

Magyar gyermekek artikulációs vizsgálatának lehetőségei: miért és hogyan?

*Markó Alexandra^{1,2} – Csapó Tamás Gábor^{2,3} – Bartók Márton² – Deme Andrea^{1,2}
– Grácsi Tekla Etelka^{2,4}*

1. Bevezetés

A magyarországi artikulációs kutatások az utóbbi néhány évben egészültek ki gyermeknyelvi vizsgálatokkal is, ugyanakkor hazánkban a gyermeki beszéd fonetikai elemzése mindmáig túlnyomórészt akusztikai adatokra irányul. A nemzetközi szintéren ezzel szemben nagy adatbázisok készülnek a gyermeki beszéd artikulációs vizsgálatára, amelyek túlnyomó része angol anyanyelvű beszélők produkcióját rögzíti. A magyar nyelv kiejtésbeli sajátosságai számos tekintetben eltérnek az angolétól, ezért a hazai kutatás létjogosultsága vitathatatlan.

2. Miért vizsgáljuk az artikulációt?

A beszédet vizsgálva elemezhetjük közvetlenül a beszédképző szervek mozgását, illetve elemezhetjük az ennek a mozgásnak az eredményeként létrejött akusztikus jel, a beszédjel fizikai tulajdonságait. Ahhoz, hogy a beszédképző szervek (pl. hangszalagok, nyelv, ajkak) mozgását vizsgálni tudjunk, speciális eszközökre van szükség, mivel a legtöbb ilyen szerv nem (vagy nem folyamatosan) látható beszéd közben. Felmerülhet ugyanakkor a kérdés, hogy miért vizsgáljuk egyáltalán az artikulációt, hiszen az bonyolult műszerezettséget igényel, ráadásul minden artikulációs mérési módszertan beavatkozik a természetes artikulációs folyamatokba bizonyos mértékig. Ezzel szemben az akusztikai szerkezet (látszólag) könnyen és zavaró tényezők beiktatása nélkül hozzáférhető, a vizsgálati technológiák elérhetőbbek, nem igényelnek különleges műszerezettséget, és végeredményben az akusztikus jel az artikulációs működések lenyomata, ennek elemzése tehát közvetetten az artikulációról is árulkodik.

¹ ELTE Alkalmazott Nyelvészeti és Fonetikai Tanszék, Budapest

² MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció Kutatócsoport, Budapest

³ BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, Budapest

⁴ Nyelvtudományi Intézet, Budapest

Ugyanakkor, bár bizonyos akusztikai paraméterek valóban szoros összefüggésben állnak az artikulációval, az akusztikum paramétereit nem lehet egy az egyben megfeleltetni bizonyos artikulációs mozgásoknak. Példaként az ún. formánsokat említhetjük, amelyek a toldalékcsőnek mint rezonátorüregnek egy adott képzési beállítására jellemző sajátrezonanciái, tehát azok a frekvenciahelyek, melyeken gerjesztve a toldalékcső rezgésbe jön, és amelyeket e rezgés által felerősít a besugárzott akusztikai jelben, azaz a hangban. A formánsok jelentősége kiemelt a beszédtudományban, mert kísérletek eredménye szerint ezek az akusztikus jellemzők meghatározzák a magánhangzó minőségét, és ezek közül különösen az első és a második (legalacsonyabb frekvenciájú) formáns elegendő ahhoz, hogy egymástól akusztikailag, illetve a beszédészlelés számára is elkülönítse az eltérő magánhangzókat. Ráadásul az első két formáns értéke bizonyos artikulációs működésekkel is szoros összefüggést mutat, ami könnyen értelmezhetővé teszi, vagyis tenné frekvenciaértékük alakulását, ha egy-egy formáns értékére valóban mindössze csak egy-egy artikulációs működés hatna. Ám a helyzet korántsem ilyen egyszerű. Közismert például, hogy a toldalékcső első formánsának értékére elsősorban a függőleges nyelvhelyzet hat. Ugyanakkor erre a formánsra szintén befolyással van az állkapocsnak a nyelvhelyzettől bizonyos mértékig független mozgása (az állkapocs szögének nagysága) is. Ugyanígy a második formánsról is tudjuk, hogy bár annak értékét elsősorban a nyelv vízszintes helyzete határozza meg, szintén alakítja azt 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.

Ugyancsak érvként hozható fel az artikulációs vizsgálatok mellett a beszéd létrehozásának kvantális elmélete (STEVENS 1989), amely szerint az artikulációbeli eltérések mértéke és az ezek nyomán az akusztikumban bekövetkező különbség nem áll egymással egyenes arányban, azaz a beszédprodukció és az akusztikai szerkezet közötti kapcsolat nem lineáris. Az artikulációban egy apró eltérés jelentős akusztikai különbséget idézhet elő, ha az egy ún. „kritikus régió”-ban történik; és fordítva, nagyobb artikulációs eltérések esetén sem feltétlenül tapasztalunk különbséget az akusztikai szerkezetben, ha ezek az eltérések kritikus régiókon kívül valósulnak meg. Az elmélet szerint ugyanígy nemlineáris a kapcsolat az akusztikai szerkezet eltérése és a percepcióbeli különbségészlelet között sem, azaz előfordulhat, hogy két hangjelenség nagymértékben különbözik egymástól akusztikai szempontból, és mégsem észlelhető köztük különbség a hallgató számára; vagy fordítva, az is lehetséges, hogy egy kisebb akusztikai különbség nagy eltérést indukál az észlelt hangjelenségek tekintetében. Erre a nemlineáris összefüggésre utal a kvantális jelző: az eltérések ugrásszerűen

képeződnek le (az artikuláció eltérései az akusztikumban, az akusztikai eltérések a percepcióban), nem pedig fokozatosan (STEVENS 1989).

Mindezekon túlmenően vannak olyan észlelési elméletek, amelyek nem pusztán az akusztikai jelben keresik a beszédészlelésünk bemeneteként szolgáló információkat. Ilyen például a beszédészlelés motoros elmélete, amely szerint a beszéd észlelése az akusztikai jel transzformációján keresztül az artikulációs mozdulatsor reprezentációjának előhívásával megy végbe (LIBERMAN – MATTINGLY 1985). Ennek kapcsán ide idézhetjük még a tükörneuronokkal kapcsolatos vizsgálatok eredményeiből levont azon következtetéseket is (vö. pl. THÈORET – PASCUAL-LEONE 2002), amelyek szerint azért értjük meg mások, így a beszédpartnerek cselekvéseit, azaz például a nyelvi viselkedésüket, mert e cselekvések megfigyelése ugyanazokat az idegsejteket aktiválja, mint ezeknek a cselekvéseknek a kivitelezése.

Mindezek miatt tehát az artikuláció vizsgálata szükséges a beszédtevékenység komplex megismeréséhez, hiszen pusztán az akusztikai jelenségek alapján nem vonhatunk le erre vonatkozóan pontos következtetéseket.

3. Miért vizsgáljuk az artikulációt gyermekkorban?

Az artikulációs csatorna születéstől felnőttkorig jelentős változásokon megy keresztül, mind méreteit, mind arányait, mind pedig az egyes beszédképző szervek működési precizitását és összehangoltságát tekintve. A különböző életkori szakaszokban az érintett szervek méretbeli változása eltérő ütemű, ezért a gyermek nem egyszerűen „kisméretű felnőtt” (SEIKEL – KING – DRUMRIGHT 2010). Fitch és Giedd (1999) vizsgálatukban 121 fő adatai alapján – akiknek az életkora 2,8 és 25 év között volt – azt találták, hogy bár az artikulációs csatorna hossza minden életkorban erős korrelációt mutat a testmagassággal, az artikulációs csatorna mégsem nő olyan gyors ütemben, mint a testmagasság, amit azzal magyaráztak, hogy a gyermek feje a testméretéhez képest nagyobb, mint a felnőtté a saját testméretéhez képest, így arányosan kevesebbet is növekszik. Egyebek mellett ez a nem egyenletes növekedés indokolja a gyermekek artikulációjának vizsgálatát, különös tekintettel az egyes beszédhangok ejtésében megfigyelhető variabilitásra. Az artikulációs csatorna a hangszalagoktól az ajkakig születéskor 6–8 cm hosszú, felnőttkorra a nőknél átlagosan 15, a férfiaknál 18 cm lesz. Ez a növekedés a legnagyobb mértékben a garatüreg méretnövekedéséből adódik, aminek az egyik oka a gége leszállása. A pubertás előtt a lányok és a fiúk artikulációs csatornájának hossza nem különbözik, a pubertás idején a fiúk artikulációs csatornája

átlagosan 7,5 mm-rel hosszabb, mint a lányoké, és a pubertást követően az átlagos különbség 12,9 mm. Ennek a nemek közötti különbségnek a háttérben elsősorban a garatüreg eltérő mértékű növekedése áll, ami a férfiak esetében a gége „másodlagos leereszkedés”-éből adódik (FITCH – GIEDD 1999). Mindeközben a koordinált artikuláció képessége is kifejlődik, és hasznosul a legösszetettebb szekvenciális motoros tevékenységünk, a beszéd számára. Habár a gyermekek úgynevezett fonetikai jártasága, a beszédhangoknak az elvárásoknak megfelelő ejtésére való képesség 8 éves korra kialakul, a finommotorikus ügyesség még később is jelentősen fejlődik, és ez a folyamat tizenéves korra is kitolódik (VORPERIAN – KENT 2007).

Az egyes képzőszervek koordinációjának fejlődése sem egyenletes ütemű: például az állkapocsgesztusok korábban érnek (azaz válnak hasonlóbba a felnőtt működéshez, a gesztus téri-idői kivitelezéséhez), 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.

A nyelv hegye és a nyelvhat egymástól függetlenül kontrollálható, ez a független kontroll az artikulációs fejlődés eredményeképpen alakul ki (MILDNER 2018). Zharkova és munkatársai (2012) vizsgálatai alapján ez a független kontroll körülbelül 9 éves korra alakul ki, és még tovább finomodik serdülőkorban.

Mindezek a szempontok ráirányítják a figyelmet a koartikulációra és annak a gyermeki beszédben megfigyelhető mintázataira is. Mivel a beszéd dinamikus és folyamatosan változó jelenség, nem pusztán az egyes beszédhangok izolált ejtése érdemel figyelmet, sőt ilyen formában nem is nagyon találkozunk a beszédhangokkal. A beszédben az úgynevezett beszédhangok integráltan jelennek meg, és a beszédhangok lineáris sorozatában minden szegmentum hatással van a megelőző(k)re és a következő(k)re, ami egyben azt is jelenti, hogy az adott beszédhangra is hatással van(nak) a megelőző(k) és következő(k). Habár képesek vagyunk absztrakció révén a beszédhangokat mentálisan elkülöníthető egységekként azonosítani, azt sem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy a beszéd valójában artikulációs mozdulatok folytonos egymásba alakulása. Amikor létrehozunk egy artikulációs mozdulatot, amely egy adott beszédhanghoz tartozik, már el is kezdtük létrehozni a következő beszédhanghoz tartozó artikulációs mozdulatot. Ennek az a következménye, hogy bármely időpillanatban vizsgáljuk az artikulációt, biztos, hogy egyszerre több artikulációs mozdulat megvalósítását tapasztaljuk, azaz a szegmentumok valójában átfednek egymással a kiejtésben. Ezt a jelenséget nevezzük koartikulációnak. Nyilvánvaló mindebből, hogy amikor az artikulációt vizsgáljuk a folyamatos beszédben, volta-

képpen a koartikulációt elemezzük. Így felmerül a kérdés, hogy miként alakul az artikuláció és a koartikuláció fejlődése gyermekkorban. Erre a kérdésre a szakirodalom egymásnak ellentmondó válaszokat ad.

A szerzők egy része szerint a gyermekek nyelvi egységei nagyobbak és kevésbé specifikusak, mint a felnőttekéi, ennél fogva a gyermeki beszédben nagyobb a variabilitás, és erősebben érvényesül a koartikuláció (pl. KENT – ADAMS – TURNER 1996; NITTROUER – STUDDERT-KENNEDY – NEELY 1996). Ahogyan a beszédprodukción egyre finomodik, a koartikulációs hatás is gyengébb lesz. Például Nittrouer és Whalen (1989) réshang-magánhangzó szerkezetű szótagok vizsgálatakor a gyermekek esetében nagyobb koartikulációs hatást mértek, mint a felnőtteknél. Ez az erőteljesebb koartikuláció olyan mértékű volt, hogy pusztán a réshang alapján felismerhetővé vált a szomszédos magánhangzó minősége is.

Más szerzők (pl. CHENG – MURDOCH – GOOZÉE – SCOTT 2007; ZHARKOVA – HEWLETT – HARDCASTLE 2012) ugyanakkor arról számoltak be, hogy a felnőttek esetében nagyobb mértékben érvényesült a koartikuláció, mint a gyermekeknél, miközben a gyerekek körében a beszélők közötti variabilitás nagyobb volt. Ezt a gyermeki beszédprodukción éretlenségére vezették vissza, arra, hogy a koordináció és a motoros működések ellenőrzése kevésbé működik jól, ami különösen a 9 évesnél fiatalabbnál volt megfigyelhető.

A koartikulációra vonatkozó ellentmondásos eredmények hátterében részben módszertani eltérések állnak. Például éppen abból adódóan, hogy milyen jelenségeket vizsgálnak a szerzők, hiszen – mint említettük – az ajakműködés (és így a labiális koartikuláció) korábban érik, mint például a nyelv motoros működése. Másrészt a kutatások egy része akusztikai, más részük artikulációs módszertannal készült, és – amint fentebb kifejtettük – ennek bizonyosan szerepe van az eltérő konklúziók levonásában. Egy friss kutatásból ugyanis azt is tudjuk, hogy ha párhuzamosan rögzítjük a kísérleti személy beszédét artikulációs (a konkrét esetben elektromágneses artikulográf) műszerrel és akusztikai csatornán, és a paramétereket a lehetőségekhez mérten hasonlóképpen számszerűsítjük (eltekintve az egyéni különbségektől, és arányosítva a mérési skálákon belül), ugyanazon beszélők egyazon beszédmintáján is eltérő koartikulációs tendenciák tárulnak fel az artikulációs és az akusztikai adatok elemzéséből (DEME és mtsai. 2019).

Mindemellett azt is meg kell említenünk, hogy nyelvi tényezők is befolyásolják az artikuláció elsajátítását, így például az adott nyelvben gyakoribb fonotaktikai (hangsorépítési) mintázatok artikulációs elsajátítása korábban történik meg (GOFFMAN 2015). A nyelvek közötti eltérések ténye pedig átvezet a következő kérdéshez.

4. Miért vizsgáljuk magyar anyanyelvű gyermekek artikulációját?

Az első válasz erre a kérdésre az lehet, hogy a nyelvek eltérő beszédhangkészlettel rendelkeznek, ennél fogva – fonetikai vizsgálatok alapján is – feltételezhető, hogy a még „azonosnak” tartott (a jelen esetben értsd: ugyanazzal az IPA-szimbólummal jelölt) beszédhangok ejtése is eltéréseket mutat a nyelvek között (de természetesen az azonos nyelvet beszélők és még ugyanazon beszélők különböző ejtései között is). Mivel az IPA az ún. durva fonetikai jelölésben beszédhangsémákat, ha tetszik, beszédhang-prototípusokat jelöl, nincs is ebben semmi meglepő. Ugyanakkor ezek a beszédhangok (különböző nyelvek kvázi azonos beszédhangjai) eltérően vannak beágyazva egy adott nyelvbe, például más fonotaktikai mintázatokban szerepelnek, más fonológiai oppozíciók tagjai lehetnek. Ebből adódik például az a jelenség, hogy idegennyelv-tanuláskor az „új”, azaz az anyanyelvben nem szereplő beszédhangok ejtése kevésbé mutat akcentusjelenségeket, mint a „hasonló”, azaz az anyanyelvben is meglévő beszédhangok [vö. FLEGE (1987) Speech Learning Model]. Ennek Flege (1987) szerint az az oka, hogy amikor a két nyelv (L1 és L2) beszédhangjai eléggé hasonlóak egymáshoz, a nyelvtanuló megfelelteti az L2-ben lévő beszédhangot a L1-ben meglévővel, és ebből egy olyan „hibrid” kategóriát hoz létre, amely mind az L1, mind az L2 beszédhangból tartalmaz jellemzőket. Ezzel szemben, ha az L2-beli beszédhang nem feleltethető meg az L1 egy beszédhangjával sem, a nyelvtanuló az L2-ben új kategóriát képez ennek az új beszédhangnak, ami kevésbé mutat interferenciát a kiejtésben és ezáltal akcentust, mint egy hasonló beszédhang esetén.

Ehhez kapcsolódóan azt is említhetjük, hogy a magánhangzók körére vonatkozóan létezik olyan elmélet (MANUEL 1990), amely szerint a számszerűen több elemet tartalmazó magánhangzórendszerek esetében szükségképpen sűrűbb a magánhangzótér, amelyben a magánhangzók realizálódnak. Ezek a sűrűbb rendszerek kisebb variabilitást engednek meg a magánhangzók realizációjában annak érdekében, hogy a hangzók ne lehessenek perceptuálisan összekeverhetők a magánhangzótérben szomszédosakkal (azaz hogy egy adott hangzó perceptuálisan megkülönböztethető legyen a szomszédaitól). Ennél fogva e szerint a hipotézis szerint a magánhangzórendszerek sűrűsége meghatározza (vagy legalábbis nagy hatással van rájuk) az olyan folyamatok működését, mint a koartikuláció, vagyis például azt, hogy milyen módon és mértékben változhat meg egy beszédhang a folyamatos beszédben az őt megelőző és követő beszédhangok hatására.

Ha a mássalhangzók köréből hozunk példát, akkor gondoljunk az explozívákra/ felpattanó zárhangokra magyar és angol beszédben. Míg a magyar esetében a zöngés

felpattanó zárhang teljes időtartamában várunk hangszalagrezgést/zöngét, a zöngétlenben pedig rövid idővel azután indul meg a hangszalagrezgés, hogy a zár feloldása megtörtént, addig az angolban a zöngés fonéma esetében jellemző, hogy a zár feloldása után rövid idővel indul meg a zöngé, a zöngétlen esetében pedig jelentősen hosszabb idővel a zárfeloldás után. Más módon alakul tehát a két nyelvben a felpattanó zárhangok akusztikai oppozíciója. A Grácz (2016: 62) által közölt 2. ábrán a magyar *bor* szó kezdő beszédhangjában –117 ms-os zöngékezdési időt, míg az angol *bop* szó első beszédhangjában 5 ms-ot mért a szerző. Ez a különbség ráirányítja a figyelmünket arra a kérdéskörre, hogy hogyan zajlik a zöngésségi oppozíciók elsajátítása az előzöngés mássalhangzókat tartalmazó nyelvekben, mint amilyen a magyar, illetve az aspiráló nyelvekben, mint amilyen az angol. Korábbi, a zöngésségi oppozíció elsajátítására irányuló kutatások eltéréseket találtak e két típusba tartozó nyelveket elsajátító gyermekek között, mégpedig azt, hogy az előzöngés nyelvekben később (mintegy hároméves korra) sajátítódik el a zöngésségi kontraszt, mint az aspiráló nyelvekben (mintegy kétéves korra) (e kutatások összefoglalását lásd KAGER et al. 2007).

Mindezek a példák rávilágítanak arra is, hogy az a tény, hogy egy adott beszédhangot vagy (ko)artikulációs jelenséget megvizsgáltak egy adott nyelvben, még egyáltalán nem ok arra, hogy elvessük egy másik nyelv kapcsán ugyanennek a jelenségnek a vizsgálatát.

Az ún. UPSID (UCLA Phonological Segment Inventory Database, vö. <http://web.phonetik.uni-frankfurt.de/upsid.html>) adatbázis adatai szerint a magyarban jó néhány olyan beszédhangot találunk, amelyek viszonylag ritkán jelennek meg az adatbázisban összegzett beszédhang-készletekben, azaz 451 nyelvben. Például a [r] mint pergőhang ezeknek a nyelveknek a 21,1%-ában, a [ç] palatális zöngétlen zárhang 12,0%-ukban, az alsó ajakkerekítéses hátulsó rövid [ɒ] 35,9%-ukban, míg a hosszú nyílt [a:] e nyelvek 7,5%-ában található meg. Azaz a pusztán tény, hogy ezek a szegmentumok részei a magyar hangzókészletnek, arra vezet, hogy érdemes a magyarra vonatkozóan is artikulációs vizsgálatokat végezni, és ezen belül a gyermeki artikuláció vizsgálata is fontos kutatási terület. Gondoljunk például a pergetett [r] kialakulásával kapcsolatos mindennapi tapasztalatainkra a magyar gyermekek esetében.

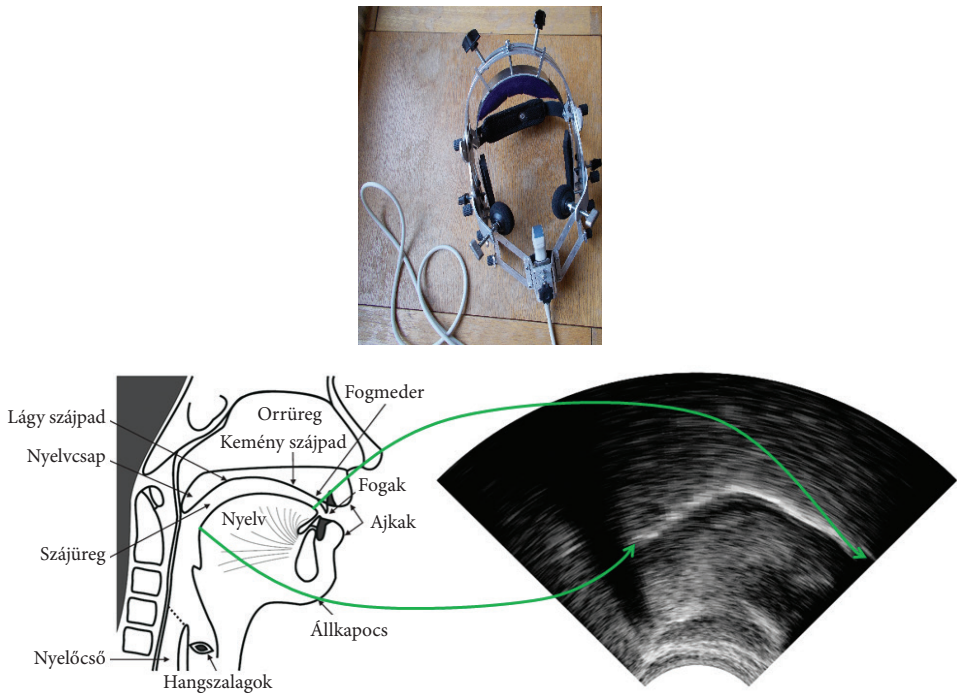
5. A gyermeki artikuláció vizsgálata, különös tekintettel a nyelv mint beszédszerv működésére

A nyelv egy viszonylag nagy tömegű beszédképző szerv, de a működésének a mérése, számszerűsítése a szájüregbeli elhelyezkedése miatt kihívások elé állítja a kutatókat

(WHALEN et al. 2019). A nyelvultrahang egyike az erre a célra kidolgozott számos módszertannak. 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. zár-felpattanás, koartikuláció) is vizsgálni tudjuk. Előnye még, hogy a beszélők döntő többségénél jól alkalmazható, nem okoz különösebb nehézséget a használata, mivel jól tolerálható. Jelenleg az ultrahang az egyik legelterjedtebb technológia a beszédkutató artikulációs laboratóriumokban (WRENCH 2013). Az ultrahang további előnyei közé tartozik az is, hogy mérete és súlya miatt hordozható, így a gyermekeket nem szükséges fonetikai laboratóriumban vizsgálni, a természetes közegükben is felvehetők a kísérletek. Mindezen túlmenően más műszerekkel, elsősorban elektroglossográfával (EGG, más néven laringográf) is kombinálható, így egyszerre rögzíthető és vizsgálható a nyelv artikulációs tevékenysége és a hangszalagműködés.

Az ultrahangot mint eszközt a gyermekvizsgálatokban sokkal inkább lehet használni, mint a kísérleti személyt a felvétel alatti viselkedésében lényegesen jobban korlátozó MRI-t vagy elektromágneses artikulográfot (STONE 2010). Óvodáskorúakkal már sok vizsgálat készült, de ennél fiatalabb életkorokban is alkalmazható (vö. pl. RUBERTUS – NOIRAY 2018).

Az ultrahang a nyelv felszíni kontúrját teszi láthatóvá (*1. ábra* alsó panel), de ez a kontúr közvetlenül nem elemezhető. Ahhoz, hogy a nyelv alakot és annak változásait vizsgálni tudjuk, a rögzített képsorozatból ki kell nyerni a nyelv körvonalát. Ez kivitelezhető manuálisan (azaz az ultrahangképre az egér mozgatásával berajzoljuk a nyelv kontúrját), ami rendkívül időigényes, vagy automatikus módszerekkel kísérjük ezt meg, amelyek pontossága azonban ma még nem éri el a manuális kontúrkinyerését (CSAPÓ – CSOPOR 2015; CSAPÓ – LULICH 2015). Kézzel berajzolt nyelvkontúrokat mutatnak be a 2–4. *ábraszorozat* ábrái.



1. ábra. Az ultrahangfejet rögzítő sisak (felső panel, az Articulate Instruments Ltd. terméke)¹ és az ultrahangos kép orientációja (alsó panel): a képzőszervek sematikus rajza (bal oldalon, forrás: OLASZY 2010: 24) és az ultrahang által láthatóvá tett nyelvkontúr (jobb oldalon, fehér vonal)

Elemzések szerint a gyermekek nyelvének kontúrját a felnőtteknél kevésbé lehet biztosan detektálni manuális módszerrel, pontosabban a különböző elemzők által egymástól függetlenül ugyanarra a képre berajzolt nyelvkontúrok variabilitása jelentősen nagyobb (akár a 8 mm-t is megközelíti), mint a felnőtt beszélők ultrahangfelvételeinek esetében mérhető ugyanezen variabilitás (ami kisebbnek adódott, mint 0,5 mm) (vö. WHALEN et al. 2019). Ez minden bizonnyal azzal is összefügg, hogy kisebb gyermekeknél az ultrahangfej rögzítésének szokásos módszere, az ún. sisak (lásd *1. ábra* felső panel) nem alkalmazható. Kutatói tapasztalatok szerint – ami természetesen függ a gyermek fej- és testméreteitől is – mintegy 7 éves korig a sisak a legszűkebb beállítás mellett is mozog a gyermek fején. Így az ultrahangfejet kisebb korban a legtöbb esetben a kísérletvezető tartja a gyermek álla alatt a felvétel közben. Ez azzal

¹ A fotó az MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció Kutatócsoport laborjában készült.

jár, hogy az egyes bemondások közötti variabilitás jóval nagyobb kisgyermekkorban, mint 7 éves kor felett. Ez is okozhat a különféle artikulációs méréseken alapuló eredményekben következetlenséget, diszkrepanciát.

Az ultrahang használatának bizonyos mértékig hátránya az is, hogy olyan, az ejtés sajátosságai szempontjából releváns képzőszervi struktúrákról nem ad közvetlenül információkat, mint a szájpád vagy a fogsor elhelyezkedése, ami referenciát és orientációt ad(na) a felvételeknek. Ezért, annak érdekében, hogy a nyelv szájüregbeli helyzete meghatározható legyen, különféle módokon ki lehet egészíteni a nyelvről alkotott képeket. Támponatot adhat például az, ha az adatközlő folyadékot nyel a felvétel közben. A nyelés ultrahangos vizsgálatára számos példát találunk az irodalomban is (vö. STONE 2010), de alkalmazzák a szájpádkontúr kinyerésére is, mivel a szájüregben lévő folyadékon áthalad az ultrahang, és visszaverődik a szájpadról (EPSTEIN – STONE 2005). Így készültek a 2–4. ábráson látható szájpádkontúrok is.

A másik módszer, amely viszonyítási alapként szolgálhat, a harapási sík felvétele (SCOBIE et al. 2011). A harapási síkot úgy rögzíthetjük, hogy a két fogsor között egy merev lemezt helyezünk el, amelyre a kísérleti személy ráharap. A nyelvet a lemez aljához támasztva a nyelvkontúr kirajzolja a harapási síkot. Ezáltal lehetővé válik az ugyanazon személytől rögzített különböző felvételek összehasonlítása, de fontos tisztában lennünk azzal, hogy ez csak felnőtt, a képzőszerveik méretét és arányát tekintve állandó állapotot mutató beszélőknél alkalmazható különböző, egymástól távoli időpontokban készült felvételek összevetésére.

Megjegyzendő, hogy a beszélők anatómiai eltérései miatt ezek az adatok, legalábbis nyers formájukban, nem kezelhetők hasonlóan más (pl. akusztikai) adatokhoz, azaz nem átlagolhatók a beszélők csoportjában, csak az egyéneken belüli összevetések lehetségesek, és csak az ezekből származó, származtatott (és így már valamiképpen normalizált) adatok vethetők össze csoportszinten.

Az alábbiakban egy ultrahangos gyermekbeszéd-adatbázis kiépítésének kezdeti próbálkozásairól adunk számot, térjünk rá tehát a módszer után ennek a körvonalaira.

6. Magyar nyelvű gyermekbeszéd-adatbázis létrehozása

A fentiek alapján vélhetőleg belátható, hogy egy ilyen jellegű adatbázisnak van (lenne) létjogosultsága, és az ultrahang a jelenleg elérhető legalkalmasabb eszköz és módszer az adatbázis létrehozására. Az MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció Kutatócsoport meg is tette az első lépéseket ebben az irányban, bár adatgyűjtésünk első

fázisában még exploratív vizsgálatokat, illetve célzott próbaelemzéseket végzünk, hiszen bizonyos tényezők figyelembevétele csak már meglévő tapasztalatok alapján lehetséges. Ezekhez a kezdeti elemzésekhez egy jól körülírt nyelvi anyagot állítottunk össze, amely három szótagos, jelentés nélküli hangsorokból (logatomok) áll. A jelentés nélküli hangsorok alkalmazásának előnye egyrészt, hogy az egyes beszédhangok hangkörnyezete teljes mértékben kontroll alatt tartható, másrészt, hogy a lexikai gyakoriság nincs hatással a beszédprodukciós folyamatra. Ezeknek a logatomoknak a szerkezete $V_1C_1V_1C_1V_1$, azaz egy hangsort ugyanazon magánhangzók és mássalhangzók alkotnak. A hangsorok kilenc magyar köznyelvi magánhangzó-minőség és kilenc mássalhangzó – amelyek mindegyike zöngétlen zörejheng (bilabiális *p*; labiodentális *f*; alveoláris *t*, *sz*, *c*; posztalveoláris *s*, *cs*; palatális *ty* és veláris *k*) – kombinációjából állnak, így mindösszesen 81 hangsor szerepel az anyagban (1. táblázat). A zöngétlen zörejhengok választását az indokolja, hogy a zöngéesség fenntartásának esetleges nehézsége ne legyen hatással az adatokra.

1. táblázat. A kísérletekben rögzített hangsorok

	i	ü	u	é	ö	o	e	a	á
p	ipipi	üpüpü	upupu	épépé	öpöpö	opopo	epepe	apapa	ápápá
f	ififi	üfüfü	ufufu	éféfé	öföfö	ofofó	efefe	afafa	áfáfá
t	ititi	ütütü	ututu	étété	ötötö	ototo	etete	atata	átátá
sz	isizsi	üszüszi	uszuszu	észészé	öszöszi	oszoszo	eszese	aszasza	ászászá
c	icici	ücücü	ucucu	écécé	öcöcü	ococo	ecECE	acaca	ácácá
ty	ityityi	ütyütyü	utyutyu	étyétyé	ötyötyö	otyotyó	etyetye	atyatya	átyátyá
s	isisi	üsüsü	ususu	ésésé	ösösö	ososo	esese	asasa	ásásá
cs	icsicsi	ücsücsü	ucsucusu	écsécsé	öcsöcsö	ocsocso	ecsecse	acsacsa	ácsácsá
k	ikiki	ükükü	ukuku	ékéké	ökökö	okoko	ekeke	akaka	ákáká

Ez az összeállítás természetesen meg határozza azt, hogy milyen jellegű kutatási kérdések vizsgálhatók az eddig rögzített anyagon. Mivel a logatomok azonos magánhangzókat és mássalhangzókat tartalmaznak, szisztematikusan vizsgálható a magánhangzókat és a mássalhangzókat egymásra hatása (VC és CV koartikuláció), ugyanakkor a magánhangzókat közötti (VV) koartikuláció a homogén magánhangzósor miatt nem. Az elemzés irányulhat az egyazon szótagon belül (intraszillabikus) és az egymást követő szótagok között (interszillabikus) megvalósuló koartikulációra is. Vizsgálható a jobbról balra ható, másként hátrafelé ható vagy anticipációs (*anticipatory*)

koartikuláció, illetve a balról jobbra ható, másként előrefelé ható vagy perszeveratív (*perseverative/perseveratory/carryover*) koartikuláció.

A hangsorokat a kísérleti személyek képernyőről olvassák, a maguk számára kényelmes tempóban. A hangsorok random sorrendben szerepelnek, egyszerre egy látható a képernyőn. Azt kívánjuk elérni, hogy a 81 elemből álló sorozatot egy ülésben ötször olvassák fel a részt vevő gyermekek, ez azonban a fiatalabbak esetében nem mindig valósul meg. Ennélfogva – gyermektől és életkortól függően – eddig jellemzően 2-3 ismétlés elemzését tudtuk elvégezni.

A bemondásokat ultrahangkészülékkel és párhuzamosan akusztikus csatornán is felvesszük. Erre nem csak azért van szükség, hogy a nyelv mozgásához auditív élményt tudjunk társítani, ami segíti a feldolgozást és a címkézést, hanem azért is, mert – ahogy fentebb érveltünk – önmagában sem az artikulációs, sem az akusztikai paraméterek vizsgálata nem elegendő, a kettő egymást kiegészítve alkalmas arra, hogy következtetéseket vonjunk le a beszéd-sajátosságokról (gyermekkorban és a beszédfejlődés tekintetében is).

A nyelv szagittális középvonalának mozgását a „Micro” rendszerrel rögzítjük (Articulate Instruments Ltd.). 2–4 MHz frekvenciájú, 64 elemű, 20 mm sugarú mikrokonvex ultrahang-vizsgálófejet használunk, és 82 képkocka/másodperc sebességgel rögzítjük a felvételeket. A felvételek során ultrahangrögzítő sisakot is alkalmazunk (Articulate Instruments Ltd.), amely az *1. ábra* felső paneljén látható. A rögzítősisak használata azt biztosítja, hogy a felvétel során az ultrahang-vizsgálófej ne mozduljon el (pl. az orientációja ne változzon). A beszédet Beyerdynamic TG H56 omnidirekcionális kondenzátormikrofonnal rögzítjük, amely a sisakra van csíptetve, minden esetben az ajkaktól kb. 20 cm-re. A hangot 44 100 Hz mintavételi frekvenciával digitalizáljuk M-Audio M-TRACK PLUS külső hangkártyával. Az ultrahang és a beszéd szinkronizációja a Micro rendszer „Frame sync” kimenetét használva történik. A felolvasandó logatomokat az Articulate Assistant Advanced (AAA, Articulate Instruments Ltd.) szoftver segítségével jelenítjük meg a képernyőn, és az adatokat ugyanezzel a szoftverrel rögzítjük. Meg kell jegyeznünk, hogy a fiatalabb gyermekek esetében a képernyőről a logatomokat természetesen nem a kísérleti személy olvassa fel, hanem a jelen lévő szülő vagy a kísérletvezető, aki a gyermek mellett-mögött foglal helyet. A gyermek felolvasását nem kötjük életkorhoz: amikor már biztos az olvasástudása, és maga is úgy ítéli meg, hogy kényelmesen fel tudja olvasni az értelmetlen szavakat, akkor alkalmazzuk ezt a módszert.

A résztvevőket arra is megkérjük, hogy minden logatomsorozat bemondása előtt igyanak néhány korty vizet, eközben szintén rögzítünk ultrahangfelvételt, amelyen a

szájpadhoz hozzáérő víz így kirajzolódó képének segítségével berajzoljuk a szájpad kontúrját. A sorozatok előtt a harapási síkot is rögzítjük.

A kontúrok kinyeréséhez és az időtartammérésekhez a beszédjel alapján meghatározzuk a célmagánhangzók határait automatikus kényszerített felismeréssel (MIHAJLIK és mtsai. 2010), a határokat manuálisan ellenőrizzük, és ha szükséges, javítjuk a Praat szoftverben (BOERSMA – WEENINK 2019). Ezt követően az adott kutatás szempontjából releváns ultrahangképeken manuálisan berajzoljuk a nyelvkontúrt, a szájpadkontúrt és a harapási síkot az AAA szoftverben.

A kísérleti személyeket eddig hólabdamódszerrel toboroztuk, az ismeretségi körből hívtunk bármilyen életkorú és nemű gyermekeket, elsősorban tipikus beszédfejlődésűeket. Ebben a mintavételi körben három testvérpár, azaz hat fő szerepel (lásd a 2. táblázatot), bár ennél jóval több felvételt készítettünk, ezek egy része nem sikerült, illetve a gyermekek, főleg a fiatalabb életkorokban változó mértékben tolerálják a kísérleti helyzetet.

2. táblázat. A kísérleti személyek adatai

Azonosító	0161	0155	0163	0160	0162	0154
Nem	nő	férfi	nő	férfi	nő	férfi
Életkor az első felvétel idején	7;5 év	10;0 év	11;1 év	11;0 év	12;10 év	14;8 év

Két gyermek esetében ismétlődően, mintegy féléves időközönként rögzítjük a felvételeket, így azok módot adnak longitudinális összehasonlításra is. Utánkövetéses artikulációs vizsgálatra a nemzetközi szakirodalomban is alig van példa. Ilyen Klein és munkatársai (2013) vizsgálata, akik a beszédterápia hatását tesztelték a terápia előtti és utáni eredmények összehasonlításával. (A gyermekekre vonatkozó longitudinális vizsgálatok elsősorban akusztikai adatokból következtetnek az artikulációs kivitelezés fejlődésére, pl. GOODELLT – STUDDERT-KENNEDY 1992.)

Az említett ismétlődő adatfelvétel során eddig öt alkalommal készült ultrahang- és akusztikai felvétel, egy lánnyal, aki 7;5, 7;11, 8;5, 8;10 és 9;5 éves volt a felvételek időpontjában; illetve egy fiúval, aki 11;0, 11;6, 12;0, 12;5, 13;0 éves volt a felvételek időpontjában. Velük tehát eddig két és fél évi időintervallumban vannak összehasonlítható adataink. Eddig az első négy felvételi alkalom alapján készült az alveoláris és a posztalveoláris spiránsok artikulációs és akusztikai jellemzőinek változását vizsgáló tanulmány, amely a jelen kötetben olvasható (GRÁCZI és mtsai. 2020).

7. Mit mutatnak az adatbázis anyagán végzett első elemzések?

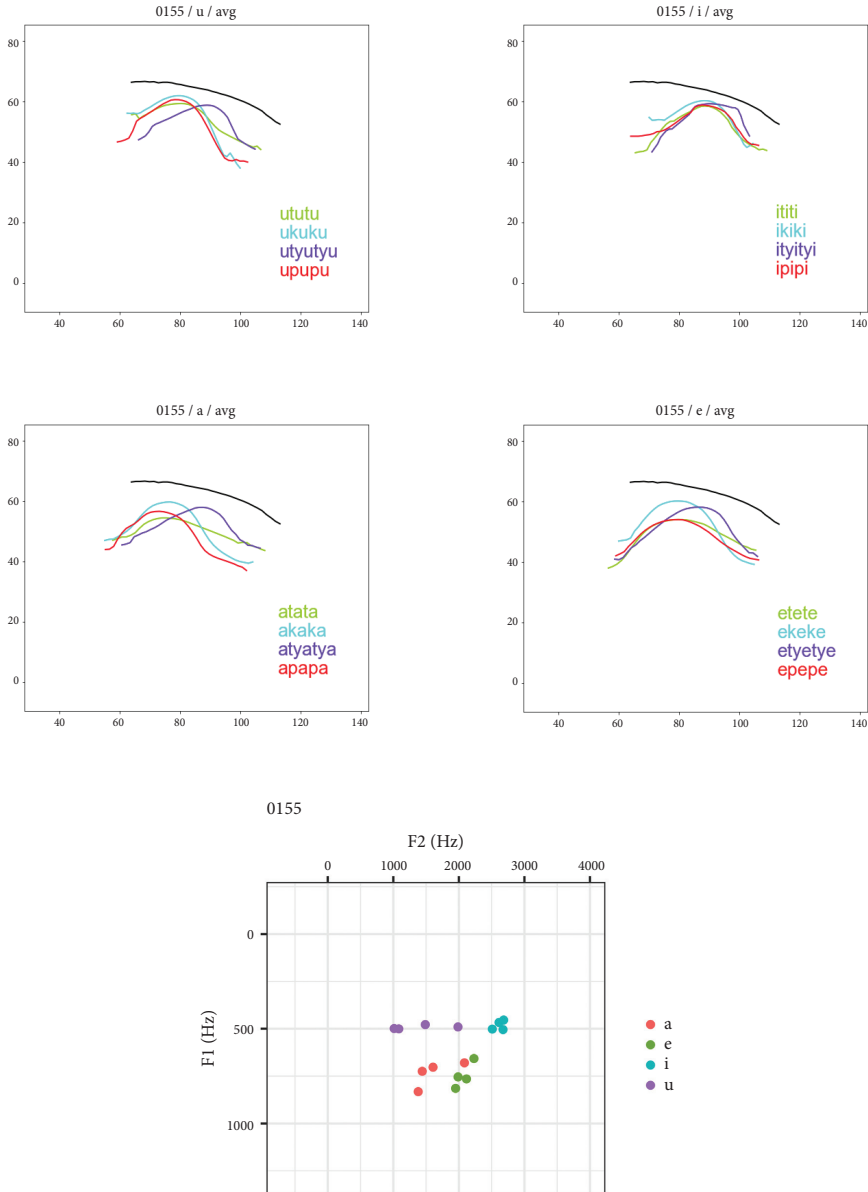
A módszertani tanulságok sokrétűek, ahogyan az előző fejezetből is kiderült. Akárcsak a nemzetközi irodalomban olvasható elemzésekben a kutatók, mi magunk is gyakran szembesülünk azzal, hogy a nyelv felszíne nem látszik jól vagy nem egyértelmű (több kontúr is szóba jöhet) az ultrahangképen. Bizonyos vizsgálatoknál ezt úgy próbáljuk áthidalni, hogy átlagoljuk az egyes beszélők azonos bemondásaiban egyazon magánhangzókra kapott kontúrokat (ezekben az esetekben magánhangzónként egy kontúrt vettünk fel, a magánhangzó időtartambeli felezőpontjához legközelebb eső ultrahangképből). Ilyen módszerrel készültek a 2–4. ábrásozatban található kontúrok (mindenhol a felső négy panel) is, ahol egy-egy magánhangzó különféle mássalhangzós kontextusokban ejtett megvalósulásainak átlagolt nyelvkontúrja látszik (különböző színűek az eltérő mássalhangzós kontextusban rögzített kontúrok). A fekete vonalak a szájpadot jelölik. A skálák az eredeti ultrahangképhez vannak igazítva, azaz a (0,0) koordinátájú pont az ultrahangkép bal alsó sarka, és a méretek mm-ben vannak feltüntetve, így a beszélő abszolút méreteit tükrözik. (Ezek alapján lehet következtetni arra, hogy milyen mértékű bizonytalanságot jelent az akár 8 mm-es hibasáv, lásd WHALEN et al. 2019.)

Észrevehető, hogy az átlagolt kontúrok bizonyos esetekben torzítanak (véltetően nem valós nyelvfelszíni körvonalat mutatnak), illetve hiányoznak, mivel az ultrahangkép minősége valamilyen okból nem tette lehetővé a kontúr berajzolását. Az ilyen jellegű hiányosságokat elsősorban azzal lehetne áthidalni, ha több ismétlést vizsgálnánk több beszélőtől.

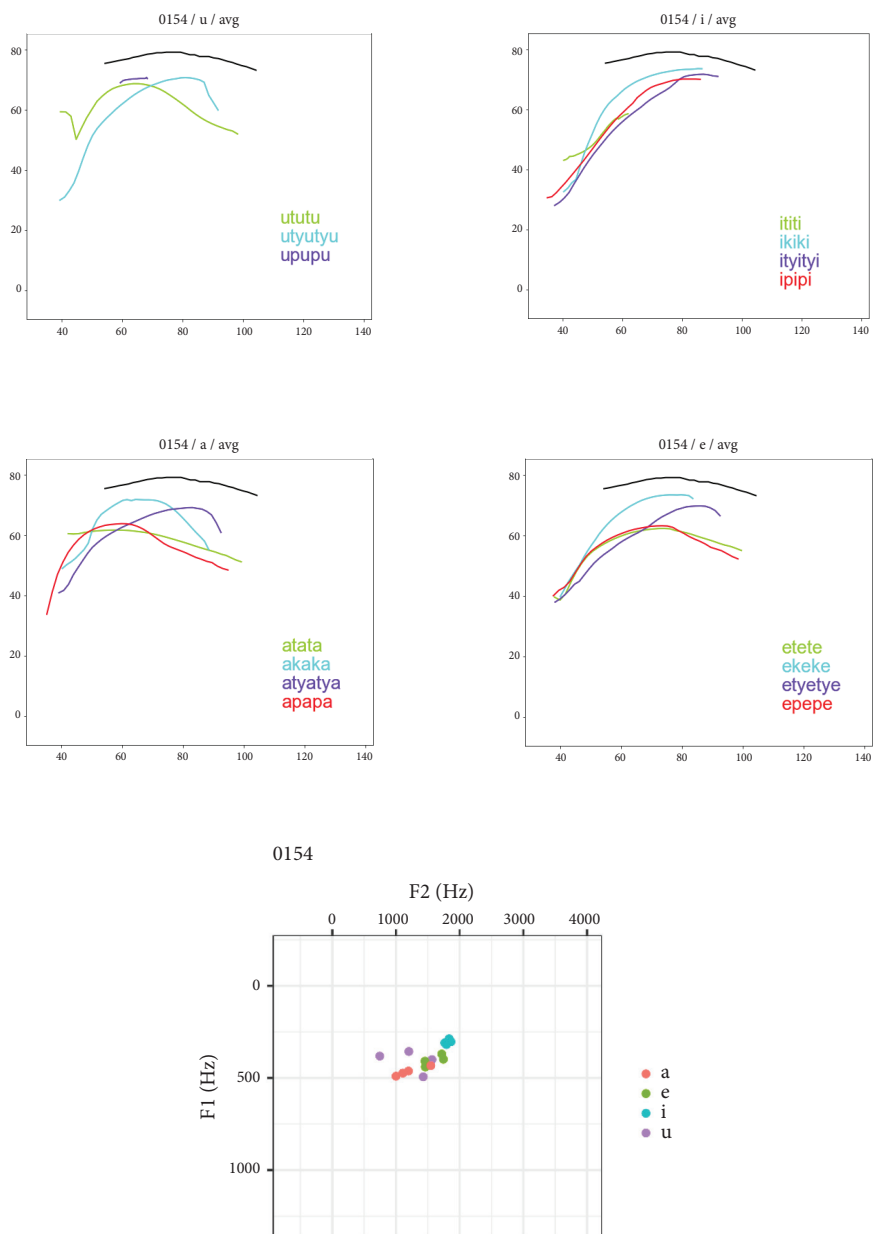
A 2–4. ábrák egy olyan elemzésből származnak, amelyben zöngétlen felpattanó zárhangok (*p*, *t*, *ty*, *k*) által közrezárt *i*, *u*, *a*, *e* magánhangzókat (a logatomok középső hangzóját) vizsgáltuk (MARKÓ és mtsai. 2019) hat gyermek és (kontrollként) egy felnőtt (43 éves nő, azonosítója 048) ejtésében. Az itt bemutatott ábrák egy fiú testvérpár és a felnőtt kontrollszemély adatai alapján készültek.

A vizsgálat különféle képzési helyű (de azonos képzésmódú) mássalhangzóknak a magánhangzókra (itt: két elöl és két hátul képzett, illetve két felső és két alsó nyelvállású magánhangzóra) tett koartikulációs hatására irányult. Mivel a *p* létrehozása (elvben) nem kívánja meg a nyelv mint beszédszerv aktív közreműködését (hiszen két ajakkal képzett), a többi vizsgált mássalhangzó azonban a nyelv valamely részével létrehozott akadály segítségével valósul meg, a *p*-s környezetet tekinthetjük az alapbeállításúnak. Mivel a magánhangzók létrehozásában a nyelv helyzetének és alakjának elsődleges szerepe van, a nyelv aktív részvételével létrehozott mássalhangzók esetében

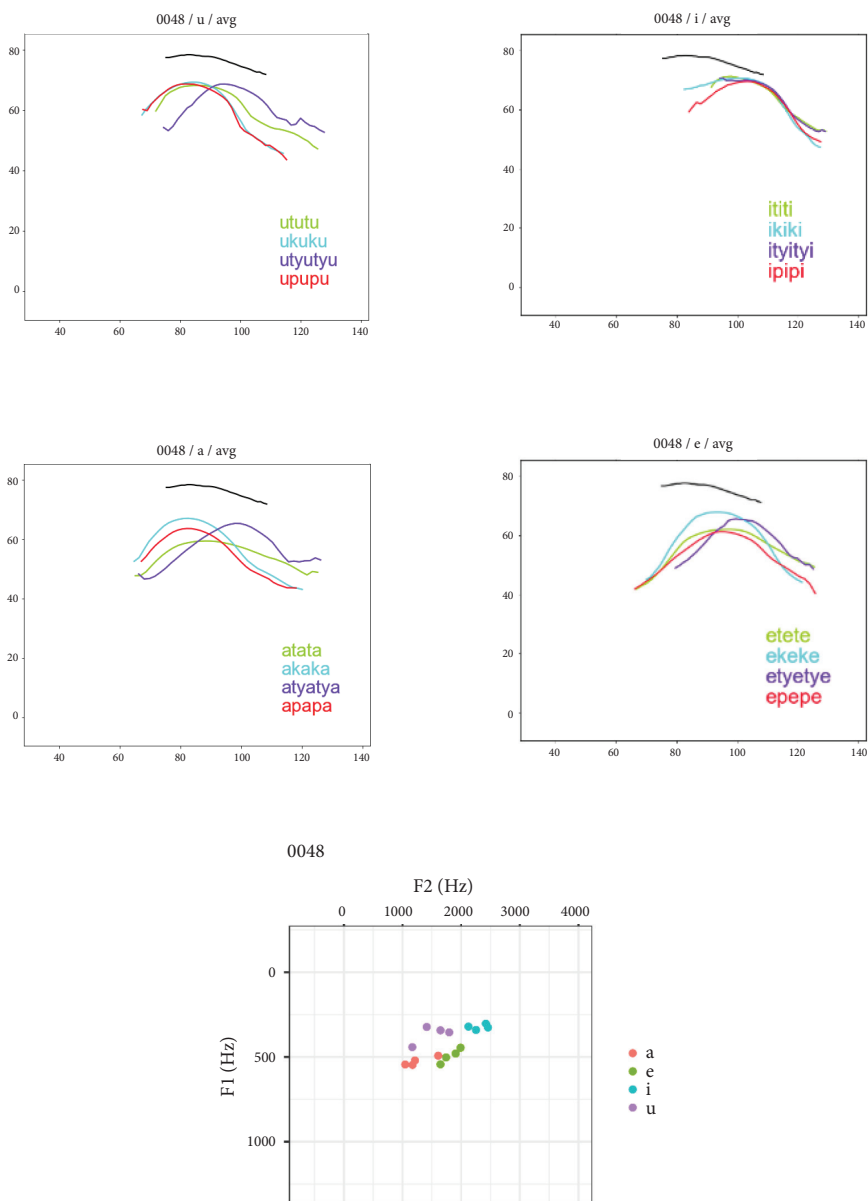
nagyobb, a magánhangzóra gyakorolt koartikulációs hatást várhatunk, mint a bilabiális kontextus esetében.



2. ábra. A 10;0 éves fiú ejtéséről készült nyelvkontúrok és az akusztikai magánhangzótér



3. ábra. A 14;8 éves fiú ejtéséről készült nyelvkontúrok és az akusztikai magánhangzótér



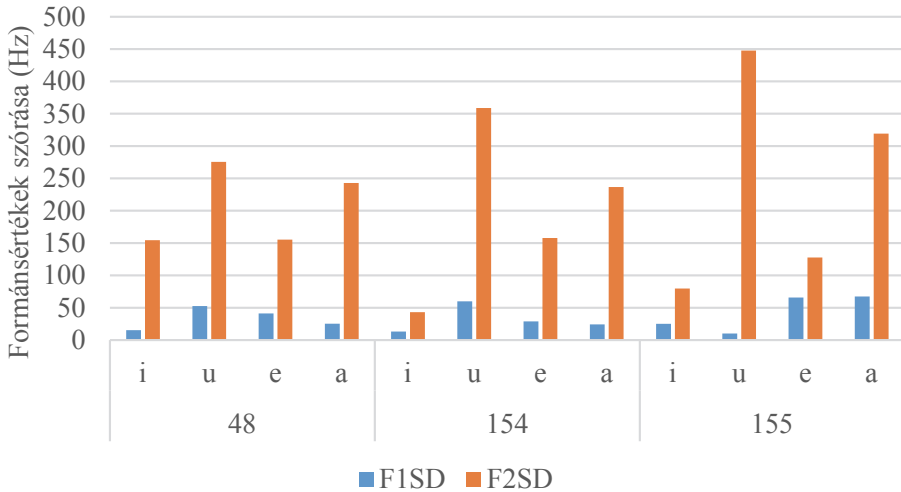
4. ábra. A 43 éves nő ejtéséről készült nyelvkontúrok és az akusztikai magánhangzótér

A 2–4. ábrásozaton alsó paneljén látható ábrákon az egyes beszélők akusztikai magánhangzóterét látjuk, ahol egy-egy magánhangzóejtést az első és második formáns értéke által meghatározott színes pontok képviselnek, itt azonban a különböző magánhangzó-minőségek vannak eltérő színekkel jelölve. Ha az azonos színű pontok az adott magánhangzóterben relatíve közel esnek egymáshoz, az azt jelenti, hogy kicsi a magánhangzóejtés akusztikai variabilitása, ha viszont távolabb, akkor ez a variabilitás nagyobb. Az ábrákon „jobbra néz a fej”, azaz az elöl képzett magánhangzók esetében a nyelvet rajzoló színes vonalak a kép jobb széléhez esnek közelebb, és az akusztikai magánhangzóteret bemutató ábrákon az elöl képzett magánhangzók formánsai által kirajzolt göcök szintén a kép jobb széléhez közelítenek.

Néhány nagyon lényeges tanulságot pusztán az ábrák alapján is megfogalmazhatunk. Az egyik jól észlelhető sajátosság az, hogy a mintázatok erősen magánhangzófüggők: általában a beszélőknél az *i* a legkevésbé variabilis, mind artikulációs, mind akusztikai szempontból. Ez egybevág a szakirodalomból is jól ismert állítással, miszerint a magánhangzók közül az /i/-n érvényesül a legkevésbé a szomszédos beszédhangok koartikulációs hatása (vö. pl. DEME és mtsai. 2019).

Emellett – az artikulációs paneleken, ahol ez kivehető – mássalhangzófüggő mintázatokat is találunk: a legtöbb esetben a palatális *ty* koartikulációs hatása a legerősebb, ezt követi a *k*-é. A nyelv helyzete ezekben a kontextusokban tér el a legjobban a *p*-s környezetben láthatótól, ami minden bizonnyal azzal függ össze, hogy mind a palatális mássalhangzók (mint a *ty*), mind a velárisak (mint a *k*) a nyelvhát és a (kemény, illetve a lágy) szájpad érintkezésével képződő akadály segítségével jönnek létre. A magánhangzók ejtéséhez ugyancsak a nyelvtest megfelelő pozicionálására van szükség a szájüregben. Ennélfogva az ilyen, a nyelvhátat igénybe vevő (dorzális) mássalhangzók között álló magánhangzók nyelvkontúrja jellemzően nagyobb mértékben tér el az alapbeállításnak tekintett *p*-s kontextusban látható kontúrtól, mint a nyelvpeppemmel létrehozott alveoláris *t* esetében.

A formánsértékekben látható változatosság hasonlóképpen alakul, és ha megvizsgáljuk a formánsértékek szórásának alakulását is a magánhangzó-minőség függvényében (5. ábra), azt látjuk, hogy ebben a tekintetben az elöl és a hátul képzett magánhangzók esetében látszik eltérés. Minden beszélő esetében a hátul képzett magánhangzók második formánsa (F_2) mutat nagyobb szórásértékeket, hasonlóan Recasens (1990) adataihoz, ami arra utal(hat), hogy a hátul képzett magánhangzók jobban ki vannak téve a szomszédos mássalhangzók koartikulációs hatásának. Ugyanakkor nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt sem – bár a nyelvultrahang ebben a tekintetben nem informatív –, hogy a hátul képzett magánhangzók ajakkerekítéssel képződnek, míg az elöl képzettek ajakréssel, és ez hatással van a második formáns értékének alakulására.



5. ábra. A formánsértékek szórása a három beszélő esetében (48 = 43 éves nő; 154 = 14;8 éves fiú; 155 = 10;0 éves fiú)

A különböző életkorú beszélők esetében ezek a tendenciák eléggé egységesnek látszanak, ami arra utal, hogy e mintázatok nem életkorfüggők. Bár látunk az egyének között eltéréseket, ezek részben a testméretekből (az ábrák, mint említettük, a valós arányokat tükrözik, tehát pl. a 14 éves beszélő toldalékcso méretei láthatóan nagyobbak, mint a felnőtté), részben más egyéni beszédsajátosságokból fakadnak.

8. Összegzés

Tanulmányunkban igyekeztünk érvelni amellett, hogy szükség van artikulációs és akusztikai adatokat jó minőségben tartalmazó gyermekbeszéd-adatbázis(ok)ra magyar nyelven is. Megkíséreltük bemutatni a nehézségeket és dilemmákat, amelyek a gyermeki artikuláció és koartikuláció vizsgálata kapcsán felmerülnek. Ezen túlmenően utaltunk néhány olyan kutatási eredményre is, amelyek rámutatnak arra, hogy a magyar gyermekek artikulációs vizsgálata mind keresztmetszeti, mind longitudinális vonatkozásban jelentős hozzáadékkal bír mind a magyar gyermekek nyelvspecifikus artikulációs fejlődése, mind általánosságban a nyelvfejlődésről szerzett tudás bővítése szempontjából. Egy (vagy több), a tipikus beszédfejlődésű populáció bevonásával készülő adatbázis referenciaként is szolgálhat a zavart vagy eltérést mutató gyermek beszédfejlődésének vizsgálatához is.

Irodalom

- BOERSMA, Paul – WEENINK, David (2019): *Praat: doing phonetics by computer [Computer program]*. Version 6.0.43, <http://www.praat.org/> (A letöltés ideje: 2019. június 6.)
- CHENG, Hei Yan – MURDOCH, Bruce E. – GOOZÉE, Justine V. – SCOTT, Dion (2007): Electropalatographic assessment of tongue-to-palate contact patterns and variability in children, adolescents and adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 50(2). 375–392.
- CSAPÓ Tamás Gábor – CSOPOR Dávid (2015): Ultrahangos nyelvkontúrkövetés automatikusan: a mély neuronhálókön alapuló AutoTrace eljárás vizsgálata. *Beszédkutatás* 2015. 177–187.
- 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 – BARTÓK Márton – GRÁCZI Tekla Etelka – CSAPÓ Tamás Gábor – MARKÓ Alexandra (2019): A mondathangsúly hatása a magánhangzók megvalósulásának változatosságára. In: *Nyelvtudományi Közlemények* 115. 199–232.
- EPSTEIN, Melissa A. – STONE, Maureen (2005): The tongue stops here: Ultrasound imaging of the palate. *Journal of the Acoustical Society of America* 118(4). 2128–2131.
- FITCH, W. Tecumseh – GIEDD, Jay (1999): Morphology and development of the human vocal tract: A study using magnetic resonance imaging. *Journal of the Acoustical Society of America* 106(3). 1511–1522.
- FLEGE, James E. (1987): The production of new and similar phones in a foreign language: Evidence for the effect of equivalence classification. *Journal of Phonetics* 15. 47–65.
- GOODELLT, Elizabeth W. – STUDDERT-KENNEDY, Michael (1992): Acoustic Evidence for the Development of Gestural Coordination in the Speech of 2-Year-Olds: A Longitudinal Study. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research 1992*. SR-111/112. 63–88.
- 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.
- GRÁCZI Tekla Etelka (2016): A zönggekezdési időről. In: BÓNA Judit (szerk.): *Fonetikai olvasókönyv*. Egyetemi E-jegyzet. ELTE Fonetikai Tanszék, Budapest. 61–74.
- GRÁCZI Tekla Etelka – CSAPÓ Tamás Gábor – DEME Andrea – BARTÓK Márton – MARKÓ Alexandra (2020): A /s/ és /ʃ/ hangok akusztikai és artikulációs elkülönítése gyermekeknél: két longitudinális esettanulmány. In: BÓNA Judit – KREPSZ Valéria (szerk.): *Nyelvfejlődés csecsemőkortól kamaszkorig*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 45–66.
- KAGER, René – VAN DER FEEST, Suzanne – FIKKERT, Paula – KERKHOFF, Annemarie – ZAMUNER, Tanja S. (2007): Representations of [Voice]: Evidence from Acquisition. In: VAN DE WEIJER, Jeroen – VAN DER TORRE, Erik J. (eds): *Voicing in Dutch: (De)voicing – phonology*,

- phonetics and psycholinguistics*. John Benjamins, Amsterdam. 41–80. https://www.researchgate.net/publication/27692026_Representations_of_voice_Evidence_from_acquisition (A letöltés ideje: 2020. március 10.)
- KENT, Raymond D. – ADAMS, Scott G. – TURNER, Greg S. (1996): Models of speech production. In: LASS, Norman J. (ed.): *Principles of Experimental Phonetics*. Mosby, St. Louis, MO. 3–45.
- KLEIN, Harriet B. – MCALLISTER BYUN, Tara – DAVIDSON, Lisa – GRIGOS, Maria I. (2013): A Multidimensional Investigation of Children’s /r/ Productions: Perceptual, Ultrasound, and Acoustic Measures. *American Journal of Speech-Language Pathology* 22(3). 540–553.
- LIBERMAN, Alvin M. – MATTINGLY, Ignatius G. (1985): The motor theory of speech perception revised. *Cognition* 21(1). 1–36.
- 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. 1286–1298.
- MARKÓ, Alexandra – CSAPÓ, Tamás Gábor – BARTÓK, Márton – GRÁCZI, Tekla Etelka – DEME, Andrea (2019): Patterns of lingual CV coarticulation in Hungarian children’s speech: The case of stops. Előadás a Disfluency in Spontaneous Speech with an additional special day on (Dis)Fluency in Children’s Speech című workshopon, ELTE, Budapest. 2019. szeptember 12–14.
- MIHAJLIK, Péter – TUSKE, Zoltán – TARJÁN, Balázs – NÉMETH, Bottyán – 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.
- MILDNER, Vesna (2018): Aspects of coarticulation. In: GÓSY, Mária – GRÁCZI, Tekla Etelka (eds): *Challenges in analysis and processing of spontaneous speech*. Research Institute for Linguistics, Hungarian Academy of Sciences, Budapest. 27–48.
- NITTROUER, Susan – STUDDERT-KENNEDY, Michael – NEELY, Stephen T. (1996): How children learn to organize their speech gestures: further evidence from fricative-vowel syllables. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 39(2). 379–389.
- NITTROUER, Susan – WHALEN, Douglas H. (1989): The perceptual effects of child-adult differences in fricative-vowel coarticulation. *Journal of the Acoustical Society of America* 86(4). 1266–1276.
- OLASZY Gábor (2010): A beszédképzés folyamata. In: NÉMETH Géza – OLASZY Gábor (szerk.): *A magyar beszéd. Beszédkutatás, beszédtechnológia, beszédinformációs rendszerek*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 19–26.
- RECASENS, Daniel (1990): An Electropalatographic and Acoustic Study of Consonant-to-Vowel Coarticulation. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research 1990*. SR-101/102. 130–148.

- RUBERTUS, Elina – NOIRAY, Aude (2018): On the development of gestural organization: A cross-sectional study of vowel-to-vowel anticipatory coarticulation. *PLOS ONE* 13(9). e0203562. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203562> (A letöltés ideje: 2020. január 6.)
- SCOBBIE, James M. – LAWSON, Eleanor – COWEN, Steve – CLELAND, Joanne – WRENCH, Alan A. (2011): A common co-ordinate system for mid-sagittal articulatory measurement. *Working Paper WP-20*. June 2011. Queen Margaret University, Edinburgh. <https://core.ac.uk/download/pdf/30321473.pdf>. (A letöltés ideje: 2020. március 10.)
- SEIKEL, J. Anthony – KING, Douglas W. – DRUMRIGHT, David G. (2010): *Anatomy & physiology for speech, language and hearing*. Fourth edition. Cengage Learning, Delmar, CA.
- STEVENS, Kenneth N. (1989): On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics* 17. 3–45.
- STEVENS, Kenneth N. (1998): *Acoustic Phonetics*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts – London.
- STONE, Maureen (2010): Laboratory techniques for investigating speech articulation. In: HARDCASTLE, William J. – LAVER, John – GIBBON, Fiona E. (eds): *The Handbook of Phonetic Sciences*. Second edition. Wiley–Blackwell, Oxford. 9–38.
- THÈORET, Hugo – PASCUAL-LEONE, Alvaro (2002): Language acquisition: Do as you hear. *Current Biology* 12(21). pR736–R737. [http://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(02\)01251-4.pdf](http://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(02)01251-4.pdf). (A letöltés ideje: 2020. március 10.)
- VORPERIAN, Hourii K. – KENT, Ray D. (2007): Vowel Acoustic Space Development in Children: A Synthesis of Acoustic and Anatomic Data. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 50(6). 1510–1545.
- WHALEN, Douglas H. – KANG, Jaekoo – IWASAKI, Rion – SHEJAEYA, Ghada – KIM, Boram – ROON, Kevin D. – TIEDE, Mark K. et al. (2019): Accuracy assessments of hand and automatic measurements of ultrasound images of the tongue. In: CALHOUN, Sasha – ESCUDERO, Paola – TABAIN, Marija – WARREN, Paul (eds): *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019*. Australasian Speech Science and Technology Association Inc., Canberra. 542–546.
- 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: 2020. március 10.)
- ZHARKOVA, Natalia – HEWLETT, Nigel – HARDCASTLE, William J. (2012): An ultrasound study of linguistic coarticulation in /sV/ syllables produced by adults and typically developing children. *Journal of the International Phonetic Association* 42(2). 193–208.

Köszönjük a tanulmányban hivatkozott adatok feldolgozásában nyújtott segítséget Jankovics Juliannának, Krepesz Valériának, Száraz Bettinának és Weidl Zsófiának!