

A gyermeki artikuláció vizsgálata – Új lehetőségek a hazai kutatásban

*Markó Alexandra – Csapó Tamás Gábor – Deme Andrea
Grácsi Tekla Etelka – Varjasi Gergely*

1. Bevezetés

Az artikuláció (a beszédképző szervek koordinált mozgása) és az akusztikum (a keletkező beszédjel) kapcsolata már legalább az 1700-as évek óta foglalkoztatja a beszédkutatókat (Kempelen 1791/1989). Ahhoz, hogy a beszédképző szervek (pl. hangszalagok, nyelv, ajkak) mozgását vizsgálni tudjunk, speciális eszközökre van szükség, mivel a legtöbb ilyen szerv nem látható folyamatosan beszéd közben. Felmerülhet ugyanakkor a kérdés, hogy miért vizsgáljunk artikulációt, hiszen az bonyolult műszerezettséget igényel, ráadásul minden artikulációs mérési módszertan beavatkozik a természetes artikulációs folyamatokba bizonyos mértékig. Ezzel szemben az akusztikai szerkezet könnyen és zavaró tényezők beiktatása nélkül hozzáférhető, a vizsgálati technológiák elérhetőbbek, nem igényelnek különleges műszerezettséget. A felmerülő kérdésre a kvantális elmélet (Stevens 1989) adja meg a választ.

Az artikulációs gesztusoknak¹ akusztikai következményei vannak, de az artikulációbeli eltérések mértéke és az akusztikumban bekövetkező különbség nem áll egymással egyenes arányban. A kvantális elmélet szerint a beszédprodukciónak és az akusztikai szerkezet közötti kapcsolat nem lineáris. Azaz az artikulációban egy apró eltérés jelentős akusztikai különbséget idézhet elő, ha az „kritikus régió”-ban történik; és fordítva, nagyobb artikulációs eltérések esetén sem feltétlenül tapasztalunk különbséget az akusztikai szerkezetben. Ugyanígy nem lineáris a kapcsolat az akusztikai szerkezet eltérése és a percepcióbeli különbségészlelet között sem, azaz két hangjelenség nagymértékben különbözhet akusztikai szempontból, mégsem észlelhető a különbség a hallgató számára; vagy fordítva: kis akusztikai különbség is indukálhat nagy eltérést az észlelt hangjelenségek tekintetében. Erre a nem lineáris összefüggésre utal a *kvantális*

¹ Artikulációs gesztusnak nevezzük azokat az aktívan kontrollált mozdulatokat, amelyek egy feltételezett célkonfiguráció felé tartanak, ilyen például az ajkak csücsörítése az ajkakkerekítéses magánhangzók esetében vagy a nyelv megemelése a palatális mássalhangzók ejtésekor (Browman–Goldstein 1986).

jelző: az eltérések ugrásszerűen képeződnek le (az artikuláció eltérései az akusztikumban, az akusztikai eltérések a percepcióban) (Stevens 1989).

A kvantális elméletben foglaltak mellett az artikuláció közvetlen vizsgálatának szükségességére mutat rá az a tény is, hogy bár bizonyos akusztikai paraméterek szoros összefüggésben állnak az artikulációval, az akusztikum paramétereit nem lehet egy az egyben megfeleltetni bizonyos artikulációs mozgásoknak. Közismert ugyanis, hogy bár például a toldalékcso első formánsának (az üreg első sajátrezonanciájának) értékére elsősorban a függőleges nyelvhelyzet hat, befolyással van rá az állkapocsnak a nyelvhelyzettől bizonyos mértékig független mozgása is. Ugyanígy a második formáns esetében az is elmondható, hogy bár annak értékét elsősorban a nyelv vízszintes helyzete határozza meg, szintén alakítja az ajkak mozgása (kerekítése) is (vö. Stevens 1998). Ezek az artikulációs mozgások tehát nem választhatók el egymástól, és így nem is következtethetők ki egyértelműen pusztán a beszéd akusztikai vetületének elemzéséből.

Magyarországon az artikulációs (és koartikulációs) vizsgálatok új korszaka nyílt meg az MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció Kutatócsoport megalakulásával (2016). Az artikuláció elemzésének új műszeres feltételei teremődnek meg, ennél fogva olyan kutatások indulhatnak el, amelyekre korábban nem volt lehetőség. Ezek közül az egyik lehetséges kutatási irány a gyermeki artikuláció vizsgálata. A jelen tanulmány – a technikai lehetőségek eddig korlátozott volta miatt – még nem számolhat be ezen a területen elvégzett kutatásokról, így az ezekhez elvezető utat kívánja bemutatni. Röviden áttekintjük a magyarországi artikulációs kutatások előzményeit, és bemutatjuk azokat az eszközöket és vizsgálati módszereket, amelyek e vizsgálatok megújulását szolgálhatják. Ismertetjük azokat a fontosabb kutatásokat, amelyeket ezekkel a korszerű technológiákkal eddig magyar anyanyelvű felnőttek artikulációjának vonatkozásában végeztek, illetőleg a nemzetközi szakirodalomból bemutatunk néhány, ilyen módszerekkel végzett, a gyermeki artikulációra irányuló vizsgálatot. Beszámolunk egy esettanulmányról, amelyben gyermek adatközlők részvételével arra a kérdésre kívántunk választ kapni, hogy a rendelkezésre álló műszerek alkalmasak-e, illetve milyen feltételek mellett alkalmasak a gyermeki artikuláció vizsgálatára; végül vázolunk néhány lehetséges kutatási kérdést, amelyek tekintetében magyar anyanyelvű gyermekek artikulációjának elemzése releváns eredményeket hozhat.

1.1. Artikulációs vizsgálatok Magyarországon – előzmények

A magyar nyelvre vonatkozóan eddig kevés olyan artikulációs vizsgálat született, amely dinamikus adatokon (azaz nem csak statikus állóképeken) alapul. Lotz János

az 1960-as években (1966, 1967), Szende Tamás az 1970-es években (1974), majd Bolla Kálmán az 1980-as években (1981b, 1981c) röntgenfilm (ún. röntgenogram/kinoröntgenografikus vizsgálat) technológiával vizsgálta a magyar beszéd artikulációját. Bolla kutatásaiban az összes magyar magánhangzót és mássalhangzót elemezte: a röntgenfelvételekből a vizsgált beszédhangokról öt-öt képet átrajzoltak számítógépre, majd a rajzokat fonetikai szempontból elemezték. A tanulmányokban rajzokon közölték az összes így keletkezett artikulációs konfigurációt, a toldalékcső méreteit pedig táblázatos formában ábrázolták. Ezek az adatok amellet, hogy segítik a magyar beszédképzés mechanizmusainak megismerését és az artikulációs bázis feltárását, akár egy mai modern artikulációs elvű beszéd szintetizátorhoz is felhasználhatók lennének. Bolla és kollégái egy későbbi tanulmányban részletesen ismertetik a röntgenogramok készítéséhez használt eszközöket és a felvételek módszertanát (1986). Ebből kiderül, hogy a mikroszámítógépes technikát úgy dolgozták ki, hogy az interlingvális hangtani egybevetésekre is alkalmas legyen. Bolla emellett kísérletezett az ajkak (fotolabiogram) és a szájpád (palatogram), valamint a nyelv (lingvogram) vizsgálatával is. Artikulációs vizsgálatait nemcsak a magyar kiejtés vonatkozásában végezte el (pl. 1980, 1995), hanem más nyelvekre is kiterjesztette (orosz: 1981a; amerikai angol: 1981d; finn: 1985; német [Valaczkai Lászlóval]: 1986; lengyel: 1987).

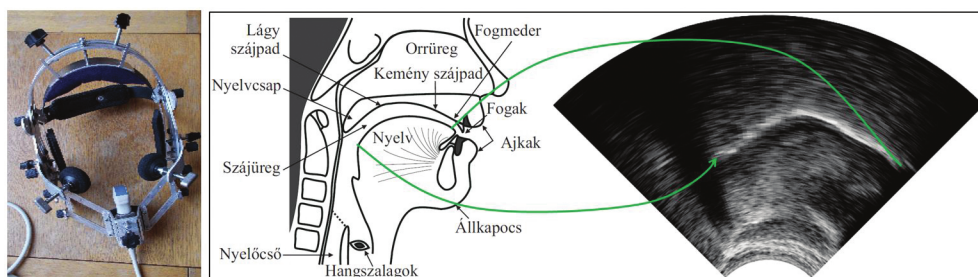
Az említett módszerek közül a röntgenteknika egyértelműen elavultnak tekinthető, aminek elsősorban etikai okai vannak, hiszen a mai szemlélet már önkéntes alapon sem tartja megvalósíthatónak azt, hogy a tudományos kutatás céljai érdekében akár csak rövidebb ideig káros sugárzásnak tegyünk ki az adatközlőt. Emellett a röntgenkészülékek használata speciális körülményeket is igényel, így napjainkban inkább olyan artikulációs elemzési műszerek és technológiák terjednek el, amelyek egy szokványos fonetikai laboratóriumban is különösebb nehézségek nélkül alkalmazhatók. Ezek közül hármat mutatunk be: az ultrahangos vizsgálatot, az elektromágneses artikulográfiát és az elektrolottográfiát.

1.2. Néhány korszerű eljárás az artikuláció vizsgálatára

Az itt bemutatott műszerek alkalmasak dinamikus artikulációs vizsgálatokra, ami azt jelenti, hogy nemcsak a képzőszervi pozíciók egy adott pillanatra jellemző együttállását mutatják be (mint például a palatogram, a lingvogram, a labiogram vagy a fotoröntgenográfia), hanem a képzőszervi gesztusokat folyamatosan tudják követni bizonyos időbeli felbontással. Ugyancsak közös sajátosságuk, hogy nem invazív eljárások; illetve alkalmazásukhoz nem szükséges természetellenes testpozíciót felvennie az adatközlőnek, aki akár szabadon is gesztikulálhat (szemben például az fMRI-vizsgálatokkal).

Ugyanakkor a műszerek jelenléte bizonyos mértékben befolyásolja az artikulációt, illetve járhat némi kényelmetlenséggel.

Az *ultrahang* a nyelv felszíni kontúráját teszi láthatóvá (1. ábra). A módszer előnye, hogy egyszerűen használható, elérhető árú, valamint nagy felbontású (akár 800×600 pixel) és nagy sebességű (akár 100 képkocka/s) felvétel készíthető vele. A jó térbeli felbontás azért fontos, hogy a nyelv alakjáról minél pontosabb képet kapjunk, míg a jó időbeli felbontás ahhoz szükséges, hogy a beszédhangok képzésének gyors változását (pl. zárfelpattanás; koartikuláció) is vizsgálni tudjuk. Az ultrahang hátránya ugyanakkor, hogy a hagyományos beszédkutató kísérletekhez a rögzített képsorozatból ki kell nyerni a nyelv körvonalát ahhoz, hogy az adatokon további vizsgálatokat lehessen végezni. Ez elvégezhető manuálisan, ami rendkívül időigényes, vagy automatikus módszerekkel, amelyek viszont ma még nem elég megbízhatóak (Csapó–Csopor 2015; Csapó–Lulich 2015). Az ultrahang használatának bizonyos mértékig hátránya az is, hogy csak a nyelvről ad információkat – ezt különféle módokon ki lehet egészíteni, például ha az adatközlő folyadékot nyel, a szájpád kontúrja is megjelenik az ultrahangfelvételen. Jelenleg az ultrahang az egyik legelterjedtebb technológia a beszédkutató artikulációs laboratóriumokban (Wrench 2013).



1. ábra

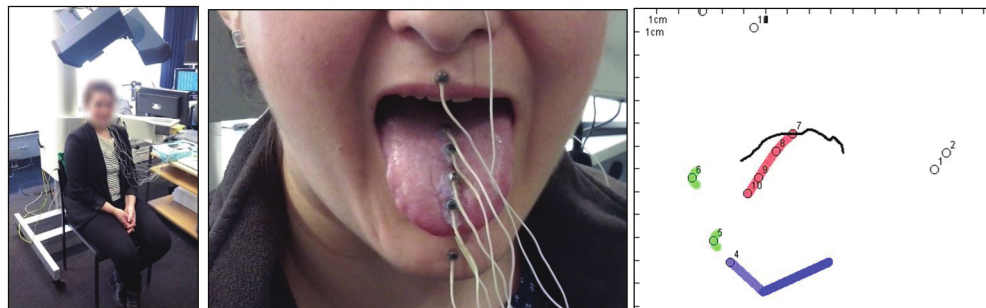
Az ultrahangfejet rögzítő sisak (bal oldalon, az Articulate Instruments Ltd. terméke)² és az ultrahangos kép orientációja: a képzőszervek sematikus rajza (középen, forrás: Olaszky 2010: 24) és az ultrahang által láthatóvá tett nyelvkontúr (jobb oldalon, fehér vonal)

Az *elektromágneses artikulográf* (EMA) alkalmazásakor a képzőszervek egyes pontjaira (pl. a nyelvre, az ajkakra, az állra), illetve más, viszonyítási pontként szolgáló helyekre (pl. a fülek mögé, az ornyeregére) szenzorokat helyeznek. A gép elektromágneses teret generál, amelyben követhetővé válik a szenzorok helyzete és elmozdulása

² A fotó az MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció Kutatócsoport laborjában készült.

(2. ábra). Az EMA előnye a kiváló időbeli felbontás és a pontonként alacsony mérési hiba, ugyanakkor a szenzorok és az azokat a mérőműszerrel összekötő kábelek befolyásolják, esetleg zavarhatják az artikulációt.

A mozgó artikulátorok helyzetét gyakran a szájpadhoz viszonyítva ábrázolják. Az EMA esetében a szájpad kontúrjának meghatározásához használatos egyik módszer az, hogy az adatközlő egy szenzort húz végig a szájpadon, és ezt is rögzítik.



2. ábra

Az elektromágneses artikulográf (Carstens Medizinelektronik GmbH) alkalmazása: az elektromágneses tér generálására szolgáló eszköz (bal oldalon); az artikulátorokra illesztett szenzorok (középen) (forrás: Deme et al. 2016b); az artikulátorok helyzete a Visartico (Ouni et al. 2012) szoftverrel készített megjelenítésben (jobbra; a számok értelmezése: 1 és 2 a fülek mögé helyezett szenzorok, 4 az állra (a kék vonal az állkapocs orientációjára utal), 5 az alsó ajakra, 6 a felső ajakra helyezett szenzor, 7–10 a nyelvre helyezett szenzorok; a fekete vonal a szájpad kontúrja)

Az elektroglottográf (EGG vagy más néven laringográf) a zöngeminőség vizsgálatára alkalmas eszköz (3. ábra). Alkalmazásakor egy szalag segítségével két elektródát illesztnek a nyak két oldalára, a pajzsporc régiójában. Az elektródák minimális erősségű áramot bocsátanak ki, és az eszköz a gége és a környéki szövetek ellenállását méri. Az elektromos jel hullámformájából (3. ábra, jobb oldal) megbecsülhető a hangszalagok összetalálkozásának pillanata és bizonyos fokig az érintkezés mértéke is. Természetesen ennek a módszernek is megvannak a hátrányai, például a gégehelyzet változása csökkenti a mérések megbízhatóságát.



3. ábra

*Elektroglottográf (bal oldalon, a Laryngograph Ltd. terméke), a nyakra illesztett elektródák (középen) és a rögzített EGG-jel (jobb oldalon)*³

1.3. Korszerű artikulációs vizsgálatok a magyar beszédre vonatkozóan

Az 1980-as évek kísérletei után hosszú ideig nem történtek a magyar nyelvre vonatkozó artikulációs kutatások. 2007-ben Beňuš és Gafos elektromágneses artikulográfós vizsgálattal elemezte a magyar magánhangzó-harmónia kérdéskörét, illetve ezen belül azt a jelenséget, hogy az áttetsző (azaz a harmónia szempontjából semleges) /i i: ε e:/ magánhangzók nem adják át minőségüket a toldalékbeli magánhangzónak. A szerzők az áttetszőség okát a magánhangzók koartikulációs sajátosságaiiban keresték. A kutatásban három adatközlő vett részt, a beszélők egyikéről ultrahangos felvétel is készült. A vizsgált anyagban (hordozó mondatokban) harmonikus (pl. *hír – hírnek*) és antiharmonikus (pl. *ír – írnak*) egy szótagú szavak, valamint három szótagos toldalékolt szavak szerepeltek, amelyekben a tő belseji utolsó magánhangzó áttetsző volt (pl. *bulival*). Az eredmények alapján a kutatók szerint van összefüggés a magánhangzók harmóniabeli viselkedése és az artikulációs sajátosságok között, mivel az antiharmonikus tövek ejtésekor a nyelv nagyobb mértékben húzódott hátra, mint a harmonikus tövekben. Ugyanakkor Blaho és Szeredi (2013) – akusztikai mérések alapján – megkérdőjelezi ezen eredmények relevanciáját, mivel nem találtak semmilyen ehhez hasonló összefüggést az akusztikai adatokban. Ennélfogva további kutatásokra van szükség annak érdekében, hogy választ tudjunk adni arra a kérdésre, hogy a magánhangzók morfológiai viselkedése mögött fonetikai jellemzők (is) állnak-e.

2008-ban Mády elektromágneses artikulográfákkal vizsgálta a magyar magánhangzókat két beszélő normál és gyors beszédében. Arra a kérdésre kereste a választ, hogy a két helyzetben (normál, illetve lassú beszédtempó) megvalósuló fonológiai rövid és hosszú magánhangzók esetében az artikulációs sajátosságok (a nyelvemelés)

³ A fotók az MTA Nyelvtudományi Intézetének Fonetikai Osztályán készültek.

foka és az állkapocs nyitásszöge) eltérnek-e. Mádý a rövid magánhangzók ejtésében erősebb koartikulációs hatást figyelt meg – ami egyébként egybevág a német fortisz (feszés) és lénisz (laza) magánhangzókra kapott eredményekkel (vö. Hoole–Nguyen 1999).

A magyar magánhangzókat illetően újabb vizsgálatok is születtek, szintén az elektromágneses artikulográfia módszerével. Az egyik kísérletben (Deme et al. 2016a) egy szoprán énekes magas alapfrekvencián énekelt magánhangzóinak ejtését elemezték. A vizsgálat a nyelv és az állkapocs működésére összpontosított a sztenderd magyar magánhangzóképzlet összes beszédhangjának ejtése közben. A kutatást az a (korábban elsősorban akusztikai mérésekre és percepciósi vizsgálati eredményekre épülő) tapasztalat motiválta, hogy a magas alapfrekvencián történő éneklésben a magánhangzók megvalósulása eltér a beszédbeli realizációktól – és a kísérletsorozat az ennek háttérben álló artikulációs működéseket kívánta dokumentálni. Az EMA-vizsgálat eredményei szerint az énekes szisztematikusan változtatta a nyelv- és az állkapocshelyzetet (növelte az állkapocsnyitás szögét, és csökkentette a függőleges nyelvhelyzetet), ahogyan az éneklés alapfrekvenciája elérte, majd meghaladta a magánhangzók beszédben mérhető F_1 -értékét. Ugyanakkor a nyelvhát süllyesztése már e kritikus frekvenciák alatt is tapasztalható volt. Emellett arra is fény derült, hogy az énekes az $F_1 : f_0$ hangolást 988 Hz alapfrekvencia alatt a különböző ejteni szándékozott magánhangzó-minőségek esetében nem azonos stratégiák segítségével érte el.

Egy következő vizsgálat (Deme et al. előkészületben) három magyar és három német anyanyelvű professzionális szoprán énekes magas alapfrekvencián ejtett magánhangzóit elemezte ugyancsak az összes sztenderd magyar, illetve német magánhangzó-minőség összehasonlításával, és az adatrögzítés módszertana is azonos volt a korábbi kísérletével. Az általánosítható eredmények szerint a függőleges nyelvhelyzet minden énekes esetében csökkent az f_0 emelésével. Az adatok szerint a nyelvhelyzet és az állkapocsnyitás szisztematikusan változott, ahogyan az f_0 elérte, majd meghaladta a magánhangzók beszédben mérhető F_1 -értékét. Az $F_1 : f_0$ hangolás stratégiái a következők voltak: 1. Alacsonyabb f_0 esetén a zártabb magánhangzók ejtésekor a függőleges nyelvhelyzet csökkentése volt megfigyelhető. 2. Magasabb f_0 esetén, különösen f'' (698 Hz) és h'' (988 Hz) alapfrekvenciákon a nyíltabb magánhangzók ejtésekor az állkapocsnyitás szögének növelése látszott. 3. A nyelvhát süllyesztése már a kritikus frekvenciák alatt is bekövetkezett. Mindemellett nagy egyéni különbségek látszottak mind a magyar, mind a német adatközlők között a magánhangzók artikulációs elkülönítésének megtartásában. A német és magyar énekesek eredményeinek összevetéséből arra lehet következtetni, hogy a szoprán operaéneklésre az f_0 emelésével jellemző artikulációs stratégiák nem vagy csak elhanyagolható mértékben függenek az énekes

anyanyelvétől, legalábbis akkor, ha az összehasonlítás alapját két egymáshoz igen közel álló, csak kisebb különbségeket mutató magánhangzó-rendszerű nyelv képezi.

A felnőtt adatközlőkkel végzett artikulációs vizsgálatok tehát fontos tudományos eredményekhez vezethetnek el, hiszen a rejtve, nem látható módon működő képzőszervi folyamatok hozzáférhetővé válnak. A gyermeki artikuláció vizsgálata ugyancsak jelentőséggel bír több szempontból is. Például képet kaphatunk általa a beszéd motoros kontrolljának fejlődéséről, illetve követhetővé válik a koartikulációs működések változása a növekedés következtében megváltozó artikulációs térben. Mindemellett az eredmények a modellalkotásban és különféle alkalmazásokban is hasznosíthatók.

A következőkben röviden ismertetjük azokat a tényezőket, amelyek az újszülöttkortól a felnőttkorig befolyásolják az artikulációs (és beszédakusztikai) sajátosságokat.

1.4. A beszédképzés változása újszülöttkortól felnőttkorig

1.4.1. A hangszalagok és a zöngéképzés változása

Az újszülöttek gégeje és artikulációs csatornája más méretarányokat és pozíciókat mutat, mint a felnőtteké. Ahhoz, hogy tagolt emberi beszédet tudjunk létrehozni, olyan anatómiai változások zajlanak le, amelyek együtt járnak egyrészt a testpozíció megváltozásával (fekvőből álló), másrészt a kognitív képességek fejlődésével (tudatos artikuláció, összehangolt finommotoros működések) is. A csecsemők gégeje relatíve magasabban van, mint a felnőtteké. Annak, hogy a gyermek beszédet tudjon létrehozni, az egyik feltétele a gége leszállása az első életévben. Születéskor a hangszalagok hossza 4-5 mm, 5 éves korban azonban már 10-11 mm.

A pubertás alatt két, a hang minőségét jelentősen befolyásoló folyamat zajlik le párhuzamosan. Egyrészt megnövekszik a gége (és benne a hangszalagok) mérete, másrészt jelentős hormonális változások is hatnak a hangra. 11 és 18 éves kor között a lányok hangszalagjának hossza átlagosan 13 mm-ről 15 mm-re, a fiúké 16 mm-ről 22 mm-re nő (Seikel et al. 2010). *Mutációnak/hangváltásnak* nevezzük a gyermekhangnak a felnőtthanggá alakulását, azaz annak az alapfrekvenciának (valamint annak a hangszalaghossznak) az elérését, mely az adott beszélőre felnőtt korban lesz jellemző (ez a váltás a pubertáskorra tehető) (Hacki et al. 2013). A fiúk esetében a változás nagyobb mértékű, ennél fogva náluk „a neurális szabályozás nehezebben tart lépést az anatómiai-strukturális változással, mint a leányoknál” (i. m. 215). Ez okozza az önkéntelen billenéseket, csúszkálásokat a fiúk alapfrekvenciájában.

A felnőtt hangszalag szerkezetében a hangszalag hosszának az elülső háromötöde az úgynevezett membrános glottisz, amely a kannaporc és a pajzsporc között húzódik.

A hátulsó kétötöd az úgynevezett porcos glottisz, amely a kannaporc mentén fut. A hangszalagok hosszának csecsemőkortól kezdődő változása különbözőképpen zajlik le e két rész esetében, így ezek arányában is változás történik. Összesen 122 gége elemzése (Kurita 1988) alapján a membrános rész hossza újszülötteknél 1,3–2 mm, a porcos részé 1,1–1,8 mm. Felnötteknél a membrános rész hosszának 14,5–18 mm-t mértek férfiak és 8,5–12 mm-t nők esetében, a porcos rész 1,5–4,3 mm volt a nőknél, a férfiaknál pedig 2–5 mm. Látható, hogy a membrános rész hossza jelentősen nagyobb mértékben nyúlik meg a felnőttkorra, a membrános rész aránya a porcoshoz viszonyítva az újszülött kori 1,5–2-szeresről 7 éves korra 3-szorosra, felnőttkorra 3,5–5-szörösre változik.

Tekintettel arra, hogy a zöngét a hangszalagokkal hozzuk létre, a hangszalagok méretbeli sajátosságai is meghatározzák (egyebek mellett) azt, hogy a beszélő alapfrekvenciája milyen frekvenciatartományban valósul meg. Egy alapvető összefüggés szerint a gége és főképp a hangszalagok méretének növekedése az alapfrekvencia csökkenését vonja maga után. A szakirodalomban ugyanakkor részben ellentmondó adatokkal találkozhatunk például annak tekintetében, hogy a fiúk és a lányok alapfrekvenciájának eltérése milyen életkorban figyelhető meg. Egyes megállapítások szerint 5-6 éveseknél még nincs különbség a nemek között az f_0 -ban, míg 7–10 éves korban a fiúk alapfrekvenciája alacsonyabb (Hasek et al. 1980). Mások szerint a lányoknál az f_0 csökkenése 6 és 10 éves kor között, a fiúknál 8 és 10 éves kor között jelentkezik (Whiteside–Hodgson 1999), de olyan forrás is van, amely szerint 12 éves korban jelenik meg a különbség (Perry et al. 2001). Egy magyar kutatás azt találta, hogy a lányoknál időlegesen alacsonyabb az f_0 6-7 éves korban, mint a fiúknál (Deme 2012). Nicollas és munkatársai (2007) 212 mutáció előtt álló, 6 és 12 év közötti, egészséges hangképzésű gyermek kitarított [a:] hangját elemezte. Vizsgálatuk azt az eredményt hozta, hogy a fiúk és a lányok alapfrekvenciája között életkori évenként összehasonlítva volt különbség, és bár az átlagok tekintetében nem mindig a fiúk alapfrekvenciája volt alacsonyabb, általánosságban az f_0 szignifikánsan alacsonyabb volt a fiúknál, mint a lányoknál. Mérték a zöngemínőség olyan jellemzőit is, mint a jitter (amely a zöngé rövid távú és önkéntelen frekvenciaingadozását jelenti – minél kisebb az értéke, annál „periodikusabb” a zöngé) és a shimmer (amely a zöngéperiódusok közötti amplitúdó-ingadozásra utal), és azt találták, hogy ezek az értékek nem különböztek szignifikánsan sem a nemek, sem az életkori csoportok összehasonlításában.

1.4.2. A toldalékcső és az artikulációs mozgások fejlődése

Az artikulációs csatorna a hangszalagoktól az ajkakig születéskor 6-8 cm hosszú, felnőttkorra 15-18 cm lesz. Ez a növekedés a legnagyobb mértékben a garatüreg méret-növekedéséből adódik, aminek az egyik oka a gége leszállása. A növekedés nem

egyenletes: a legnagyobb mértékű változás a második életévben zajlik le. Az első két életévben majdnem 1 cm-t nő a kemény szájpad hossza, míg a lágy szájpadé kb. 0,5 cm-t. Az alsó állkapocs hossza ugyanezen idő alatt 2-ről 4 cm-re nő, 7 éves korra 5 cm-re. A nyelv mérete 7 éves korra a felnőtt méret mintegy 75%-át éri el (Seikel et al. 2010). Ezek a változások természetesen hatnak a toldalékcso rezonatorsajátosságaira is. Mindeközben a koordinált artikuláció képessége is kifejlődik, és hasznosul a legösszetettebb szekvenciális motoros tevékenységünk, a beszéd számára.

A beszéd motoros rendszerének érésével az orofaciális struktúrák közötti dinamikus koordináció egyre konzisztensebbé válik, ennél fogva az artikulációs gesztusok egyre kevésbé variábilisak az életkor előrehaladtával (egészséges fejlődés esetén) (vö. pl. Terband et al. 2011). A gyermekek beszédelsajátításában az egyik kulcsfontosságú feladatnak egyes szerzők annak a megtanulását tartják, hogy egy adott szegmentum létrehozásához szükséges artikulációs gesztusokat együttesen, egyre inkább egyszerre hozzák létre a gyermekek – a téri-idői átfedés pontos mértéke teszi az artikulációt felnőttszerűvé (Nittrouer et al. 1996). Kutatások igazolják, hogy a gyermekek esetében erőteljesebb koartikulációs hatások figyelhetők meg, mint a felnőtteknél, de ez bizonyos mértékig szegmentum- és kontextusfüggő (például másképp alakul szóismétléses feladatban, mint teljes megnyilatkozások ismétlésekor, vö. Terband et al. 2011). Az egyes képzőszervek koordinációjának fejlődése nem egyenletes ütemű: például az állkapocsgesztusok korábban érnek (azaz válnak hasonlóbbá a felnőtt működéshez), mint az ajakmozgás, és még később rögzülnek a nyelvgesztusok, mivel a nyelvnek a beszédbeli kontrollálása komplexebb feladat, valamint azért is, mert a nyelv mozgása beszéd közben nem látható, így a nyelvmozgás felnőtt mintájának imitálása is nehezebb a gyermekek számára. Mindemellett nyelvi tényezők is befolyásolják az időzítési kontroll és a pontos artikuláció elsajátítását, így például a gyakoribb fonotaktikai (hangsorépítési) mintázatok artikulációs elsajátítása korábban történik meg (Goffman 2015).

Az artikulációs működések egyik mutatója lehet az artikulációs tempó, azaz az adott időtartamban (szünetek nélkül) megvalósuló beszédhangok vagy nagyobb egységek (pl. szótagok, szavak) száma, míg a beszédtempó, amelybe a szünetek is beleértődnek, inkább a tervezési folyamatok sebességének vizsgálatához visz közelebb (Redford 2015). A felnőtté válás során mind az artikulációs, mind a beszédtempó gyorsulása megfigyelhető, de ez sem egyenletesen történik: a legnagyobb tempógyorsulást 5 és 8 éves kor között mérték. Mindezzel összefüggésben a gyermeki beszédben a hangzói időtartamok is hosszabbak, mint a felnőtteknél, és a szórásuk is nagyobb, mintegy 12 éves korig (Redford 2015).

A következőkben bemutatunk néhány a fent ismertetett módszertanok segítségével gyermeki beszéden készült vizsgálatot a nemzetközi szakirodalomból annak illusztrá-

lására, hogy milyen jellegű kutatási kérdéseknek van relevanciája a beszéd artikulációs vetületét tekintve a gyermekek beszédében, és ezek elemzését a kutatók milyen életkori csoportokban tartják érdemesnek.

1.5. Korszerű artikulációs eszközök a gyermeknyelvi kutatásokban

Zharkova és szerzőtársai (2011 és 2012) ultrahang segítségével CV szótagokban vizsgálták az /a/, /i/ és /u/ magánhangzók koartikulációs hatását a /ʃ/ és a /s/ mássalhangzókra 10 gyermek (6;3–9;9 évesek) és 10 felnőtt (27–46 évesek) kiejtésében. A szótagokat (CV szótagból álló szavakat) hordozómondatban, 10-szeri véletlenszerű ismétléssel rögzítették. A mássalhangzó időbeli középpontjában berajzolt nyelvkontúrt⁴ vizsgálták a követő magánhangzó függvényében az úgynevezett legközelebbi szomszéd távolsága (*nearest neighbour distance*) módszerével. Ez azt jelenti, hogy a nyelvkontúrokat páronként egymás mellé állítva meghatározták az euklideszi távolságot pontonként az egyik kontúr minden egyes pontja és a hozzá a másik kontúron a legközelebb eső pont között, majd ezeknek az adatoknak vették az átlagát. Mássalhangzónként és adatközlőnként kétféle elemzés készült: az egyikben egy-egy adott CV-kapcsolatban rögzített kontúrokat hasonlították össze egymással (pl. a /sa/ egy-egy kontúráját az összes többi /sa/-kontúrral), ez adta ki a csoporton belüli távolságokat; a másikban két különböző CV nyelvkontúráit vetették össze (pl. az adott személytől a /sa/ ejtésékor rögzített minden egyes kontúrt a /si/-bemondásokból rögzített minden egyes kontúrral párban), ez adta ki a csoportok közötti távolságokat. Ha a csoportok között mért távolságértékek meghaladták a csoporton belülieket, akkor azt a magánhangzó hatása-ként értelmezték.

Az összehasonlítások a következő eredményeket hozták: a /ʃ/ nyelvkontúrja mindkét életkori csoportban a magánhangzótól függően változott, illetve különbség látszott a /ʃa/ és a /ʃu/, valamint a /ʃa/ és a /ʃi/ mássalhangzója között, de a /ʃu/ és a /ʃi/ spiránsrealizációi között nem volt eltérés. A /s/ estében a felnőtteknél a magánhangzók eltérő hatása igazolódott, és ezúttal az /u/ és az /i/ kontextusok között is volt különbség. A gyermekeknél azonban nem volt kimutatható a magánhangzók hatása a /s/ ejtésére. Emellett pedig a /s/ ejtésében nagyobb beszélőn belüli variabilitást találtak a szerzők a gyermekeknél, mint a felnőtteknél.

A szerzők az eredményeiket a nyelv mint beszéd szerv képzéshelyeinek a gyermekben kialakuló megkülönböztetésével és ennek a koartikulációban való alkalmazásával magyarázzák. Az érett lingvális motoros kontroll rendszerben a CV szótagokban

⁴ Erre a 6. ábrán látható példa a saját kísérletünk anyagából.

a /s/ koartikulációs tere nagyobb, mit a /ʃ/-é, mivel az előbbi esetében kisebb az esély arra, hogy a nyelv helyzete konfliktusba kerül a követő magánhangzó nyelvhelyzetével. Ugyanakkor a /s/ képzése által nyújtott teljes koartikulációs lehetőséget a beszélők csak akkor tudják kihasználni, ha bizonyos mértékig egymástól függetlenül is tudják kontrollálni a nyelvhegy és a nyelvtest helyzetét. Ez a kompetencia az idézett kutatásokban részt vevő gyermekek esetében még nem alakult ki.

Terband és munkatársai (2011) a beszédmozgások összehangoltságát vizsgálták *elektromágneses artikulográf*tal. A kutatásban 6–9 éves gyerekek vettek részt: 10 fejlődési beszédzavarral diagnosztizált (köztük 5 apraxiás)⁵ és kontrollként 6 tipikus fejlődésű. A vizsgálat anyagaként CCV és CVC szótagok szerepeltek (/spa:/ és /pa:s/), 5 ismétlésben (amennyiben egy adott beszélőtől rendelkezésre állt ennyi). A kutatók vizsgálták a nyelvhegy, az alsó ajak és az állkapocs mozgását az artikuláció során. Az apraxiás és az egyéb beszédzavart mutató gyermekek között nem találtak szignifikáns eltéréseket, ugyanakkor az egyéb beszédzavaros gyermekek esetében a nyelvhegy mozgásának nagyobb amplitúdóját mérték, mint az apraxiásoknál és a kontrollcsoportnál. A vizsgált beszédképző szervek együttműködését tekintve az apraxiások és a kontrollcsoport összehasonlításában mértek olyan különbségeket, amelyeket az egyéb beszédzavarral rendelkező gyermekek és a kontrollcsoport között nem, például az előbbi csoportban nagyobb volt a nyelvhegy mozgási pályájának a variabilitása, ami nem feltétlenül az apraxia következménye, utalhat fejlődési elmaradásra is. Ebből a kutatásból is az derült ki, hogy az alsó ajak és az állkapocs mozdulatai korábban stabilizálódnak, mint a nyelvhegyé. Továbbá a kutatók az apraxiások esetében az alsó ajak nagyobb mértékű kitérését tapasztalták a [p] orális zárjának képzése közben, mint a többi gyermeknél. A szótagszerkezet tekintetében ugyanakkor nem találtak eltérést.

Végül egy olyan kutatást idézünk, amelyben *elektroglottográf*ot alkalmaztak 7 és 15 éves kor közötti gyermekek vizsgálatában, ahol a nemnek, a testmagasságnak és az életkornak az alaphfrekvencia és a jitter értékére gyakorolt hatását elemezték (Linders et al. 1995). A kutatásban 92 gyermek (63 lány és 29 fiú) vett részt. A jitter méréséhez kitarított /a:/ hangot, az f_0 méréséhez 6 rövid mondatot rögzítettek. Az f_0 erős negatív korrelációt mutatott a testmagassággal és az életkorról, a jitter pedig közepesen erős negatív korrelációt mutatott a testmagassággal. A beszélő neme egyik zöngéparaméterre sem volt hatással. A szerzők azt a következtetést fogalmazták meg, hogy ahogyan az életkor változásával a hangszalagok tömege nő, úgy válik kiegyensúlyozottabbá a rez-

⁵ A motoros programozás zavara, amely az artikulációs folyamat diszkoordinációját eredményezi, például hangindítási nehézségekben, hangátvetésekben, lassú beszédtempóban nyilvánul meg (vö. Gósy 2005: 340).

gésük, és lesz kisebb a mechanikai csillapítás. Másrészt a hangszalag membrános részének hossza nagyobb mértékű növekedésen megy keresztül, mint a porcós része, ami ugyancsak hatással lehet a jitter értékére.

2. Megvalósíthatósági tanulmány: ultrahang alkalmazása a gyermeki artikuláció vizsgálatában

A jelen feltáró kutatásban az elsődleges célunk az volt, hogy meghatározzuk, gyermekek esetében milyen tényezők befolyásolják az ultrahangkép minőségét és a vizsgálat kivitelezhetőségét. Ehhez egy olyan kísérletet végeztük el, melyben a magánhangzókra a szomszédos zöngétlen felpattanó zármássalhangzók (egészen pontosan azok képzéshelye) által kifejtett koartikulációs hatások elemezhetők jól kontrollált körülmények között.

2.1. Módszertan és kihívások

A próbakísérletben két gyermek vett részt, egyikük 6;3 éves lány, másikuk 9;10 éves fiú – életkorukhoz képest mindketten az átlagosnál nagyobb testméretekkel rendelkeznek (védőnői szakvélemény alapján). Felnőtt kontrollként egy 42 éves nő vett részt a vizsgálatban, a gyermekek édesanyja. A felvételt vele készítettük el először annak érdekében, hogy a gyermekek megismerjék a feladatot, és hozzászokjanak a felvételi körülményekhez.

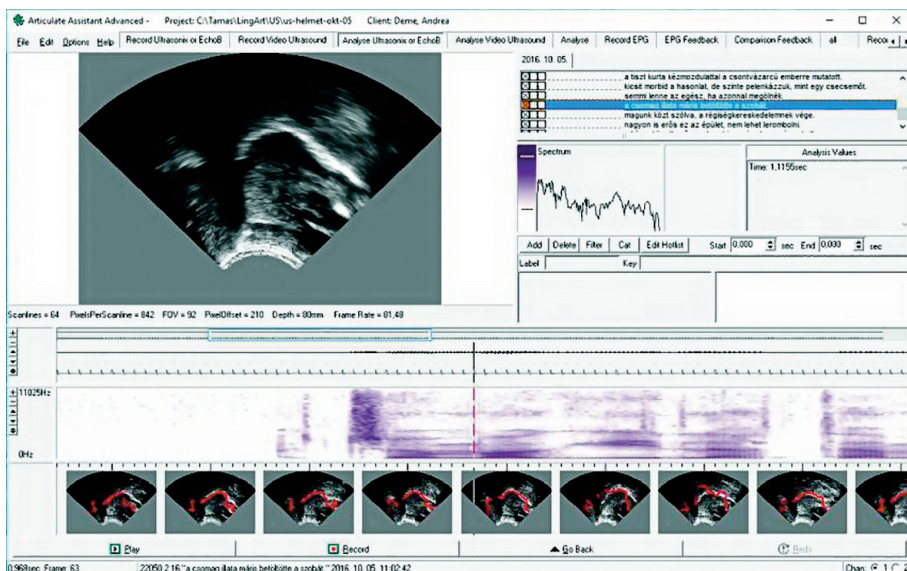
Vizsgálati anyagként képmegnevezési feladatot és vivőmondatba ágyazott logatomokat alkalmaztunk. A felnőtt és a 9 éves adatközlővel mindkettőt rögzítettük, a 6 évesssel csak a képmegnevezést – mivel még nem tudott olvasni. A logatomokat és a vivőmondatot Mády (2008) tanulmányából vettük át: *Most a CVCa és a CVCa volt*, ahol a C helyén a /p t k/ mássalhangzók valamelyike szerepelt, a V helyén pedig felváltva minden egyes magyar sztenderd magánhangzó-minőség.

A nyelv szagittális középvezetési mozgását a „Micro” rendszerrel rögzítettük (Articulate Instruments Ltd.). A felnőtt és a 9 éves adatközlő esetén egy 2–4 MHz frekvenciájú, 64 elemű, 20 mm sugarú mikrokonvex ultrahang-vizsgálófejet használtunk, és 82 képkocka/másodperc sebességgel rögzítettük a felvételt. A 6 éves adatközlőnél egy 5–8 MHz frekvenciájú, 57 elemű, 10 mm sugarú mikrokonvex ultrahang-vizsgálófejet alkalmaztunk, amely 107 képkocka/másodperc sebességgel és nagyobb látómezővel rögzít (lásd az 5. ábrán). A felvételek során ultrahangrögzítő sisakot is

alkalmaztunk (Articulate Instruments Ltd.), amely látszik az *1. ábra* bal oldalán. A rögzítősisak használata azt biztosítja, hogy a felvétel során az ultrahang-vizsgálófej ne mozduljon el (pl. az orientációja ne változzon). A beszédet Audio-Technica ATR-3350 omnidirekcionális kondenzátormikrofonnal rögzítettük, amely a sisakra volt csíptetve, a szájtól kb. 10 cm-re. A hangot 48 000 Hz mintavételi frekvenciával digitalizáltuk M-Audio MTRACK PLUS hangkártyával. Az ultrahang és a beszéd szinkronizációja a Micro rendszer „Frame sync” kimenetét használva történt.

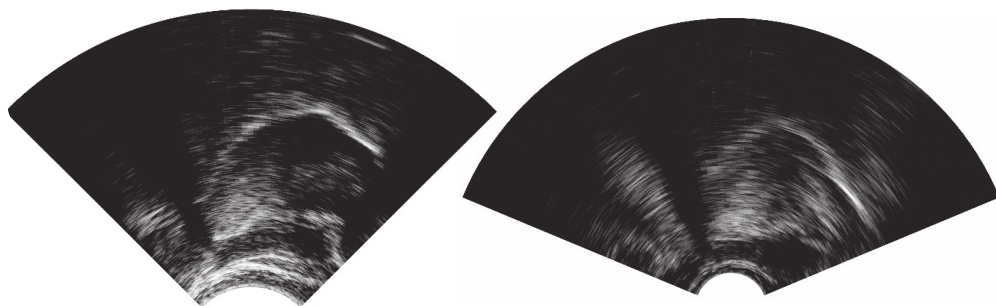
A felolvasandó mondatokat és a képeket az Articulate Assistant Advanced (AAA, Articulate Instruments Ltd.) szoftver segítségével jelenítettük meg a képernyőn, és az adatokat ugyanezzel a szoftverrel rögzítettük. Az AAA szoftver az adatok elemzésére is használható: a szoftver bizonyos ablakaiban egyszerre látszik az ultrahangkép, a beszéd hullámformája, FFT-spektruma és spektrogramja (*4. ábra*). Emellett az ábra alján látható módon automatikus nyelvkontúrkövetésre is alkalmas, és az ultrahangképeket a beszéddel szinkronizáltan jeleníti meg.

A beszédjel alapján meghatároztuk a célmagánhangzók határait (a CVCa típusú szó V-je) automatikus kényszerített felismeréssel (Mihajlik et al. 2010), a határokat manuálisan ellenőriztük, és ha szükséges volt, javítottuk, majd a magánhangzó középből az ultrahangképet JPG formátumban exportáltuk. A képeken manuálisan berajzoltuk a nyelvkontúrt a <http://apil.parsertongue.com/draw> oldal használatával.



4. ábra
Az Articulate Assistant Advanced (AAA) szoftver

Az ultrahangfelvételek képi minősége eltérő lehet az egyes beszélők között – ez felnőttek esetén is így van (lásd pl. Csapó et al. 2017). Ennek az is lehet az oka, hogy a rögzítősisak különböző fejméretek esetén máshogy (más orientációban) tartja az ultrahang-vizsgálófejet. A szoftver lehetőséget ad az ultrahangos hardver paramétereinek (pl. vizsgálófej frekvenciája, látómező, mélység, dinamikartomány, vonalsűrűség stb.) állítására, ez azonban nem minden beszélő esetében kínál elégséges megoldást. A jelen esetben (gyermekeknél) az a kérdés is felmerül, hogy a sisakot be tudjuk-e állítani úgy, hogy az az ultrahangfejet eléggé közel pozicionálja a nyelv alatti lágy szövetekhez. Ha ugyanis az ultrahangfej nem fekszik fel az áll alatti lágy részre, akkor az ultrahangképen nem látszik jól a nyelvfelszín kontúrja. Ugyanez a helyzet akkor is, ha nincs megfelelő mennyiségű zselé a vizsgált testfelületen. Az 5. ábrán látható egy-egy példa, a kutatásunkban részt vevő két gyermek ultrahangfelvételéből, mindkettő a *baba* szó első magánhangzójának időbeli középpontjában készült. A képek közti talán leglátványosabb eltérés a látómező nagyságában van, mivel a bal oldali felvétel 20 mm sugarú, a jobb oldali pedig 10 mm sugarú vizsgálófejjel készült. A másik – a kutatások szempontjából sokkal jelentősebb – eltérés azonban az, hogy míg a bal oldalon (a 9 éves gyermek felvételén) élesebben, tisztábban kirajzolódik a nyelvkontúr, addig a jobb oldalon (a 6 éves gyermek felvételén) a kontúr kevésbé kivehető, bizonytalanabb, információelméleti értelemben zajosabb a felvétel. Az esetek nagy hányadában ez a zaj olyan mértékű volt, hogy a továbbiakban a 6 éves gyermek felvételeinek elemzésétől el kell tekintenünk. Ennek a tapasztalatnak a tükrében kérdésként merül fel, hogy a kisebb gyermekek artikulációjának vizsgálatában milyen más kiegészítő eszközök (például kisebb méretű sisak vagy más rögzítési módszer) alkalmazhatók.



5. ábra

A gyermekek artikulációjáról készült ultrahangfelvételek a baba szó első magánhangzójának időbeli középpontjában: bal oldalon a 9 éves gyermek felvétele 20 mm sugarú vizsgálófejjel, jobb oldalon a 6 éves gyermek felvétele 10 mm-es vizsgálófejjel

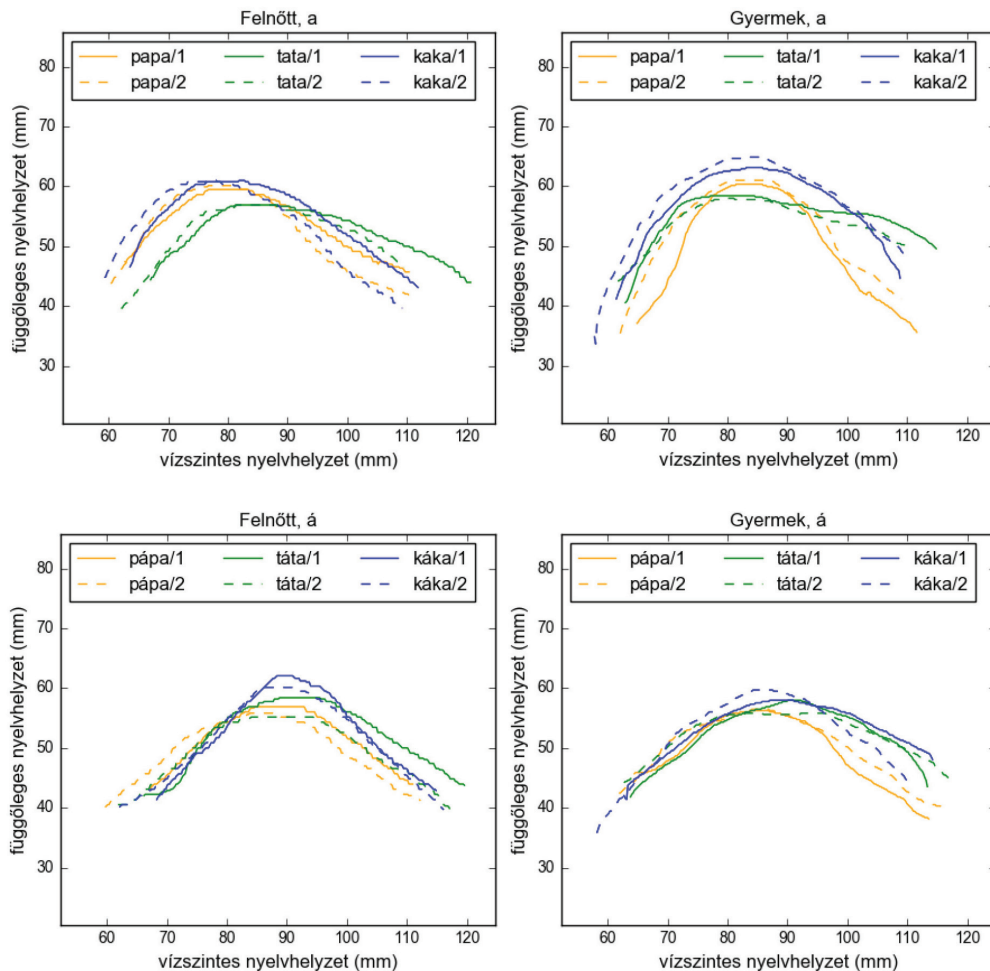
2.2. Eredmények

A felnőtt és a 9 éves gyermek adatközlő felvételeiből elemzett célmagánhangzók nyelvkontúrjai a 6. ábrán láthatók. Az egyes részábrák a 14 magyar sztenderd nyelvi magánhangzót mutatják a CVCa szekvenciában. A részábrán belül a nyelvkontúrok a megelőző/követő mássalhangzó szerinti csoportosításban kerültek bemutatásra, mely csoportokat a színek jelölik. A folytonos vonalak az adott logatom első előfordulását mutatják a mondaton belül, míg a szaggatott vonalak a másodikat. Minden vonal egy-egy manuálisan berajzolt nyelvkontúrnak felel meg, melyen az ultrahangkép orientációjával megegyező módon bal oldalon található a nyelvgyök, jobb oldalon a nyelvhegy, a kettő között pedig a nyelv felső felülete. Mivel az ultrahangképen nem mindig látszik a teljes nyelv, ezért a berajzolt nyelvkontúrokon sem feltétlenül egyforma hosszúságú minden ábrán az adatközlő nyelve. A skálák az eredeti ultrahangképhez vannak igazítva, azaz a (0,0) koordinátájú pont az ultrahang kép bal alsó sarka. Tekintettel arra, hogy az ultrahangfejet a beszélők fejének méretbeli és alaki különbségei miatt nem lehet a különböző beszélők esetében azonosan pozicionálni, a beszélők közötti összevetés lehetősége a potenciálisan eltérő orientáció miatt korlátozott.

Mivel a /p/ mássalhangzó képzéséhez a nyelvnek célzott artikulációs működésére nincs szükség, ezért ennek a mássalhangzónak a környezetében nem várunk koartikulációs hatást a két mássalhangzó között ejtett magánhangzó tekintetében. A /t/ és a /k/ ejtése esetén azonban a nyelv aktív beszédszerv, így a várakozások szerint a szomszédságukban ejtett magánhangzóra jellemző nyelvkontúr eltérő a környező mássalhangzók függvényében.

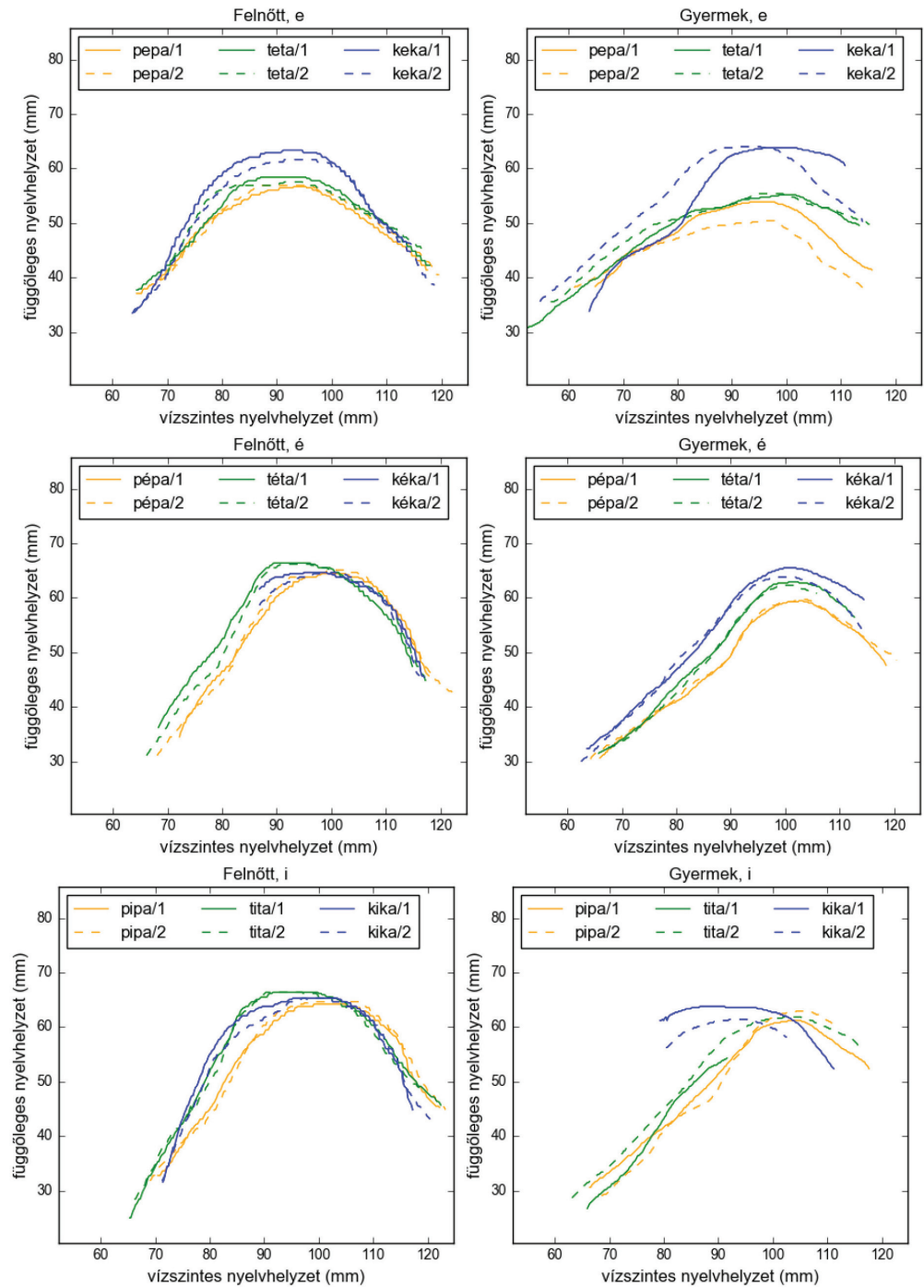
A logatomok szerkezete miatt minden magánhangzóra valamilyen (az egyes magánhangzók képzésének eltéréséből adódóan különböző) hatással lehetett a szóvégi /b/ artikulációs konfigurációja. Emellett a két logatom a vívómondatban is különböző helyen szerepel, aminek ugyancsak lehet hatása a magánhangzók artikulációs megvalósítására (az egyes beszélőkön belül és a beszélők között tekintve is). A 6. ábrán mégis látunk olyan megvalósulásokat, ahol ugyanannak a logatomnak az első és a második bemondásáról készült nyelvkontúr szinte teljesen megegyezik: például a felnőtt adatközlőnél a *pepa, pépa, pipa, pípa, pópa, tóta, pöpa, püpa, túta, kúka*; a gyermeknél a *pépa, téta, tóta, kóka, pőpa, túta*. Talán nem véletlen, hogy a gyermek esetében a hosszú magánhangzók közül kerülnek ki ezek a realizációk, hiszen a hosszú magánhangzók ejtésékor több idő áll rendelkezésre a célkonfiguráció elérésére, így kevésbé lehet bizonytalan, illetve variábilis az ejtés (vö. pl. Zajdó et al. 2011). A jelenség kapcsán érdemesnek tartottuk egyfelől a két ejtés közti hasonlóság számszerű össze-

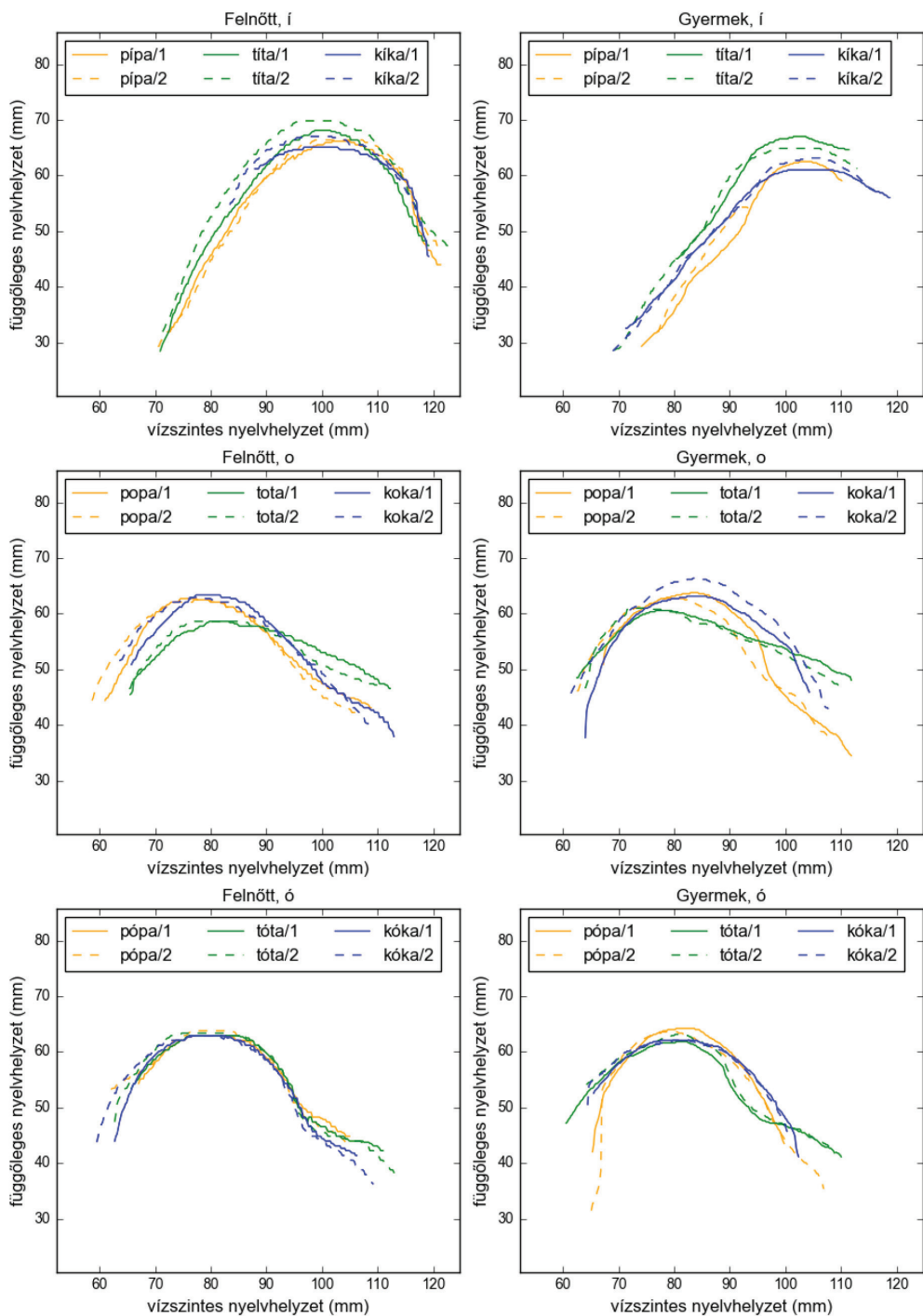
vetését is a legközelebbi szomszéd távolsága paraméter segítségével, másfelől pedig a hangzoidótartamok alakulásának vizsgálatát is.

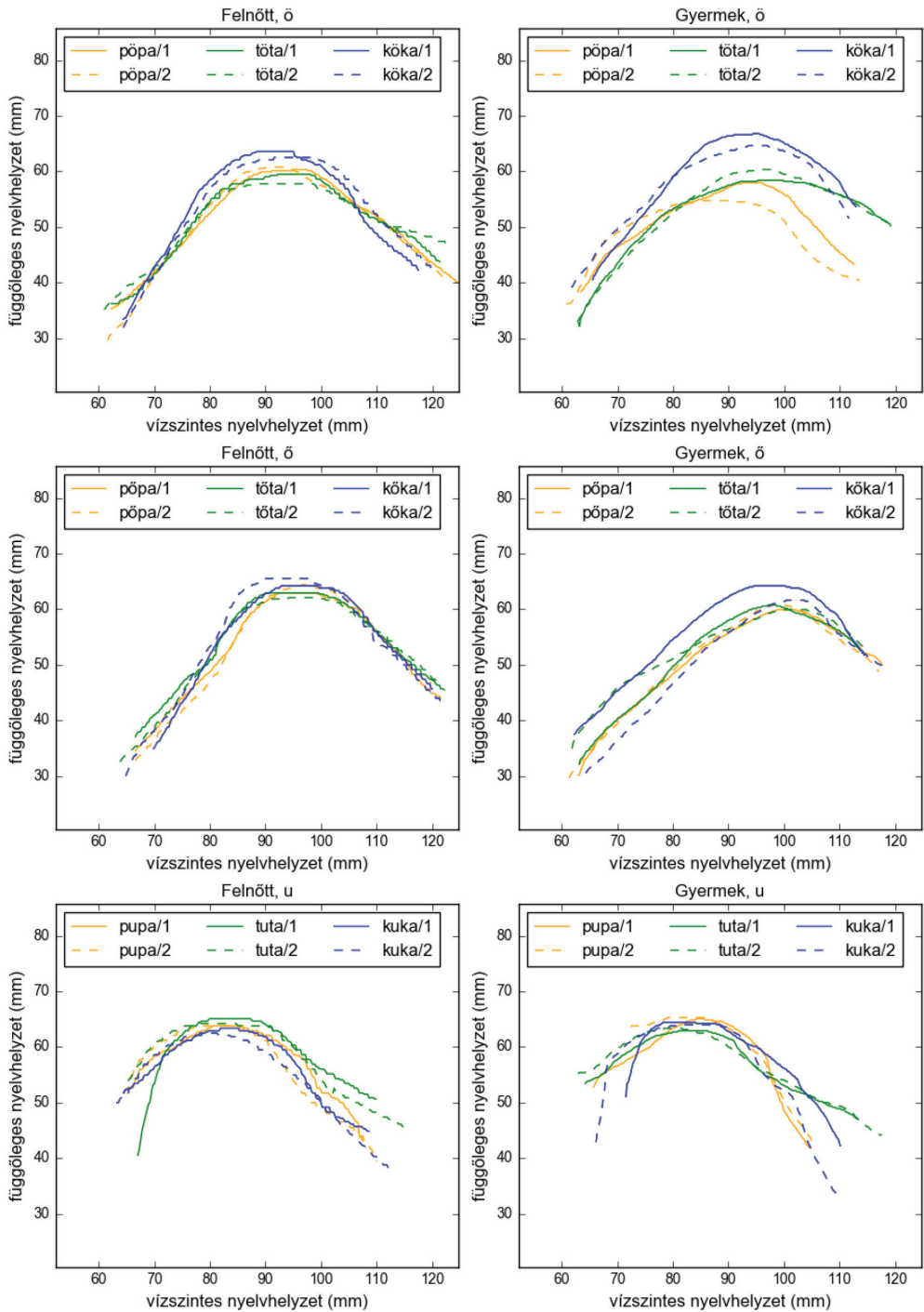


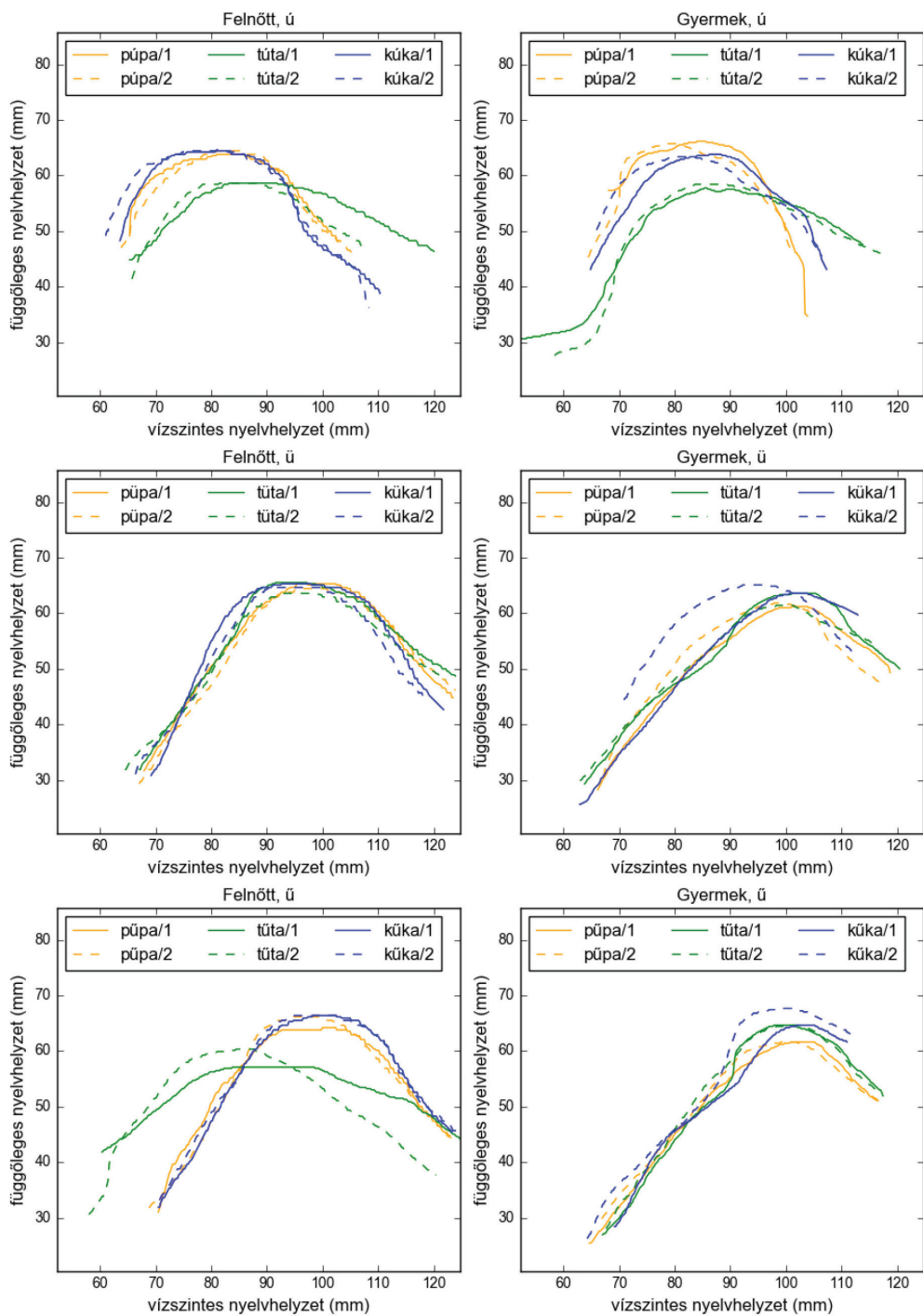
6. ábra (81–84. oldal)

A felnőtt (bal oldalon) és a gyermek (jobb oldalon) adatközlő manuálisan berajzolt nyelvkontúrjai, magánhangzónként, a mássalhangzók szerint csoportosítva. Az ábrákon belül balra látható a nyelvgyök, jobbra a nyelvhegy







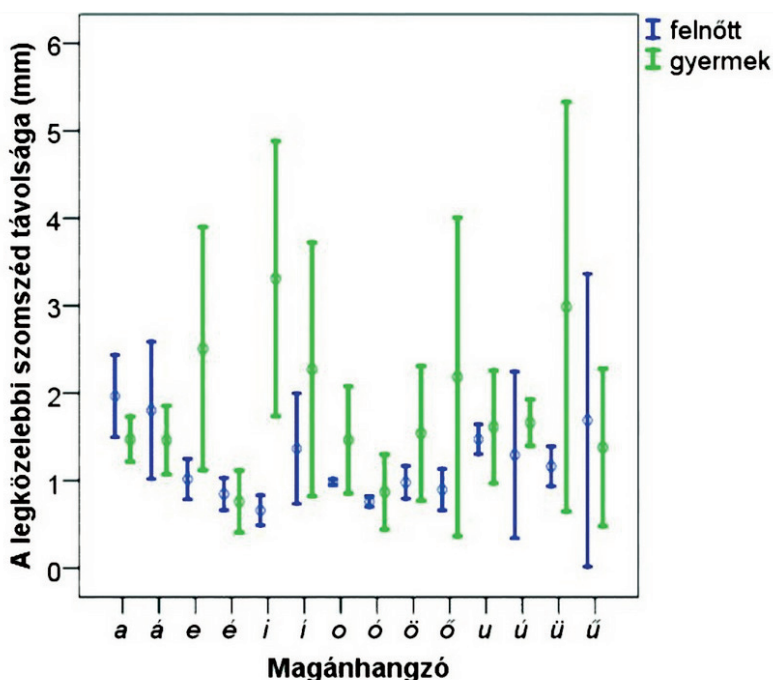


A korábbi kutatások eredményei alapján azt várhatjuk, hogy a logatomok két, egyazon vivőmondatbeli előfordulása közötti különbség nagyobb lesz a gyermek adatközlő esetében, mint a felnőttél, mivel a gyermekek artikulációja, különös tekintettel a nyelv artikulációs gesztusaira, variábilisabb, mint a felnőtteké. Kérdés, hogy ez így van-e még közel 10 éves korban is. Természetesen két kísérleti személy ilyen kevés adatából messzemenő következtetéseket nem lehet levonni, ennek ellenére a legközelebbi szomszéd távolsága (Zharkova–Hewlett 2009) módszerével megvizsgáltuk az egyes adatközlők logatompárjaiban (az azonos logatomok két bemondásában) a magánhangzó ejtésének közepén látszó nyelvkontúrok közötti eltérést. A legközelebbi szomszéd távolság számítása során jelöljük U -val és V -vel a két nyelvkontúrt, és legyenek $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ és $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ a nyelvkontúrok pontjai. Ekkor a következő módon számítható ki U és V távolsága: 1. végigmegyünk az u_i pontokon, és meghatározzuk mindegyikhez a v_j pontok közül a legközelebbi távolságát; 2. végigmegyünk a v_i pontokon, és meghatározzuk mindegyikhez az u_j pontok közül a legközelebbinek a távolságát; 3. az összes fenti módon számított pontok közötti távolságot átlagoljuk. A legközelebbi szomszéd távolság számítási módjából következik, hogy *a)* amennyiben két nyelvkontúr látszatra közel van egymáshoz, és hasonló hosszúságú, akkor távolságuk kicsi lesz; *b)* amennyiben két nyelvkontúr látszatra távol van egymástól, és hasonló hosszúságú, akkor távolságuk nagy lesz. Ugyanakkor ha két nyelvkontúr látszatra ugyan közel van egymáshoz, de nem egyforma hosszúságú (pl. *6. ábra*, gyermek *i*, *tita* logatom két ismétlése zöld vonallal jelölve), akkor ott a számított távolság viszonylag nagy lesz.

A két azonos alakú logatom magánhangzókontúrjaira számolt legközelebbi szomszéd távolsága az összes logatomot tekintve átlagosan $1,21 \pm 0,64$ mm volt a felnőtt beszélőnél, a gyermeknél pedig $1,82 \pm 1,19$ mm. A gyermek beszélőnél tehát általánosságban (az adatok szórása alapján) nagyobb variabilitást figyeltünk meg ugyanazon magánhangzó két, ugyanazon környezetben megvalósított ejtésekor.

A *7. ábrán* összegeztük a távolságotokat a két adatközlő esetében magánhangzónként csoportosítva, az összes mássalhangzós kontextus együttes figyelembevételével. Az adatok szórása alapján elmondható, hogy a 14 magánhangzó közül 10 esetében a gyermek artikulációja bizonyult változatosabbnak, 4 esetében (/y: u: ɒ a:/) pedig a felnőtté. Ugyanakkor ehhez hozzá kell tennünk azt is, hogy a legközelebbi szomszéd távolsága módszer érzékeny arra, hogy milyen hosszú a berajzolt kontúr, és ebben néhány realizáció esetében jelentős eltérések látszanak.

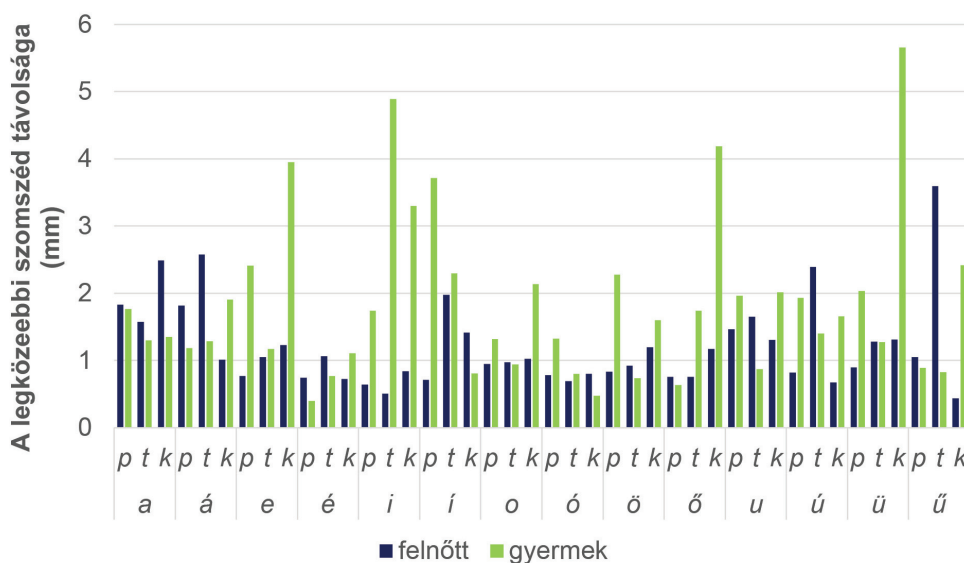
A *7. ábrán* is látható adatokat a mássalhangzós kontextus függvényében mutatja be a *8. ábra*. Ugyanannak a logatomnak a kétszeri ejtésekor a magánhangzó időbeli középpontjában a nyelvkontúr átlagosan akár 2 mm-nél nagyobb eltérést is mutatott



7. ábra

A logatomok két bemondása között mért legközelebbi szomszéd távolsága paraméter (átlag \pm 1 szórás) a magánhangzók függvényében a két adatközlő ejtésében az összes mássalhangzós kontextusban

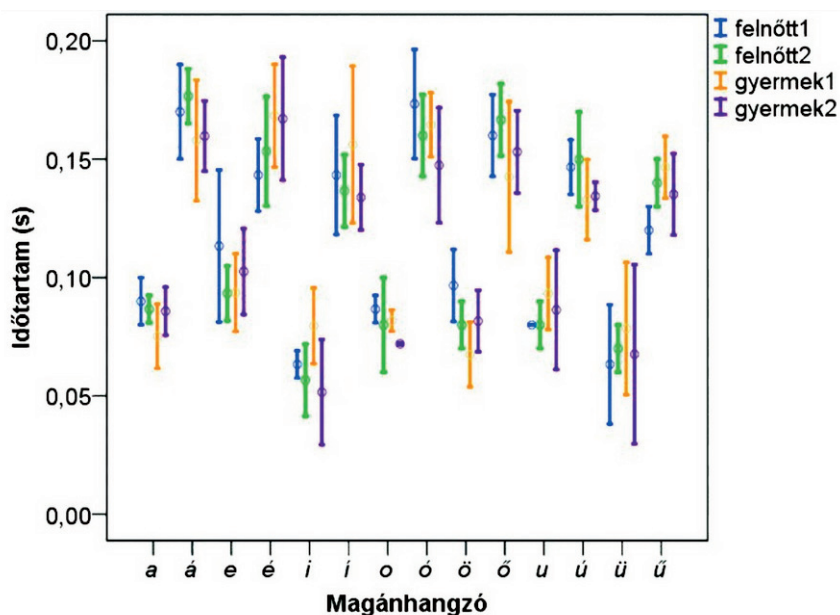
a legközelebbi szomszéd távolsága módszerével mérve mindkét beszélő ejtésében. Az összes logatompár (42 db) közül ekkora eltéréseket 12 esetben (28,6%) mértünk a gyermek adatközlő esetében, 4-szer (9,5%) a felnőtt anyagában. Mássalhangzó-kontextusonként tekintve az adatokat (ismételten a szórásadatok alapján) a legkisebb változatosság a felnőtt adatközlő esetében a /p/ kontextusban mutatkozott: $1,01 \pm 0,40$ mm; a gyermeknél azonban a /t/ esetében: $1,45 \pm 1,08$ mm. A legnagyobb változatosságot a felnőtt ejtésében a /t/ kontextus idézte elő: $1,50 \pm 0,87$ mm; a gyermeknél azonban a /k/: $2,33 \pm 1,46$ mm. A felnőtt /k/ kontextusban ejtett magánhangzóira a legközelebbi szomszéd átlagos távolsága $1,12 \pm 0,49$ mm volt; a gyermek ejtésében a /p/ kontextus $1,68 \pm 0,84$ mm-t adott ki átlagosan. Ez utóbbi mássalhangzó-környezetek képezték a két beszélő esetében a két szélsőségesebb varianciát mutató kontextus közti átmenetet. Annyiban ezek az eredmények bizonyos tekintetben váratlannak tekinthetők, hogy a mássalhangzók képzéshelye és a képzésben részt vevő beszédszervek miatt a legkisebb varianciát, mint fentebb is írtuk, a /p/ esetében vártuk mindkét beszélő esetében.



8. ábra

A logatomok két bemondása között mért legközelebbi szomszéd távolsága paraméter értékei magánhangzónként a mássalhangzós kontextus függvényében a két adatközlőnél

A hangzoidótartamok (9. ábra) elemzése alapján azt állapíthatjuk meg, hogy a beszélők – nyilván a kísérleti helyzetből is adódóan – a fonológiailag rövid és hosszú hangzókat fizikai időtartamukban is nagymértékben megkülönböztették egymástól. Az időtartambeli elkülönítés mértéke ráadásul láthatóan a nyelvállás fokára tekintet nélkül érvényesült, mely artikulációs jegy pedig általánosságban hatással van a kontrasztra a következőképpen: a magasabb nyelvállásfokon képzett hangzóknál kisebb, míg az alsóbb nyelvállásfokúaknál nagyobb időtartamkontrasztot találunk. Bizonyos értelemben váratlan eredmény, hogy a gyermek adatközlő magánhangzó-időtartamai az esetek többségében nem hosszabbak, mint a felnőtt beszélőéi, holott a szakirodalom (pl. Auszmann 2016) alapján ezt feltételezhetnénk. A két beszélő adatainak közvetlen összevethetősége korlátozott a toldalékcso és az artikulátorok méretbeli eltérései miatt, ezért csak feltételezésként fogalmazhatjuk meg azt az állítást, hogy a konkrét helyzetben a felnőtt artikulációjának kisebb mértékű változatossága a nyelvkontúr tekintetében talán összefügg azzal is, hogy a felnőtt beszélő jellemzően hosszabban ejtette a magánhangzókat, mint a gyermek.



9. ábra

A magánhangzók időtartama (átlag \pm 1 szórás) a felnőtt és a gyermek első és második ejtésében (tekintet nélkül a mássalhangzó-kontextusra)

Összegezve: bizonyos, részint különböző tendenciákat látunk az ejtőmintázatok eltérésében a nyelvkontúrt tekintve a felnőtt és a gyermek összehasonlításában, ami azt sugallja, hogy még közel 10 éves életkorban, illetve a felnőttét jobban megközelítő testméretek esetén is érdemes lehet vizsgálni ezeket az artikulációs (és koartikulációs) jelenségeket. Egyes eredmények összhangban vannak a szakirodalom állításaival: az artikuláció változatossága a gyermeknél nagyobb mértékű; hosszabb magánhangzó-időtartam esetén kisebb a variabilitás a gyermek ejtésében a nyelvkontúrt tekintve. Mindent egybevetve azonban természetesen le kell szögeznünk, hogy igen kicsi mintával dolgoztunk, így a minta alapján tudományos állításokat nem tehetünk. Mégis, a felvételek levezetésének és az adatfeldolgozásnak a tapasztalatával a hátunk mögött, valamint maguknak a kapott adatoknak a láttán levonhatónak látjuk azt a következtetést, hogy a gyermek beszélők artikulációjának vizsgálata ultrahanggal kivitelezhetőnek látszik, ami igen fontos tapasztalat. Ezzel együtt úgy véljük, hogy bár a vonatkozó szakirodalom egyre gazdagabb, a gyermeki artikuláció témaköre számos olyan tudományos kérdést is kínál még, melyhez az eszközei nyújtotta új lehetőségek révén az MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció Kutatócsoport is hozzájárulhat. Tanulmányunk zárásaképpen néhány ilyen lehetséges kutatási kérdést vázolunk fel.

3. Néhány lehetséges kutatási irány a gyermekek artikulációs működéseinek vizsgálatában

A kutatócsoport hosszabb távú tervei között szerepel általánosságban a koartikuláció vizsgálata ultrahanggal és EMA-val (illetve egyes esetekben elektroglottográfiával kiegészítve a módszertant) felnőtteknél és gyermekeknél.

A szakirodalomban olvasható kutatások a nyelv mint beszédszerv működését többféle módszertannal közelítik meg a gyermeki artikulációban, és a módszertan megválasztása természetesen összefügg a kutatási kérdéssel. Az elektromágneses artikulográfia például bár nagyfokú pontossággal reprezentálja az artikulátorok működését, de csak egyes pontok helyzetéről ad információt, miközben a nyelv dorzális területének nagy részéről még pontszerű pozícióadatokat sem képes szolgáltatni. Ezzel szemben az ultrahang a teljes nyelvfelszín láthatóvá teszi, ám kisebb a felbontása (pontatlanabb képet ad), és az ultrahanggal kapott nyelvkontúrok más beszédképző szervekhez való viszonyítása is külön módszertani megoldásokat, leleményt igényel. Ennélfogva példának okáért az összes szájüregbeli képzéshely vizsgálatában a két módszer, azaz az EMA és az ultrahang együttes alkalmazása tűnhetne a legmegfelelőbb megoldásnak. Az további kérdéseket vet fel, hogy milyen életkorú gyermekek lennének hajlandók és alkalmasak akár csak az EMA-val végzett kutatásban részt venni (a szájüregbe kerülő apró idegen tárgyak, a szenzorok miatt), de különösen a kombinált módszertan használata problematikus. Ezek a tényezők a szülőkben is ellenérzéseket kelthetnek.

Ha az itt említett problémákat sikerül áthidalni, akkor olyan kérdésekre kereshetünk választ – hosszabb távon akár longitudinális vizsgálatokkal is –, mint például, hogy miként alakul a mássalhangzók képzéshelyének elkülönítése az életkor tekintetében, valamint hogyan változik a képzéshely megvalósításában tapasztalható artikulációs variabilitás az életkor és a nyelvben meglévő fonológiai mássalhangzó-kontrasztok függvényében. A képzési helyek közti távolság az életkor növekedésével együtt nyilvánvalóan növekszik, de kérdés, hogy vajon ez a változás csak a toldalékszó méretének növekedésével függ-e össze. Ennek felderítéséhez az adatokat érdemes lehet például a szájpad méretével is korreláltatni. A mássalhangzók képzéshelyének megvalósítását illetően már dokumentált a gyermekeknél a felnőttekhez viszonyítva tapasztalható nagyobb mértékű variabilitás mind akusztikai (lásd pl. Munson 2004), mind pedig artikulációs (lásd pl. Zharkova et al. 2011, 2012) vizsgálatokban. Ugyanakkor azt még a felnőtt beszélők esetében sem tudjuk, hogy (i) az artikulációt is érinti-e az az akusztikai elemzéseken alapuló hipotézis, mely szerint a sűrűbb fonológiai rendszerű nyelvekben kisebb a beszédhangok megvalósítására jellemző variancia (vö. *output*

constraint hypothesis, lásd Manuel 1990; Jongman et al. 1985), ahogyan azt sem elemezték még, hogy (ii) ez a hatás akár artikulációsan, akár akusztikailag kimutatható-e egy adott nyelven belül például a különböző képzésmódú mássalhangzók esetében, melyek eltérő képzéshelyi kontrasztokban állnak. Magyar nyelvi alveoláris képzéshelyű felpattanó (nincs alveoláris-posztalveoláris kontraszt), valamint alveoláris és posztalveoláris (van alveoláris-posztalveoláris kontraszt) résmássalhangzók artikulációjának vizsgálatával ellenőrizhető lehet a hipotézis kiterjeszhetősége a beszéd artikulációs vetületére nézve is, miközben felnőtt és gyermek beszélők adatainak összevetésével, azaz az életkorral mint változóval tovább is árnyalhatnánk a képet a fonológiai kontraszt-hatás érvényesüléséről az artikulációban.

További kutatási kérdés lehet a mássalhangzó-kapcsolatokban fellépő koartikulációs hatás és ennek életkorfüggő változása is. Vizsgálható a kérdéskör eltérő és azonos képzési helyű, képzési módú, zöngésségű mássalhangzók kapcsolatában – ez utóbbinál a zöngésségi sajátosságok vizsgálata elektroglottográfiával is lehetséges lenne. Újabb lehetőségként adódna továbbá az ultrahangnak ajakvideóval való kiegészítése.

Irodalom

- Auszmann Anita 2016. *Magyar gyermekek magánhangzóinak akusztikai-fonetikai jellemzői*. Doktori disszertáció. ELTE, Budapest.
- Beňuš, Stefan – Gafos, Adamantios I. 2007. Articulatory characteristics of Hungarian ‘transparent’ vowels. *Journal of Phonetics* 35. 271–300.
- Bolla Kálmán 1980. *Magyar hangalbum*. (Magyar Fonetikai Füzetek 6.) MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest.
- Bolla Kálmán 1981a. *A conspectus of Russian speech sounds. / Атлас звуков русской речи*. (Slavistische Forschungen, Band 32.) Akadémiai Kiadó – Böhlau Verlag, Budapest – Köln – Wien.
- Bolla Kálmán 1981b. A magyar hosszú mássalhangzók képzése. (Kinoröntgenografikus vizsgálat számítógéppel.) *Magyar Fonetikai Füzetek* 7. 7–55.
- Bolla Kálmán 1981c. A magyar magánhangzók és rövid mássalhangzók képzési sajátosságainak dinamikus kinoröntgenográfiai elemzése. *Magyar Fonetikai Füzetek* 8. 5–62.
- Bolla Kálmán 1981d. *Az amerikai angol beszédhangok atlasza*. (Magyar Fonetikai Füzetek 9.) MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest.
- Bolla Kálmán 1985. *A finn beszédhangok atlasza*. (Magyar Fonetikai Füzetek 14.) MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest.

- Bolla Kálmán 1995. *Magyar fonetikai atlasz. A szegmentális hangszerkezet elemei.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Bolla Kálmán – Földi Éva 1987. *A phonetic conspectus of Polish / Atlas dźwięków mowy języka polskiego.* (Magyar Fonetikai Füzetek 18.) MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest.
- Bolla Kálmán – Földi Éva – Kincses Gyula 1986. A toldalékcsoport artikulációs folyamatainak számítógépes vizsgálata. *Magyar Fonetikai Füzetek* 15. 155–165.
- Bolla Kálmán – Valaczkai László 1986. *Német beszédhangok atlasza.* (Magyar Fonetikai Füzetek 16.) MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest.
- Blaho, Szilvia – Szeredi, Dániel 2013. Hungarian neutral vowels: a microcomparison. *Nordlyd* 40/1. 20–40.
- Browman, Catherine P. – Goldstein, Louis M. 1986. Towards an articulatory phonology. *Phonology* 3. 219–252.
- Csapó Tamás Gábor – Csopor Dávid 2015. Ultrahangos nyelvkontúrvizsgálás automatikusan: a mély neuronhálón alapuló AutoTrace eljárás vizsgálata. *Beszédkutató* 2015. 177–187.
- Csapó Tamás Gábor – Deme Andrea – Gráczki Tekla Etelka – Markó Alexandra – Varjasi Gergely 2017. Szinkronizált beszéd- és nyelvultrahang-felvételek a Sono-Speech rendszerrel. In Vincze Veronika (szerk.): *XIII. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia (MSZNY 2017)*. Szegedi Tudományegyetem Informatikai Tanszékcsoport, Szeged. 339–346.
- Csapó, Tamás Gábor – Lulich, Steven M. 2015. Error analysis of extracted tongue contours from 2D ultrasound images. In: *Proceedings of Interspeech, 2015*. 2157–2161.
- Deme Andrea 2012. Óvodások magánhangzóinak akusztikai jellemzői. In Markó Alexandra (szerk.): *Beszédtudomány. Az anyanyelv-elsajátítástól a zöngékezdési időig.* ELTE BTK – MTA NyTI, Budapest. 77–99.
- Deme, Andrea – Greisbach, Reinhold – Markó, Alexandra – Meier, Michelle – Bartók, Márton – Jankovics, Julianna – Weidl, Zsófia 2016a. Tongue and jaw movements in high-pitched soprano singing: A case study. *Beszédkutató* 2016. 121–138.
- Deme Andrea – Bartók Márton – Jankovics Julianna – Weidl Zsófia – Markó Alexandra – Greisbach, Reinhold – Meier, Michelle 2016b. A magyar köznyelvi magánhangzók artikulációja magas alaphangmagasságú szoprán éneklésben. Előadás a Beszédkutató 2016 konferencián, Budapest, Budapest, 2016. október 17–18.
- Deme, Andrea – Greisbach, Reinhold – Meier, Michelle – Bartók, Márton – Jankovics, Julianna – Weidl, Zsófia – Markó, Alexandra Tongue and jaw articulation of soprano singers at high pitch in Hungarian and German. Előkészületben.

- Goffman, Lisa 2015. Effects of language on motor processes in development. In Redford, Melissa A. (ed.): *The handbook of speech production*. Wiley Blackwell, Chichester. 555–577.
- Gósy Mária 2005. *Pszicholingvisztika*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Hacki Tamás – Hirschberg Jenő – Mészáros Krisztina 2013. A hangképzés gyermekkori fejlődése, premutáció, mutáció. In Hirschberg Jenő – Hacki Tamás – Mészáros Krisztina (szerk.): *Foniátria és társtudományok. A hangképzés, a beszéd és a nyelv, a hallás és a nyelés élettana, kórtana, diagnosztikája és terápiája*. I. kötet. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 213–216.
- Hasek, Carol S. – Singh, Sadanand – Murry, Thomas 1980. Acoustic attributes of preadolescent voices. *Journal of the Acoustical Society of America* 68. 1262–1265.
- Hoole, Philip – Nguyen, Noel 1999. Electromagnetic articulography. In Hardcastle, William J. & Hewlett, Nigel (eds.): *Coarticulation. Theory, Data and Techniques*. Cambridge University Press, Cambridge. 260–269.
- Jongman, Allard – Blumstein, Sheila E. – Lahiri, Aditi 1985. Acoustic properties for dental and alveolar stop consonants: a cross-language study. *Journal of Phonetics* 13. 235–251.
- Kempelen Farkas 1791/1989. *Az emberi beszéd mechanizmusa, valamint a szerző beszélőgépezének leírása*. Szépirodalmi Kiadó, Budapest.
- Kurita, Shigejiro 1988. Growth, development and aging of the vocal fold. *The Japan Journal of Logopedics and Phoniatrics* 29/2. 185–193.
- Linders, B. – Massa, G. G. – Boersma, B. – Dejonckere, Philippe H. 1995. Fundamental voice frequency and jitter in girls and boys measured with electroglottography: influence of age and height. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 33. 61–65.
- Lotz János 1966. Egy magyar röntgen-hangosfilm és néhány fonológiai kérdés. *Magyar Nyelv* 62. 257–266.
- Lotz János 1967. Hangos röntgenfilm-vetítés a magyar nyelv hangképzéséről. In Imre Samu – Szathmári István (szerk.): *A magyar nyelv története és rendszere*. (Nyelvtudományi Értekezések 58.) Akadémiai Kiadó, Budapest. 255–258.
- Mády Katalin 2008. Magyar magánhangzók vizsgálata elektromágneses artikulográffal normál és gyors beszédben. *Beszédkutatás 2008*. 52–66.
- Manuel, Sharon Y. 1990. The role of contrast in limiting vowel-to-vowel coarticulation in different languages. *Journal of the Acoustical Society of America* 88/3. 1286–1298.
- Mihajlik, Péter – Tüske, Zoltán – Tarján, Balázs – Németh, Botyán – Fegyó, Tibor 2010. Improved recognition of spontaneous Hungarian speech: Morphological and

- acoustic modeling techniques for a less resourced task. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing* 18/6. 1588–1600.
- Munson, Benjamin 2004. Variability in /s/ production in children and adults: Evidence from dynamic measures of spectral mean. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 47. 58–69. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2004/006\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2004/006)) (A letöltés ideje: 2017. 04. 17.)
- Olaszy Gábor 2010. A beszédképzés folyamata. In Németh Géza – Olaszy Gábor (szerk.): *A magyar beszéd. Beszédkutatás, beszédtechnológia, beszédinformációs rendszerek*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 19–26.
- Nicollas, Richard – Garrel, Renaud – Ouaknine, Maurice – Giovanni, Antoine – Nazarian, Bruno – Triglia, Jean-Michel 2007. Normal voice in children between 6 and 12 years of age: Database and nonlinear analysis. *Journal of Voice* 22. 671–675
- Nittrouer, Susan – Studdert-Kenendy, Michael – Neely, Stephen T. 1996. How children learn to organize their speech gestures: Further evidence from fricative-vowel syllables. *Journal of Speech and Hearing Research* 39. 379–389.
- Ouni, Slim – Mangeonjean, Loïc – Steiner, Ingmar 2012. VisArtico: a visualization tool for articulatory data. In: *Proceedings of Interspeech 2012*, September 9–13, 2012, Portland, OR, USA.
- Perry, Theodore L. – Ohde, Ralph N. – Ashmead, Daniel H. 2001. The acoustic bases for gender identification from children’s voices. *Journal of the Acoustical Society of America* 109/6. 2988–2998.
- Redford, Melissa A. 2015. The acquisition of temporal patterns. In Redford, Melissa A. (ed.): *The handbook of speech production*. Wiley Blackwell, Chichester. 379–403.
- Seikel, J. Anthony – King, Douglas W. – Drumright, David G. 2010. *Anatomy & physiology for speech, language and hearing*. Fourth edition. Cengage Learning, Delmar.
- Stevens, Kenneth N. 1989. On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics* 17. 3–45.
- Stevens, Kenneth N. 1998. *Acoustic phonetics*. The MIT Press, Cambridge, MS. – London.
- Szende Tamás 1974. A magyar hangrendszer néhány összefüggése röntgenográfiai vizsgálatok tükrében. *Magyar Nyelv* 70. 68–77.
- Terband, Hayo – Maassen, Ben – Van Lieshout, Pascal – Nijland, Lian 2011. Stability and composition of functional synergies for speech movements in children with developmental speech disorders. *Journal of Communication Disorders* 44. 59–74.

- Whiteside, Sandra P. – Hodgson, Carolyn 1999. Acoustic characteristics in 6–10-year-old children’s voices: Some preliminary findings. *Logopedics Phoniatrics Vocology* 24. 6–13.
- Wrench, Alan 2013. Ultrasound speech analysis: State of the art. Előadás az Ultrafest VI konferencián. http://materials.articulateinstruments.com/Technical/State_of_Art.ppt (A letöltés ideje: 2017. 04. 17.)
- Zajdó, Krisztina – Wempe, Ton G. – Van der Stelt, Jeanette – Pols, Louis C. 2011. The acquisition of Hungarian high front unrounded short vs. long vowels. In: *Proceedings of ICPHS XVII*. 2252–2255.
- Zharkova, Natalia – Hewlett, Nigel 2009. Measuring lingual coarticulation from midsagittal tongue contours: Description and example calculations using English /t/ and /a/. *Journal of Phonetics* 37. 248–256.
- Zharkova, Natalia – Hewlett, Nigel – Hardcastle William J. 2011. Coarticulation as an indicator of speech motor control development in children: An ultrasound study. *Motor Control* 15. 118–140.
- Zharkova, Natalia – Hewlett, Nigel – Hardcastle William J. 2012. An ultrasound study of lingual coarticulation in /sV/ syllables produced by adults and typically developing children. *Journal of the International Phonetic Association* 42/2. 193–208.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az MTA Lendület programjának támogatását, valamint Jakus Júliának az adatok feldolgozásában nyújtott segítségét.