prosodic information on the pre-attentive processing of word stress, Abstract book of the Second International Conference on Cognitive Hearing Science for Communication. pp. 213, 2013

Honbolygó Ferenc és Kolozsvári Orsolya: A hangsúly észlelésének akusztikai meghatározói. Beszédkutatás (közlésre elfogadva)

Honbolygó Ferenc, Kolozsvári Orsolya: Investigation of stress related acoustic features in a multi-feature MMN paradigm (közlésre benyújtva)

4. A SZERZŐDÉSBEN VÁLLALTAKTÓL VALÓ ESETLEGES ELTÉRÉSEK OKAI

A munkatervben vállaltakat a kutatás maradéktalanul teljesítette. A tervezett egy viselkedéses és két elektrofiziológiai kísérletet megvalósítottuk, illetve elvégeztünk egy nem tervezett vizsgálatot is (hangsúly percepció kísérlet). A kutatási eredményekből két teljes publikáció jelent meg vagy van megjelenés alatt (egy teljes cikk konferencia proceedings kötetben, és egy magyar nyelvű folyóirat cikk). Ezen kívül két publikáció fog még készülni, melyekből az egyik elkészült és beküldtük egy nemzetközi folyóiratba, egy pedig előkészületben van.

A munkatervhez képest a pályázat egy éves hosszabbítását kértük. Ennek oka az MTA Pszichológiai Kutatóintézet új épületbe költözése volt 2013 második félévében, amely megnehezítette mind a mérések, mind az adatelemzések elvégzését. A hosszabbítás miatt 2014-ben 2 hónapra ismételten alkalmaztuk Kolozsvári Orsolyát.

5. A KUTATÁSI TÉMA TOVÁBBI LEHETSÉGES IRÁNYAI, AZ EREDMÉNYEK FELHASZNÁLÁSÁNAK, HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A kutatás több ponton is olyan eredményeket hozott, amelyeket érdemesnek tartunk további vizsgálatokra. Egyrészt a hangsúllyal kapcsolatos akusztikai jellemzők mérése kapcsán felmerült új módszerek használatának lehetősége (Spectral Amplitude Modulation Phase Hierarchy Model), illetve új akusztikai jellemzők mérésének fontossága (spektrális egyensúly). Ugyanakkor az ezekkel kapcsolatos jövőben kutatások szélesebb körű együttműködést igényelnének beszédtechnológiában és matematikai modellezésben jártas szakemberekkel és kutatócsoportokkal, mivel az ilyen jellegű vizsgálatok túlmutatnak a pszichológia kompetenciáján. A vizsgálatok folytatásának fontosságát ugyanakkor ezek potenciális gyakorlati hasznosítási lehetőségei támasztják alá, mivel a hangsúly akusztikai jellemzőinek megbízhatóbb mérése és elemzése a számítógépes beszédfelismerő algoritmusok szempontjából lényeges lehet.

Elméleti jelentőségű a hangsúly agyi reprezentációjával kapcsolatos kutatások folytatása. Kevésbé világos, hogy mi is pontosan a hangsúly szerepe a beszéd észlelése során, de a hangsúly fontosságát mutatja, hogy egyes eredmények szerint például diszlexiás gyermekek esetében kimutatható a hangsúly feldolgozás deficitje is (Goswami és munkatársai, 2010).