

# Gyermekek lingvális artikulációjának variabilitása magánhangzós nyelvkontúrok alapján\*

Markó Alexandra

ELTE EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
MTA–ELTE „LENDÜLET” LINGVÁLIS ARTIKULÁCIÓ KUTATÓCSOPORT, BUDAPEST

Csapó Tamás Gábor

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
MTA–ELTE „LENDÜLET” LINGVÁLIS ARTIKULÁCIÓ KUTATÓCSOPORT, BUDAPEST

Deme Andrea

ELTE EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
MTA–ELTE „LENDÜLET” LINGVÁLIS ARTIKULÁCIÓ KUTATÓCSOPORT, BUDAPEST

Grácz Tekla Etelka

MTA NYELVTUDOMÁNY INTÉZET, BUDAPEST  
MTA–ELTE „LENDÜLET” LINGVÁLIS ARTIKULÁCIÓ KUTATÓCSOPORT, BUDAPEST

Bartók Márton

ELTE EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
MTA–ELTE „LENDÜLET” LINGVÁLIS ARTIKULÁCIÓ KUTATÓCSOPORT, BUDAPEST

## 1. Bevezetés

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 et al. 2010). FITCH és GIEDD (1999) vizsgálatukban 121 fő adatai alapján (akiknek az

---

\* Köszönjük az MTA Lendület programjának támogatását, valamint Jankovics Juliannának, Jakus Juliának, Kóródy Klaudiának, Krepsz Valériának és Weidl Zsófiának az adatok feldolgozásában nyújtott segítséget.

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, így arányosan kevesebbet is növekszik, mint a felnőtté. 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.<sup>2</sup> Ez a növekedés a legnagyobb mértékben a garatüreg méretnövekedéséből 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 lány 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). A gyermekkor és a pubertás között az ajkak, a nyelvperem és a nyelvhatár, valamint a lány szájpad nagyjából egységesen átlagosan 12%-nyit növekszik (6 és 14% közötti terjedelemmel), eközben a garatüreg hossza 22%-nyit nyúlik. Hasonlóképpen, a pubertás és a felnőttkor között az artikulációs csatorna felső részei átlagosan 5%-nyit nőnek (3 és 9% között), míg a garatüreg hossza 25%-nyit. Mindez még kifejezettebb a férfiak esetében (FITCH–GIEDD 1999). 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 pubertás követően az átlagos különbség 12,9 mm. Ennek a nemek közötti különbségnek a hátterében elsősorban a garatüreg eltérő mértékű növekedése áll, ami a férfiak esetében a gége „másodlagos leereszkedés”-éből adódik (FITCH–GIEDD 1999). Mindezek a változások természetesen hatnak a toldalékcsoport rezonatorsajátosságaira is.

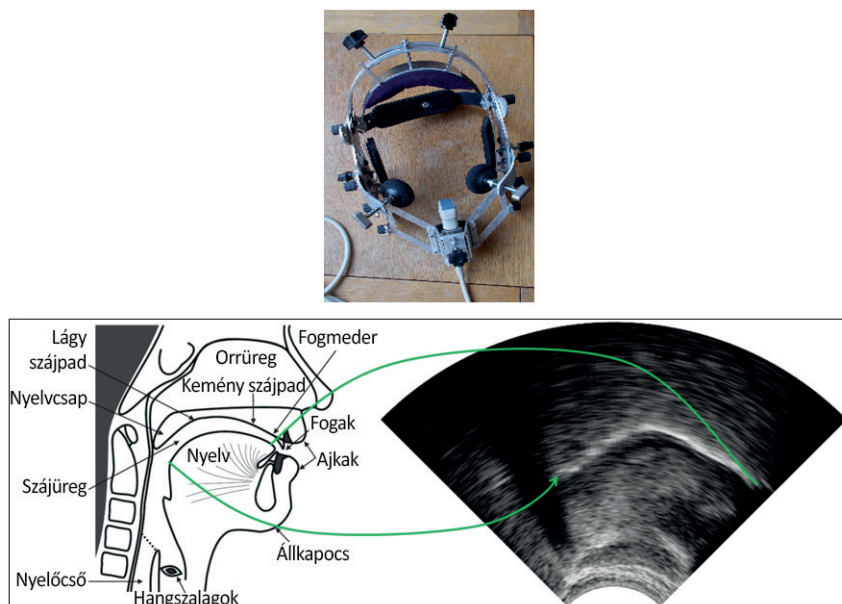
Mindeközben a koordinált artikuláció képessége is kifejlődik, és hasznosul a legösszetettebb szekvenciális motoros tevékenységünk, a beszéd számára. Habár a gyermekek úgynevezett fonetikai jártassága, a beszédhangoknak az elvárásoknak megfelelő ejtésére való képesség 8 éves korra kialakul, a finommotorikus ügyesség még később is jelentősen fejlődik, és ez a folyamat tizenéves korra is kitolódik (VORPERIAN–KENT 2007).

2 A különféle források eltérő adatai részben abból adódhatnak, hogy az artikulációs csatorna végpontjait hol jelölik ki a kutatók, például hogy az alsó végét a glottisztól vagy a gége üregének aljától számítják; ez akár 1 cm-es eltérést is okozhat (FITCH–GIEDD 1999). Ugyancsak eltérő eredményeket kapunk az ejtett magánhangzók artikulációs sajátosságainak a függvényében, hiszen például az ajkak előrecsücsörítésével ejtett hangzók esetében hosszabb lesz az artikulációs csatorna, mint a széthúzott ajkakkal ejtett hangzók esetén: Szintúgy hatással van a nyelvhelyzet, hiszen a leszorított nyelvvel ejtett hangzók (pl. *a*) alacsonyabb gégehelyzettel realizálódnak, ami szintén „nyújtja” az artikulációs csatornát.

A beszéd motoros rendszerének érésevel 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 szinkronban hozzák létre a gyermekek – a téri-idői átfedés pontos mértéke teszi az artikulációt felnőttszerűvé (NITTROUER et al. 1996). Korábbi kutatások tanulsága szerint a gyermekek esetében erőteljesebb koartikulációs hatások figyelhetők meg, azaz kisebb a gesztusok közötti átfedés, mint a felnőtteknél, de ez bizonyos mértékig szegmentum- és kontextusfüggő (pl. 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 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. Mindemellett nyelvi tényezők is befolyásolják az időzítési kontroll és a pontos artikuláció elsajátítását, így például az adott nyelvben 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. Egy másik beszédsebesség-mérő mutató a beszédtempó, amelynek a számításakor a beszédidőbe a szünetek időtartamát is bele vesszük, és erre vetítjük az ejtett beszédegységek számát – ez inkább a tervezési folyamatok sebességének vizsgálatához visz közelebb (REDFORD 2015). A felnőtté válás során mind az artikuláció, 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 hangzóidőtartamok is hosszabbak, mint a felnőtteknél, és a szórásuk is nagyobb, mintegy 12 éves korig (REDFORD 2015). Mindemellett a kutatási eredmények arra utalnak, hogy nem csupán a tempó és ezzel összefüggésben a szegmentumok időtartama lehet hatással az ejtés variabilitására. A hosszabb időtartamok ráadásul nem feltétlenül jelentenek sem pontosabb artikulációt (az artikulációs cél pontosabb elérését), sem konzekvensebb (az artikulációs célokban kisebb mértékű variabilitást mutató) megvalósításokat, sőt a hosszabb időtartammal nagyobb variabilitás járhat együtt (SMITH 2010).

A modern artikulációs vizsgálati módszerek közül az ultrahang az egyik legkönnyebben alkalmazható gyermekek esetében is (STONE 2010), és jelenleg az ultrahang az egyik legelterjedtebb technológia a beszédkutató artikulációs laboratóriumokban (WRENCH 2013). Magyar beszélőkkel egy esettanulmány látott eddig napvilágot, amely egy 10 éves gyermek és egy felnőtt kontrollszemély néhány ejtésvariációjának összevetését mutatja be (MARKÓ és mtsai 2017).



1. ábra

*Az ultrahangfejet rögzítő sisak (felső panel, az Articulate Instruments Ltd terméke)<sup>3</sup> 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)*

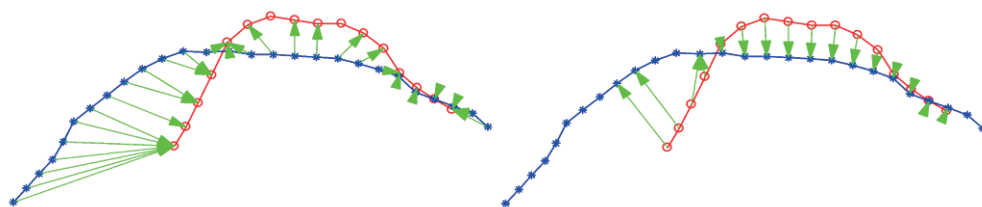
Az ultrahang a nyelv felszíni kontúráját teszi láthatóvá (1. ábra). A módszer előnye, hogy egyszerűen használható, elérhető árú, valamint nagy felbontású (akár  $800 \times 600$  pixel) és nagy sebességű (akár 100 képkocka/s) felvétel készíthető vele. A jó térbeli felbontás azért fontos, hogy a nyelv 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 ha a nyelv alakot és annak változásait kívánjuk vizsgálni, a rögzített képsorozatból ki kell nyerni a nyelv körvonalát ahhoz, hogy az adatokon további elemzéseket lehessen végezni. Ez kivitelezhető manuálisan, ami rendkívül időigényes, vagy automatikus módszerekkel, amelyek pontosságát azonban ma még nem éri el a manuális kontúrkiyérés precizitását (CSAPÓ–CSOPOR 2015; CSAPÓ–LULICH 2015). Az ultrahang használatának bizonyos mértékig hátránya az is, hogy olyan, az ejtés sajátosságai szempontjából releváns képzőszervi struktúrákról nem ad információkat, mint a szájpad vagy a fogsor elhelyezkedése, ami referenciát és orientációt ad(na) a felvételeknek. Ezt, annak érdekében, hogy a nyelv szájüregbeli helyzete meghatározható legyen, különféle módokon ki lehet egészíteni, például ha az adatközlő folyadékot nyelv a felvétel közben. A nyelvés ultrahangos

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

vizsgálatára számos példát találunk az irodalomban is (vö. pl. STONE 2010), de alkalmazzák a szájpaddocktúr kinyerésére is, mivel a szájüregben lévő folyadékon áthalad az ultrahang, és visszaverődik a szájpadról (EPSTEIN–STONE 2005).

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. Mindemellett ugyanazon beszélőnek a különböző alkalmakkor rögzített felvételei sem vethetők össze, hiszen az ultrahangfej szögét nem lehetséges pontosan ugyanúgy igazítani a különféle alkalmakkor. Erre jelent megoldást 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. Ha a harapási sík a két felvétel között nem változik, ez alapján forgatással egymáshoz igazítható a két felvétel. Megjegyzendő ugyanakkor, 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.

ZHARKOVA és szerzőtársai (2011 és 2012) ultrahang segítségével CV szótagokban vizsgálták az /a/, /i/ és /u/ magánhangzók koartikulációs hatását a /j/ és a /s/ mássalhangzókra 10 gyermek (6;3–9;9 évesek) és 10 felnőtt (27–46 évesek) kiejtésében. A szótagokat (egy darab CV szótagból álló szavakat) hordozómondatban, 10-szeri véletlenszerű ismétléssel rögzítették. A mássalhangzó időbeli középpontjában berajzolt nyelvkontúrt vizsgálták a követő magánhangzó függvényében az úgynevezett legközelebbi szomszéd távolsága (nearest neighbour distance, NND) módszerével.



2. ábra

*A legközelebbi szomszéd távolságának számítási módja*

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 (2. ábra). 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 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, akkor a számított távolság ott is viszonylag nagy lesz.

ZHARKOVA és munkatársai (2011 és 2012) mássalhangzónként és adatközlőnként kétféle elemzést készítettek: az egyikben egy-egy adott CV-kapcsolatban rögzített kontúrokat hasonlítottak 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/ ejtésekör rögzített minden egyes kontúrt a /si/-bemondásokból rögzített minden egyes kontúrral párban), ez adta ki a csoportok közötti távolságokat. Ha a csoportok között (/sa/ vs. /si/) mért távolságértékek meghaladták a csoporton belülieket (/sa/ vs. /sa/), akkor azt a magánhangzó hatásként értelmezték.

Az összehasonlítások a következő eredményeket hozták: a /j/ nyelvkontúrája mindkét életkori csoportban a magánhangzótól függően változott, illetve különbség látszott a /ja/ és a /ju/, valamint a /ja/ és a /ji/ mássalhangzója között, de a /ju/ és a /ji/ spiránsrealizációi között nem volt eltérés. A /s/ estében a magánhangzók eltérő hatását találták a felnőtteknél, 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 beszédszerv képzéshelyeinek a gyermekben kialakuló megkülönböztetésével és ennek a koartikulációban való alkalmazásával magyarázzák. Az érett lingvális motoros kontroll rendszerben a CV-szótagokban a /s/ esetében kisebb az esély arra, hogy a nyelv helyzete konfliktusba kerül a követő magánhangzó nyelvhelyzetével, mint a /j/ ejtésekör. A koartikuláció, azaz a gesztusok közötti átfedés mértéke (ez esetben a magánhangzó-minőség hatása a mássalhangzó ejtésére) akkor nagyobb, ha a beszélő bizonyos mértékig egymástól függetlenül is képes kontrollálni a nyelvhegy és a nyelvtest helyzetét. Ez a kompetencia az idézett két vizsgálatban részt vevő gyermekek esetében még nem alakult ki.

A jelen kísérletben magyar magánhangzók ejtésében vizsgáljuk gyermekek nyelvkontúráinak a variabilitását, különféle mássalhangzó-környezetekben. A magánhangzók korán kialakulnak az artikulációs és fonológiai rendszerben, a gyermekek általában 3 éves korra már a produkcióban is megkülönböztetik az őket körülvevő nyelv összes magánhangzóját (DONEGAN 2002). A magánhangzók elsajátítási elsőbbőségének (a mássalhangzókhoz szemben) okát a kutatók abban látják, hogy ezek a szegmentumok hosszabb időtartamuk és nagyobb intenzitásuk miatt szaliensebbek a mássalhangzókhoz, illetve perceptuálisan és motorikusan is könnyebben hozzáférhetők (LEE et al. 2010). Ráadásul egyes források (vö. DONEGAN 2002 áttekintését) arra utalnak, hogy még a magánhangzók között is vannak kitüntetettebbek az elsajátítás sorrendiségét tekintve: a hangsúlyos szótagbeli magánhangzók (az olyan nyelvekben, ahol a hangsúlytalan szótagban centralizáció/célalulmúlás figyelhető meg) és a monoftongusok (ahol a magánhangzókészlet diftongusokat is tartalmaz) előnyt élveznek a többi magánhangzóhoz képest.

Mindemellett a magánhangzók ejtése rendkívül variabilis, hiszen a nyelv alakjának kontrollálása (a nyelv izmainak komplex szerkezete és a motoros ügyesség szükséges foka miatt) igen nehéz feladat. Ezen túlmenően, mivel a magánhangzók nem akadályhangok, beszéd közben nem kapunk jól megfigyelhető taktilis visszajelzéseket a magánhangzók létrehozását eredményező közelítés vagy szűkület létrejöttének helyéről, azaz a magánhangzó képzéshelyéről. Az egyes magánhangzók képzésekor a nyelv érintkezhet a nem mozgatható artikulátorokkal – például a nyelvperem a felső nyelvállású magánhangzók esetében hozzáér a felső fogsorhoz (vö. STEVENS 1998). Részben emiatt a magánhangzóejtés variabilitása eltér a nyelvállásfok függvényében: az alsóbb nyelvállásúak variabilisabbak, mint a felsőbb nyelvállásúak. Ez azzal is összefügg, hogy az alsóbb nyelvállásokon több variancia lehetséges akusztikai következmények nélkül (STEVENS 1998). Ráadásul a magánhangzók izolált ejtése statikus, így kinesztetikus információk sem segítik a magánhangzók képzéshelyének azonosítását, miközben a nyelv igen nagy variabilitással mozgatható és alakítható (ASHBY 2011). Mindezek részben indokolhatják a magánhangzók elsajátításának elsőbbségét, részben magyarázzák a variabilitásukat. Egyes források azt is említik, hogy a magánhangzók ejtésekor kevesebb képzési jegy kontrolljára van szükség, mint a mássalhangzók artikulációjában (vö. DONEGAN 2002).

A magyar magánhangzók megjelenése a gyermeki beszédben több vizsgálat tárgya volt eddig. Ezek egy része esettanulmány-jellegű (pl. GÓSY 1981; DEME 2011), mások nagyobb számú adatközlő anyaga alapján készültek (pl. BÓNA–IMRE 2010; DEME 2012; BUNTA et al. 2018; ZAJDÓ et al. 2011), illetve a különböző életkorokban rögzített hangfelvételek akusztikai elemzéséből monografikus munkák is születtek az utóbbi időben (pl. AUSZMANN 2018; KREPSZ 2018). A magyar gyermekek magánhangzóejtésének eddigi vizsgálata szinte kizárólag perceptuális és/vagy akusztikai módszereket alkalmazott. Az akusztikai elemzés kétségkívül könnyebben elvégezhető rögzített hangfelvételeken, különösen amióta olyan nagy beszédadatbázisok állnak rendelkezésre, mint például a GABI, amely óvodákban, iskolákban, a gyermekek lakóhelyén rögzített felvételeket tartalmaz (Gyermeknyelvi beszédAdatBázis és Információtár, BÓNA és mtsai 2014) vagy a TiniBEA (GYARMATHY–NEUBERGER 2015), amely stúdiókörmények között készül. Ezzel szemben az artikuláció vizsgálata komolyabb, csak kevés helyen rendelkezésre álló műszerezettséget igényel, a kívülről nem látható képzőszervi mozdulatok detektálásához mindenképpen olyan eljárások alkalmazására van szükség, amelyek a kísérleti személy testére (nyakára, fejére) illetve és stabilan rögzítve szolgáltat csak megbízható adatokat. Az egyének közötti eltérések, gyermekkorban különösen az aktuális fej- (és test)méret és a pszichés diszpozíció nagymértékben meghatározza a felvételek sikerességét.

A jelen kísérletünkben a magánhangzóejtés, egészen pontosan a nyelvkontúr variabilitását vizsgáltuk ultrahang segítségével. A résztvevők olyan életkori szakaszban voltak, amikor az egyes szegmentumok realizációja már az elvárt módon történik (8 éves kor felett, lásd fent), de az artikulációs csatorna méretének növekedése még nem fejeződött be, és az artikuláció finomhangolása még fejlődőben van. A magánhangzók különféle mássalhangzós kontextusokban szerepeltek, így mind az adott mássalhangzó hatását, mind az egyéni varianciát

vizsgálni tudtuk. A kísérlet egyik kérdése az volt, hogy mekkora a nyelvkontúr variabilitása az egyes magánhangzók esetében ugyanazon beszélő két bemondása között ugyanazon fonetikai kontextusban. Ezzel kapcsolatban a szakirodalom alapján azt a hipotézist fogalmaztuk meg, hogy az életkor előrehaladtával csökken a variabilitás, azaz az ugyanazon magánhangzó azonos kontextusban rögzített két bemondásának nyelvkontúrja közötti távolság kisebb felnőttkorban, mint gyermekkorban, illetve különbség van a gyermekek életkorától függően is: minél idősebb a gyermek, annál kisebb a variabilitás. A szakirodalom alapján feltételeztük azt is, hogy (életkortól függetlenül) az alsóbb nyelvállású magánhangzók nyelvkontúrájának variabilitása nagyobb.

Bár a kísérletünk elsődleges kérdése a nyelvkontúr variabilitására irányult, úgy véljük, hogy ez nem független a magánhangzók időtartamától, illetőleg a magánhangzók időtartamának változatosságától. Ezt a feltételezésünket egyrészt az a szakirodalmi állítás indokolja, amely szerint az artikulációs (és beszéd-) tempó gyorsulása az életkor előrehaladtával nem egyenletes, másrészt a gyermeki beszédben nemcsak hosszabbak a hangzóidőtartamok, mint a felnőtteknél, hanem a szórásuk is nagyobb, mintegy 12 éves korig (REDFORD 2015). Emellett a felvételek készítése közben is azt tapasztaltuk, hogy a feladat ismerőssé válásával a gyermekek különböző mértékben gyorsítottak az artikulációjukon. Következésképpen vizsgálatunk a nyelvkontúrok elemzésén túl kiterjedt az időtartamok elemzésére is. Valószínűsítjük, hogy az időtartamok az életkor előrehaladtával rövidülnek, de ez természetesen nem egyenletes, illetve az időtartam egyéni belüli alakulása is variabilitást mutat. Azt is várjuk, hogy ha az időtartamértékek ugyanazon magánhangzó két, azonos kontextusú bemondása között nagy eltérést mutatnak, vagyis variábilisabb az időtartam, akkor ez nagyobb nyelvkontúrbeli variabilitással jár együtt (és fordítva).

Ezen túlmenően elemeztük azt is, hogy hogyan nyilvánul meg az eltérő képzéshelyű mássalhangzók koartikulációs hatása a magánhangzókra. Azt vártuk, hogy minden életkorban a labiális képzéshely idézi elő a legkisebb variabilitást bármely magánhangzó nyelvkontúrájában, mivel az itt ejtett mássalhangzók ejtéséhez a nyelvnek célzott artikulációs működésére nincs (kevésbé van) szükség (vö. GIBBON–NICOLAIDIS 1999), így a mássalhangzós gesztus(ok) a magánhangzós artikulációs gesztus(ok)kal sem interferál(nak) olyan mértékben, mint a lingvális mássalhangzók esetében.

## 2. Anyag és módszer, kísérleti személyek

A kísérlet anyagául három szótagos, jelentés nélküli hangsorok (logatomok) szolgáltak, amelynek szerkezete  $V_1C_1V_1C_1V_1$  volt, azaz egy hangsort ugyanazon magánhangzók és mássalhangzók alkottak. A hangsorok kilenc magyar köznyelvi magánhangzó-minőség és kilenc mássalhangzó – amelyek mindegyike zöngétlen zörejhang (bilabiális  $p$ ; labiodentális  $f$ ;



alveoláris *t*, *sz*, *c*; posztalveoláris *s*, *cs*; palatális *ty* és veláris *k*) – kombinációjából álltak, így mindösszesen 81 hangsor szerepelt a kísérletben (1. táblázat). A zöngétlen zörejhangok választását az indokolta, hogy a zöngesség fenntartásának esetleges nehézsége ne legyen háttérrel az adatokra. A felolvasott hangsorok második szótagbeli magánhangzóját elemeztük. A célmagánhangzó szimmetrikus környezetben volt, mind előtte, mind utána ugyanaz a magánhangzó és mássalhangzó szerepelt. A második szótag a magyarban hangsúlytalan, így sem a hangsúly időtartamnyújtó hatása (vö. pl. MARKÓ és mtsai 2018), illetve vélhetőleg az utolsó szótagra jellemző frázisvégi nyúlás (vö. KOHÁRI 2018) jelensége sem hatott rá. A hangsorokat a kísérleti személyek képernyőről olvasták, a maguk számára kényelmes tempóban. A hangsorok random sorrendben szerepeltek, egyszerre egy volt látható a képernyőn. A 81 elemből álló sorozatot kétszer olvasták fel a résztvevők.

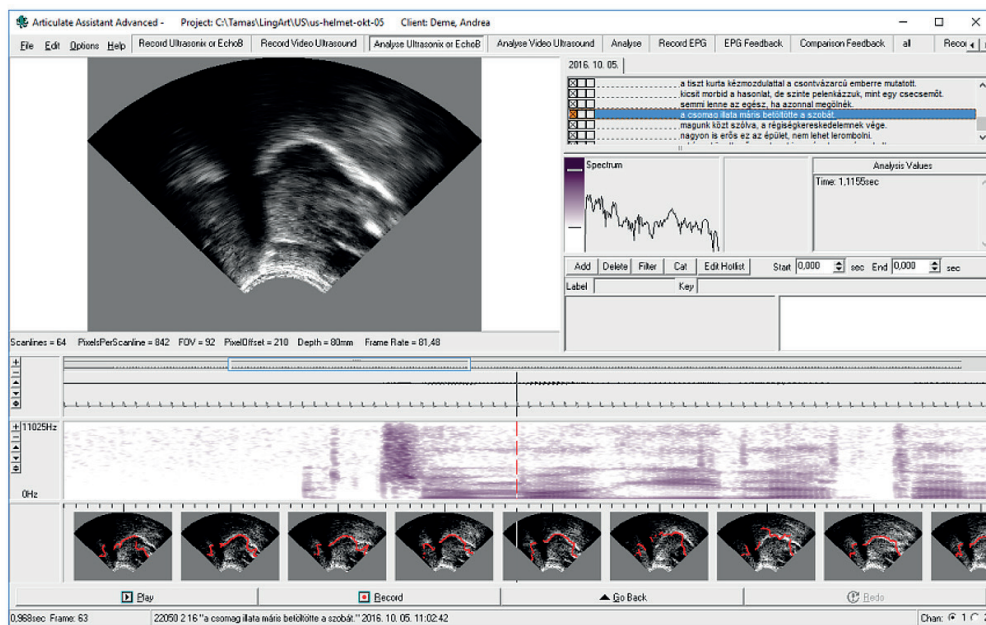
1. táblázat

A kísérletben rögzített hangsorok

		felső nyelvvállású			középső nyelvvállású			alsó/legalsó nyelvvállású		
		i	ü	u	é	ö	o	e	a	á
ajkhang	<i>p</i>	<i>ipipi</i>	<i>üpüpi</i>	<i>upupu</i>	<i>épépé</i>	<i>öpöpö</i>	<i>opopo</i>	<i>epepe</i>	<i>apapa</i>	<i>ápápá</i>
	<i>f</i>	<i>ififi</i>	<i>üfüfü</i>	<i>ufufu</i>	<i>éféfé</i>	<i>öföfö</i>	<i>ofofó</i>	<i>efefe</i>	<i>afafa</i>	<i>áfáfá</i>
	<i>t</i>	<i>ititi</i>	<i>ütütü</i>	<i>ututu</i>	<i>étété</i>	<i>ötötö</i>	<i>ototo</i>	<i>etete</i>	<i>atata</i>	<i>átátá</i>
lingvális mássalhangzó	<i>sz</i>	<i>isziszi</i>	<i>üszüszü</i>	<i>uszuszu</i>	<i>észészé</i>	<i>öszöszö</i>	<i>oszoszo</i>	<i>eszese</i>	<i>aszasza</i>	<i>ászászá</i>
	<i>c</i>	<i>icici</i>	<i>ücücü</i>	<i>ucucu</i>	<i>écécé</i>	<i>öcöcö</i>	<i>ococo</i>	<i>ecese</i>	<i>acaca</i>	<i>ácácá</i>
	<i>ty</i>	<i>ityityi</i>	<i>ütyütyü</i>	<i>utyutyu</i>	<i>étyétyé</i>	<i>ötyötyö</i>	<i>otyotyó</i>	<i>etyetye</i>	<i>atyatya</i>	<i>átyátyá</i>
	<i>s</i>	<i>isisi</i>	<i>üsüsü</i>	<i>ususu</i>	<i>ésésé</i>	<i>ösösö</i>	<i>ososo</i>	<i>esese</i>	<i>asasa</i>	<i>ásásá</i>
	<i>cs</i>	<i>icsicsi</i>	<i>ücsücsü</i>	<i>ucsucsu</i>	<i>écsécsé:</i>	<i>öcsöcsö</i>	<i>ocsocso</i>	<i>ecsecse</i>	<i>acsacsa</i>	<i>ácsácsá</i>
	<i>k</i>	<i>ikiki</i>	<i>ükükü</i>	<i>ukuku</i>	<i>ékéké</i>	<i>ökökö</i>	<i>okoko</i>	<i>ekeke</i>	<i>akaka</i>	<i>ákáká</i>

A bemondásokat ultrahangkészülékkel és párhuzamosan akusztikus csatornán is felvettük. A nyelv szagittális középvonalaának mozgását a „Micro” rendszerrel rögzítettük (Articulate Instruments Ltd). 2–4 MHz frekvenciájú, 64 elemű, 20 mm sugarú mikrokonvex ultrahang-vizsgálófejet használtunk, és 82 képkocka/másodperc sebességgel rögzítettük a felvételt (lásd a 3. ábrán). A felvételek során ultrahangrögzítő sisakot is alkalmaztunk (Articulate Instruments Ltd), amely az 1. ábra felső paneljén látható. A rögzítő sisak 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 rögzítettük, amely a sisakra volt csiptetve, minden esetben az ajkaktól kb. 20 cm-re. A hangot 44100 Hz mintavételi frekvenciával digitalizáltuk M–Audio M-TRACK PLUS külső

hangkártyával. Az ultrahang és a beszéd szinkronizációja a Micro rendszer „Frame sync” kimenetét használva történt. A felolvasandó logatomokat az Articulate Assistant Advanced (AAA, Articulate Instruments Ltd.) szoftver segítségével jelenítettük meg a képernyőn, és az adatokat ugyanezzel a szoftverrel rögzítettük.



3. ábra

*Az Articulate Assistant Advanced (AAA) szoftver*

A résztvevőket arra is megkértük, hogy igyanak néhány korty vizet, és eközben is rögzítetünk ultrahangfelvételt, amelyen a szájpadról visszaverődő vízszög így kirajzolódó képének segítségével berajzoltuk a szápad kontúrját. A harapási síkot is rögzítettük úgy, hogy a résztvevőknek egy fertőtlenített, széles vonalzóra kellett ráharapniuk úgy, hogy a vonalzó vége pontosan 4,5 cm mélyen helyezkedjen el a beszélő metszőfogaitól a szájüreg belsejében, és a nyelvüket alulról hozzá kellett nyomniuk a vonalzóhoz. A nyelvkontúr alapján így a harapási sík is berajzolhatóvá vált. Ezeket a kontúrokat egyelőre nem elemeztük, a szájter méretének megragadására és ábrázolására szolgálnak (vö. 4 ábra).

A kontúrok kinyeréséhez és az időtartammérésekhez a beszédjel alapján meghatároztuk a célmagánhangzók határait automatikus kényszerített felismeréssel (MIHAJLIK et al. 2010), a határokat manuálisan ellenőriztük, és ha szükséges volt, javítottuk. Ezt követően a magánhangzó időbeli középpontjához legközelebb eső ultrahangképet PNG formátumban exportáltuk, és a képeken manuálisan berajzoltuk a nyelvkontúrt az APIL eszköz (<https://github.com/arizona-phonological-imaging-lab/apil-web>) használatával. A megfelelő felvételeken

a szájpaddocktúrt és a harapási sikot rögzítettük ugyanígy. A magánhangzók időtartamát szintén az így létrehozott címkesor alapján mértük a Praat szoftverben (BOERSMA–WEENINK 2018).

A berajzolt nyelvkontúrokat egy adott beszélő esetében az azonos hangsor kétszeri bemondása között hasonlítottuk össze az úgynevezett legközelebbi szomszéd távolsága (nearest neighbour distance, NND) módszerével (2. *ábra*; vö. ZHARKOVA et al. 2011). Beszélőnként meghatároztuk a kapott NND-értékek átlagát és szórását, és ahol az érték meghaladta az átlagtól két szórásnyira lévő értékét, ott az NND értékét átlag + 2 szórásban határoztuk meg (FIELD et al. 2012). Az elemzések ezeken a korrigált adatokon készültek.

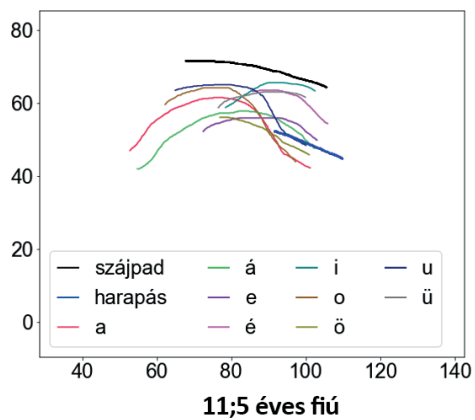
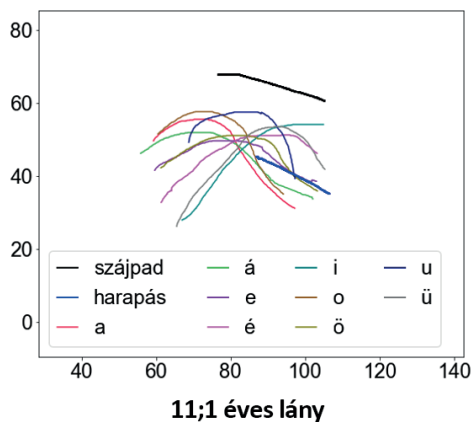
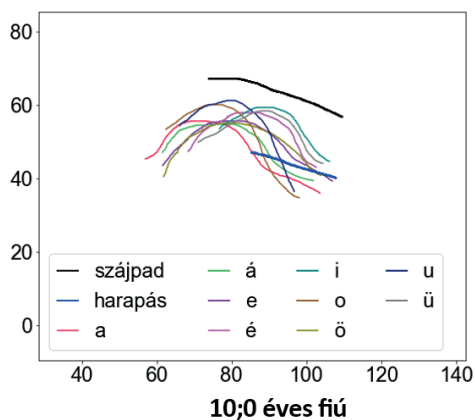
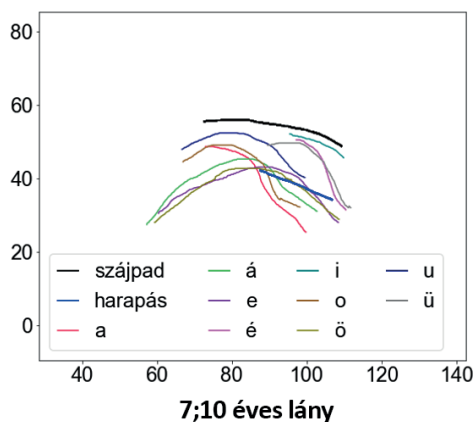
Az elemzés során a célmagánhangzók abszolút időtartamadatait, valamint az ugyanahhoz a logatomhoz tartozó kétszeri bemondásban az időtartamok egymáshoz viszonyított arányát vetettük össze (az utóbbi esetben mindig a hosszabb magánhangzó időtartamát osztottuk a rövidebb magánhangzó időtartamával, így egy 1-nél nagyobb arányszámot kaptunk). Minél nagyobb ez a szám, annál nagyobb az eltérés a két (azonos kontextusban ejtett és azonos minőségű) magánhangzó időtartama között. A magánhangzók időarányának és a legközelebbi szomszéd távolságának viszonyát Pearson-korrelációval elemeztük. Ha a korreláció magas (szignifikáns) pozitív együtthatóértékkel jellemezhető, az arra utal, hogy a nagyobb időbeli variabilitás nagyobb nyelvkontúrbeli variabilitással jár együtt, míg a kisebb időtartambeli variabilitás kisebb nyelvkontúrbeli variabilitással.

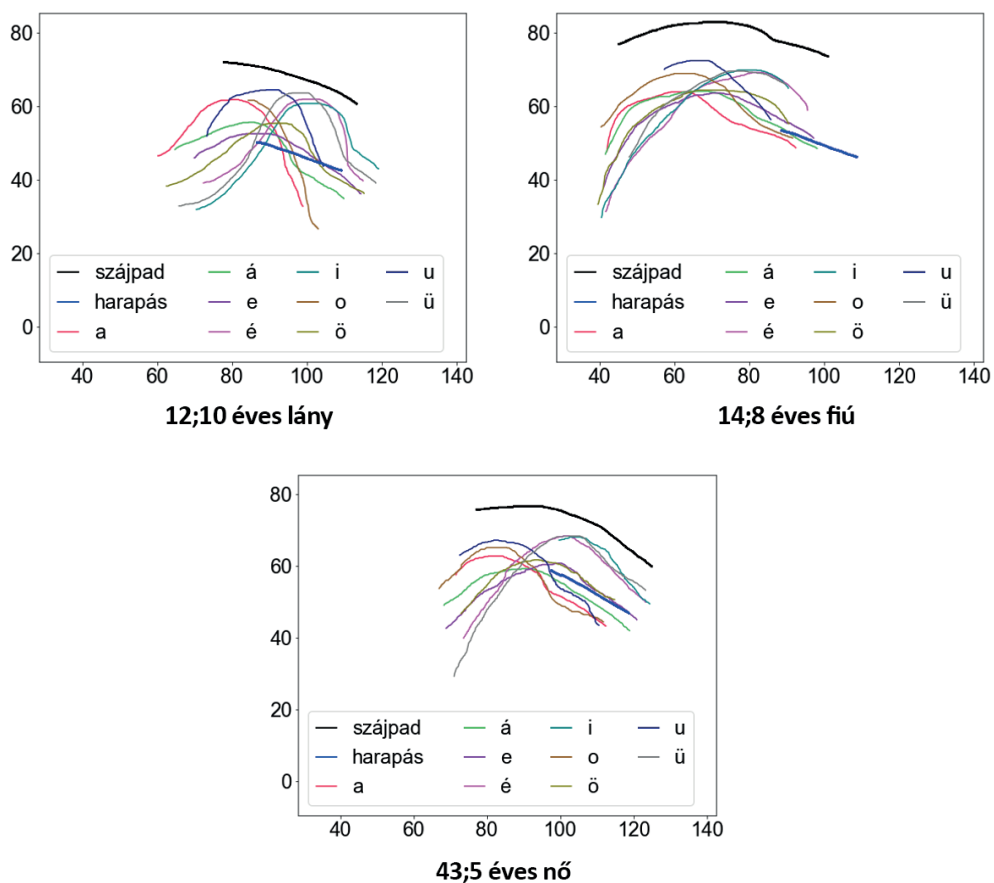
A kísérletben három testvérpár vett részt, összesen hat gyermek. Mivel a gyermekek életkora eltérő volt, és az életkor hatása az egyik kérdéses változó, nem kezeltük őket csoportként. A felnőttek esetében már nem várunk eltéréseket az életkor függvényében a vizsgált változók mentén, illetve pontosabban az egyéni variancia, és nem az életkor függvényében számíthatunk különbségekre. Ennélfogva kontrollként csak egy felnőtt nő beszédmintájával vetettük össze az eredményeket. A beszélők mindannyian Budapesten vagy az agglomerációban élnek, köznyelvet beszélnek. A kísérletben részt vevő gyermekek édesanyja felsőfokú végzettségű (akárcsak a felnőtt résztvevő maga), az édesapák legalább középfokú végzettséggel rendelkeznek. A kísérleti személyek artikulációja normatív, néhányan vettek részt korábban logopédiai terápiában, de beszédükben mostanra kialakult az elvárásoknak megfelelő ejtési mechanizmus. A résztvevőket és szüleiket előzetesen tájékoztattuk a kísérlet menetéről, a szülők az érvényes jogszabályoknak megfelelő hozzájárulási nyilatkozatot töltötték ki. A kísérleti személyek adatait a 2. táblázat összegzi, növekvő életkori sorrendben.

2. táblázat  
A kísérleti személyek adatai

Azonosító	0161	0155	0163	0160	0162	0154	0048
Nem	nő	férfi	nő	férfi	nő	férfi	nő
Életkor	7;10 év	10;0 év	11;1 év	11;5 év	12;10 év	14;8 év	43;5 év

A méretbeli eltérések illusztrálására bemutatjuk a szájpád, illetve a nyelv berajzolt kontúráját és a harapási sík vonalát a hét beszélő esetén (4. ábra). Az egyes részabrák a 9 magyar szten- derd nyelvi magánhangzó-minőséget mutatják a VpVpV szekvencia közepéről. Minden vonal egy-egy manuálisan berajzolt kontúrnak felel meg, melyen az korábban bemutatott ultra- hangképek orientációjával megegyező módon bal oldalon található a nyelvgyök, jobb oldalon a nyelvhegy, a kettő között pedig a nyelv felső felülete. A fekete vonalak a szájpádot jelölik, a kék egyenesek a harapási síkot. A skálák az eredeti ultrahangképhez vannak igazítva, azaz a (0,0) koordinátájú pont az ultrahang kép bal alsó sarka, és a méretek mm-ben vannak fel- tüntetve, így a beszélő abszolút méreteit tükrözik.



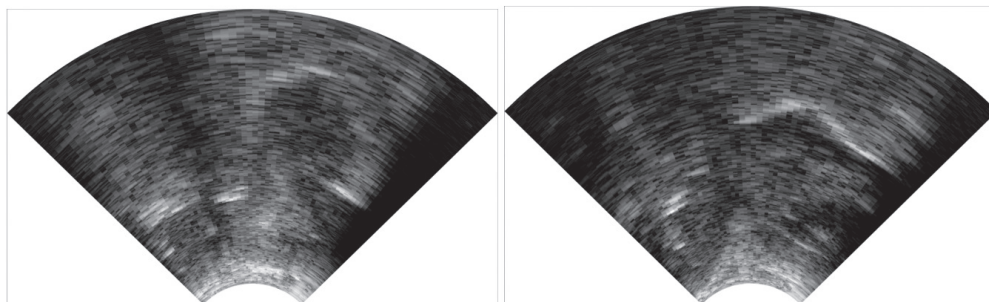


4. ábra

*A résztvevők nyelvkontúrja a 9 magánhangzó első ejtésekor a VpVpV szekvenciában (színes vonalak), a száypad kontúrja (fekete vonal) és a harapási sík (kék vonal)*

Az ultrahangfelvételek képi minősége eltérő lehet az egyes beszélők között – ez felnőttek esetén is így van (lásd pl. CSAPÓ és mtsai 2017). Ennek az is lehet az oka, hogy a rögzítő sisak 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. Befolyásolja a képminőséget a nyelv helyzete is, ha a nyelvfelszín

(egy része) (közel) párhuzamos az ultrahangsugárral (ami pl. a felső nyelvállású hangok esetében különösen a nyelv gyök felőli oldalát illetően gyakran előfordul), akkor kevésbé jól látható a nyelvkontúr. Az 5. ábrán látható példákon egy rossz minőségű és egy jó minőségű ultrahangképet látunk ugyanattól a beszélőtől (162), két különböző magánhangzó (és kontextus) bemondásából.



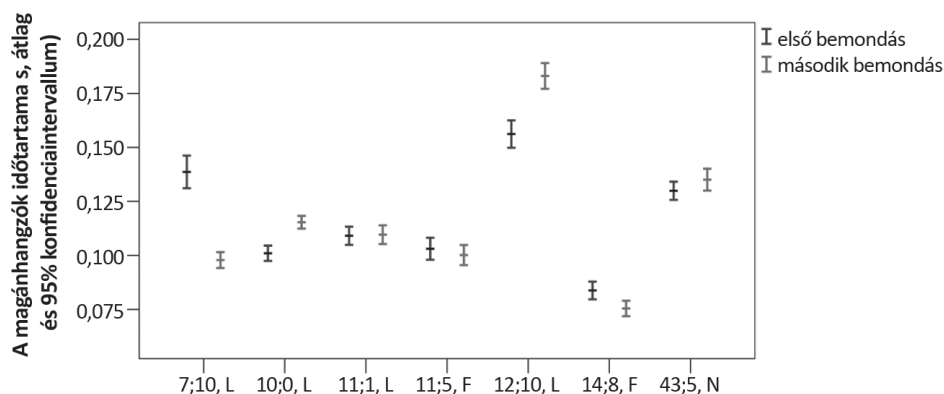
5. ábra

*Balra kevésbé kivehető nyelvkontúr a pup hangsor magánhangzójának időbeli közepéből, jobbra jó minőségű nyelvkontúr a kák hangsor magánhangzójának időbeli közepéből*

A jelen kísérletben azzal a problémával is szembesültünk, hogy az egyik kísérleti személy (0163) esetében a nyelvkontúrok berajzolásakor derült csak ki, hogy a kinyert képek némelyikén nem látható elégséges mértékben a nyelv. A probléma oka feltehetően az volt, hogy a felvétel ideje alatt a zselé mennyisége lecsökkent, és bár a rögzítés közben a felvételvezető látta a videofelvételen a nyelv mozgását, a kinyert képeken az összefüggő nyelvkontúr nem volt kivehető a második sorozat utolsó 15 magánhangzója esetében. Ennélfogva végül ennek a beszélőnek az anyagából kapott nyelvkontúradatokat nem elemezzük.

### 3. Eredmények

A magánhangzók időtartama jelentős beszélők közötti variációt mutatott, és nem látszott életkorfüggő mintázat az időtartamokban (6. ábra, az ábrán vizualizált szám adatok a 3. táblázat utolsó oszlopában is szerepelnek). A két bemondás magánhangzóit összevetve változatos időtartam-eloszlásokat látunk. Hosszabbak a magánhangzók a második bemondás esetében a 10;0 éves fiú, a 12;10 éves lány és a felnőtt beszélő esetében; rövidülést a 7;10 éves lány és a 14;8 éves fiú esetében is tapasztalunk, és szinte nincs különbség a két 11 éves gyermek bemondásai között.



6. ábra

Az elemzett magánhangzók átlagos időtartama és 95%-os konfidenciaintervalluma az összes kontextusban az egyes beszélők első és második bemondásában (a vízszintes tengelyen a beszélők azonosításában az első adat az életkor év;hónap formátumban; a második a nem: L = lány, F = fiú, N = nő)

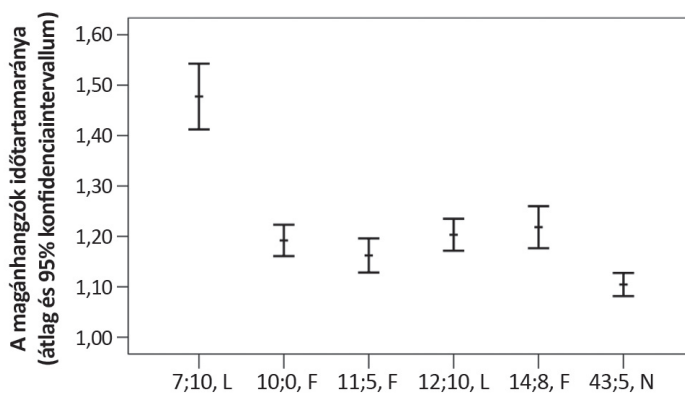
A magánhangzók időtartamértékei beszélőnként (3. táblázat) minden életkorban hasonlóan alakultak, jellemzően az alsó és legalsó nyelvállásúak (és a fonológiailag hosszúak) realizálódtak a leghosszabb időtartamban, ezeket követték a középső nyelvállásúak, majd a felsők.

3. táblázat

A magánhangzók időtartama beszélőnként és magánhangzó-minőségenként, átlag és szórás (ms)

		i	ü	u	é	ö	o	e	a	á	összes
7;10 é. lány	1.	119±34	127±39	126±34	159±37	120±15	135±17	148±27	143±29	173±35	139±34
	2.	89±10	87±14	90±14	117±14	96±8	93±12	93±9	95±9	121±18	98±17
10;0 é. fiú	1.	96±14	92±12	91±16	111±20	104±10	92±15	104±17	104±10	115±13	101±16
	2.	115±16	107±14	107±8	121±13	117±20	111±8	114±6	117±8	128±13	115±13
11;1 é. lány	1.	95±9	92±11	98±13	119±18	113±9	106±11	115±11	122±9	125±12	109±16
	2.	92±8	97±15	97±11	117±18	108±9	117±10	108±11	124±19	128±13	110±17
11;5 é. fiú	1.	92±17	88±21	90±16	125±14	97±16	88±13	107±16	101±16	138±20	103±23
	2.	87±21	94±18	84±18	112±13	93±9	92±11	95±13	104±13	140±7	100±21
12;10 é. lány	1.	145±16	143±20	128±12	167±34	160±19	148±19	162±27	152±19	200±29	156±29
	2.	180±30	166±21	163±12	194±24	193±25	171±19	174±18	186±20	220±26	183±27
14;8 é. fiú	1.	78±10	77±10	74±19	98±21	73±7	82±12	77±14	80±12	111±20	83±18
	2.	68±13	72±9	66±7	91±13	73±11	68±20	71±14	71±16	95±10	75±16
felnőtt nő	1.	114±12	115±14	123±14	141±14	129±13	125±12	137±11	126±17	160±13	130±19
	2.	112±14	121±14	125±15	156±18	126±9	126±9	138±7	131±14	178±11	135±23

Az azonos kontextusban elhangzott, azonos minőségű magánhangzók időtartamának összevetése alapján (7. ábra) a két bemondás között a legnagyobb időbeli eltérés a legfiatalabb kísérleti személynél (időarány:  $1,48 \pm 0,3$ ) jelentkezett, ami abból adódott, hogy az első bemondásokban mintegy másfélszer hosszabbak voltak a magánhangzó-időtartamok. A legkisebb időtartambeli variabilitást a felnőtt beszédében mértük (időarány:  $1,10 \pm 0,1$ ). A többiek esetében hasonló átlagokat és szórásokat kaptunk (10;0 éves fiú:  $1,20 \pm 0,1$ ; 11;5 éves fiú:  $1,16 \pm 0,2$ ; 12;10 éves lány:  $1,20 \pm 0,1$ ; 14;8 éves fiú:  $1,22 \pm 0,2$ ), ami azt mutatja, hogy valamelyik ejtésben átlagosan 20%-kal voltak hosszabbak a magánhangzók, mint a másikban. A 10;0 éves fiú és a 12;10 éves lány a második bemondáskor ejtett hosszabb magánhangzókat, a 14;8 éves fiú az első bemondásban, míg a 11;5 éves fiú esetében ezek az eltérések nem függtek össze azzal, hogy melyik sorozatban hangoztak el a magánhangzók.

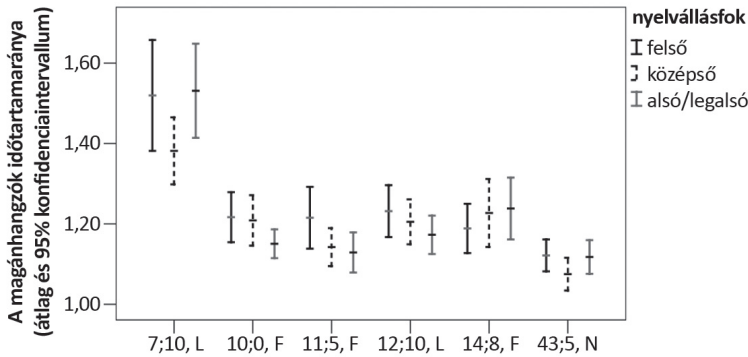


7. ábra

*Az elemzett magánhangzók időtartamaránya beszélőnként, átlag és 95%-os konfidenciaintervallum (a vízszintes tengelyen a beszélők azonosításában az első adat az életkor év;hónap formátumban; a második a nem: L = lány, F = fiú, N = nő)*

A nyelvváltsfok függvényében az időtartamarányok igen változatos képet mutattak, nem találtunk a magánhangzók tekintetében egységes tendenciákat (8. ábra). A 14;8 éves fiút kivéve az időbeli változatosság nem nő a nyelvváltsfok csökkenésével. Érdekes módon három beszélő (10;0 éves fiú, 11;5 éves fiú, 12;10 éves lány) esetében fordítottan arányos az időbeli változatosság a nyelvváltsfokkal, azaz a felső nyelvváltsfok a legvariábilisabbak az időt tekintve, ezeket követik a középső nyelvváltsfok, és a legkevésbé változatosan az alsó és legalsó nyelvváltsfok magánhangzók időtartama valósult meg. A 7;10 éves lány és a felnőtt esetében a középső nyelvváltsfok magánhangzók mutatták a legkisebb időtartambeli variabilitást, a felsők és az alsók hasonló varianciával realizálódtak.

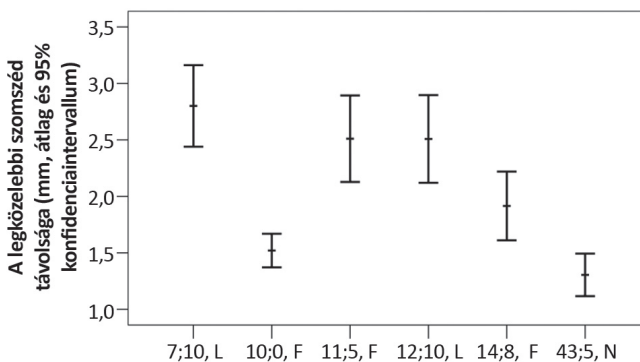




8. ábra

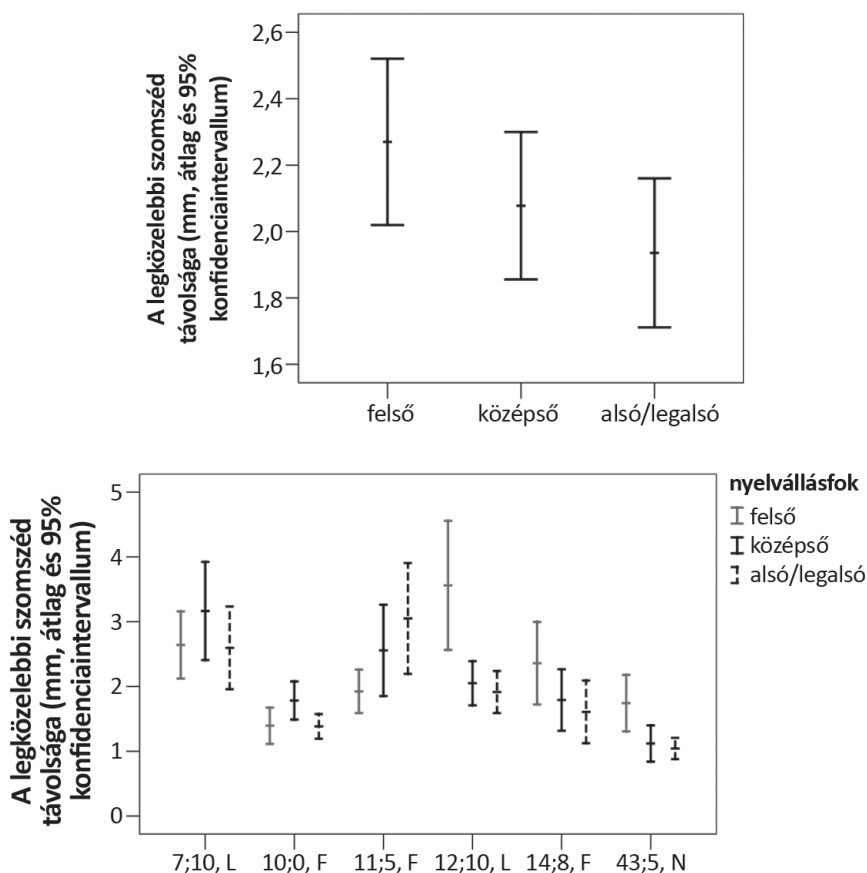
Az elemzett magánhangzók időtartamaránya beszélőnként és nyelvváltsfokokként, átlag és 95%-os konfidenciaintervallum (a vízszintes tengelyen a beszélők azonosításában az első adat az életkor év;hónap formátumban; a második a nem: L = lány, F = fiú, N = nő)

A nyelvkontúrok variabilitása a legközelebbi szomszéd távolsága paraméter szerint a következőképpen alakult. A két azonos alakú logatom azonos pozíciójú azonos magánhangzókontúrajaira számolt legközelebbi szomszéd távolsága az összes logatomot tekintve átlagosan a felnőtt beszélőnél volt a legkisebb ( $1,30 \pm 0,84$  mm), és a 7;5 éves lánynál a legnagyobb ( $2,80 \pm 1,63$  mm). A második legkisebb variabilitást a 10;0 éves fiú esetében ( $1,52 \pm 0,67$  mm) találtuk. Ezt követte a 14;8 éves fiúnál ( $1,93 \pm 1,39$  mm), majd a 11;5 éves fiúnál ( $2,51 \pm 1,73$  mm) és a 12;10 éves lánynál ( $2,51 \pm 1,76$  mm) mért érték. A variabilitás tehát egy kiugró kivétellel csökkent az életkor előrehaladtával, de a jelen kísérletben részt vevő 11 és 12 éves gyermekek között nem látszik különbség (9. ábra).



9. ábra

A legközelebbi szomszéd távolsága az egyes beszélők első és második bemondásának összevetésében, átlag és 95%-os konfidenciaintervallum (a vízszintes tengelyen a beszélők azonosításában az első adat az életkor év;hónap formátumban; a második a nem: L = lány, F = fiú, N = nő)



10. ábra

A legközelebbi szomszéd távolsága az első és a második bemondás összevetésében a magánhangzó nyelvállásfoka függvényében összesítve (fent), valamint az egyes beszélők esetében (lent), (a vízszintes tengelyen a beszélők azonosításában az első adat az életkor év:hónap formátumban; a második a nem: L = lány, F = fiú, N = nő)

A nyelvkontúrok variabilitása a magánhangzók nyelvállásfoka függvényében nem mutatott egységes mintázatot a beszélők között, ugyanakkor az összes beszélőre vonatkoztatva az alsóbb nyelvállásúak felé haladva egyre kisebb variációt találtunk (10. ábra). Az a tendencia, hogy az alsóbb nyelvállású magánhangzók nagyobb nyelvkontúrbeli variabilitással valósulnak meg, csak a 11;5 éves fiú esetében volt tapasztalható. Ez azért is érdekes, mert az ő esetében az időbeli variabilitás ugyanebben az irányban (a felső nyelvállásúaktól az alsók felé) csökkent (8. ábra). Ugyancsak fordított tendenciát találtunk a 14;8 éves fiúnál, aki az alsóbb nyelvállásúakat fokozatosan nagyobb időbeli variabilitással ejtette, de a nyelvkontúrbeli variabilitás mégis az alsók felé haladva csökkent. A 12;10 éves lány esetében az alsóbb

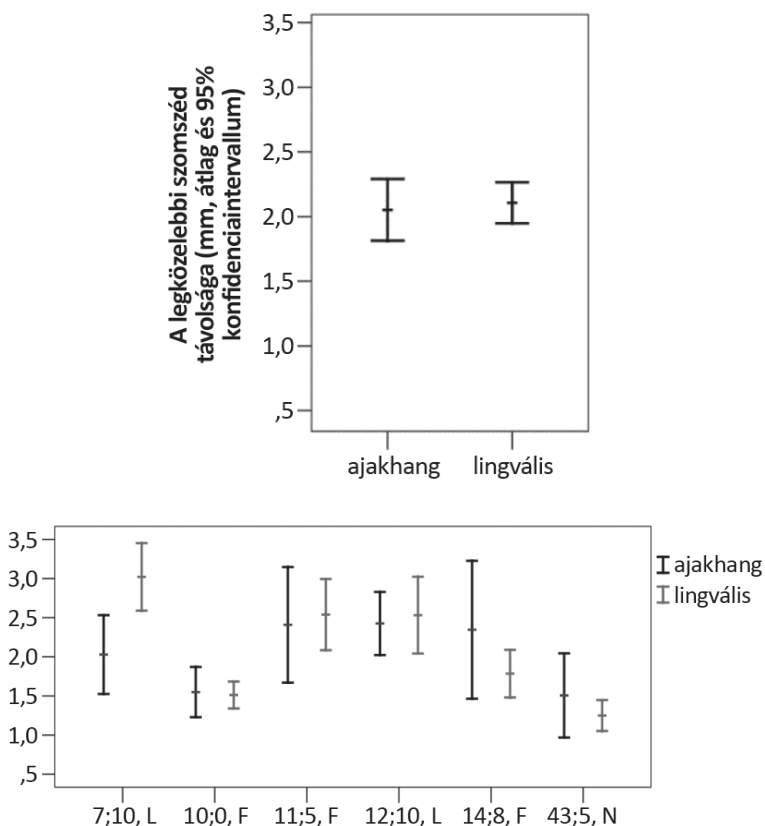
nyelvállásuk felé mindkét tekintetben csökkent a variabilitás. A 7;10 éves lány és a 10;0 éves fiú nyelvkontúrjai közül egyaránt a középső nyelvállású magánhangzók voltak a legvariábilisabbak, és közel azonos mértékű volt a variancia a felső és az alsó nyelvállásuk esetében. Ez az időbeli varianciát tekintve a 7;10 éves lánynál éppen fordítva volt: időben a középső nyelvállásuk variálódtak a legjobban, míg az alsók és felsők hasonlóan nagyobb varianciát mutattak. Ilyen együtt járás nem volt tapasztalható a 10;0 éves fiú esetében, ahogyan a felnőtt beszélő ejtésében sem.

Vagyis bizonyos esetekben fordított relációban látszik állni az időbeli és a térbeli variancia: ahol kisebb az időbeli variancia, annál nagyobb a nyelvkontúrok variabilitása, és fordítva (7;10 éves, 11;5 éves, 14;8 éves fiú). Olyan is előfordul azonban, hogy a téri és az idői variancia hasonló irányban nő (vagy csökken) (12;10 éves lány). Végül olyan eseteket is látunk, ahol egyik trend sem érvényesül (10;0 éves fiú, felnőtt beszélő).

Korrelációs számításal elemeztük az egyes magánhangzók (itt már függetlenül a nyelvállásfoktól) időtartamaránya, azaz a tartambeli variabilitás és a nyelvkontúrok variabilitásának összefüggését. Mindössze a felnőtt beszélő esetében, és csak gyenge pozitív korreláció mutatkozott az azonos logatomok kétszeri bemondása között az elemzett magánhangzók (azaz az ismétlések) időaránya és a legközelebbi szomszéd távolsága között ( $r = 0,247$ ,  $p = 0,026$ ). Vagyis csak a felnőtt esetében találtunk nagyobb időbeli variabilitás esetén nagyobb nyelvkontúrbeli varianciát is, de ennek mértéke sem számottevő.

Az azonos logatomok azonos pozíciójú azonos minőségű magánhangzójának kétszeri bemondása között mérhető legközelebbi szomszéd távolságát a mássalhangzó képzéshelye szerint is elemeztük (11. ábra). A mássalhangzós képzéshelyeket két kategóriába soroltuk: ajakhangok ( $p$ ,  $f$ ); illetve lingvális mássalhangzók ( $t$ ,  $sz$ ,  $c$ ,  $s$ ,  $cs$ ,  $ty$ ,  $k$ ). Az ajakhangok környezetében a magánhangzók nyelvkontúrjának kisebb mértékű variabilitását vártuk, életkortól függetlenül. Az összesített adatok alapján az ajakhangok mellett a legközelebbi szomszéd távolsága  $2,05 \pm 1,2$  mm, míg a lingvális képzésű mássalhangzók mellett  $2,11 \pm 1,6$  mm, azaz az ajakhangok valóban kisebb variabilitást indukáltak a magánhangzók nyelvkontúrjában.

Egyénenként tekintve, a legfiatalabb beszélőnél a legközelebbi szomszéd távolsága az ajakhangok között álló magánhangzók esetében  $2,03 \pm 1,01$  mm; a lingvális mássalhangzók között ennél nagyobb,  $3,02 \pm 1,71$  mm volt. A 10;0 éves fiú magánhangzóiban az NND ajakhangoknál  $1,55 \pm 0,65$  mm volt, lingvális mássalhangzók mellett pedig  $1,51 \pm 0,69$ . A 11;5 éves fiú magánhangzóinak NND-értéke ajakhangok között  $2,41 \pm 1,49$  mm, lingválisok mellett pedig  $2,54 \pm 1,81$  mm lett. A 12;10 éves lány esetében az NND ajakhangok között  $2,43 \pm 0,81$  mm volt, lingvális mássalhangzós környezet esetében magasabb,  $2,53 \pm 1,95$  mm. A 14;8 éves fiúnál az ajakhang-kontextusban  $2,44 \pm 1,83$  mm-t, míg a lingvális mássalhangzók mellett kisebb,  $1,79 \pm 1,21$  mm-t mértünk a legközelebbi szomszéd távolságára. A felnőtt beszélőnél az ajakhang mellett álló magánhangzók esetében az NND  $1,46 \pm 1,04$  mm volt, a lingvális képzéshelyük között  $1,25 \pm 0,78$  mm.



11. ábra

*A legközelebbi szomszéd távolsága a magánhangzó első és második bemondásának összevetésében a mássalhangzót létrehozó beszédszerv függvényében összesítve (fent), valamint az egyes beszélők esetében (lent), átlag és 95%-os konfidenciaintervallum (a vízszintes tengelyen a beszélők azonosításában az első adat az életkor év;hónap formátumban; a második a nem: L = lány, F = fiú, N = nő)*

Egybevetve: bár a beszélőket összesítve a lingvális képzésű mássalhangzók környezetében magasabb variabilitást mértünk, mint az ajakhangok között, beszélőkre bontva azt láttuk, hogy a kísérleti személyek felénél jelentkezett ilyen irányú eltérés (7;10 éves lány, 11;5 éves fiú és 12;10 éves lány), míg hármójuknál (10;0 éves fiú, 14;8 éves fiú és a felnőtt) ennek az ellenkezőjét tapasztaltuk.

## 4. Következtetések

Kísérletünkben értelem nélküli hangsorok kétszeri ejtésében vetettük össze az azonos kontextusban megjelenő magánhangzókat gyermekek és egy kontrollszemélyként szolgáló felnőtt beszédében. Elsődleges kérdésünk ugyan a nyelvkontúr variabilitására irányult, de ennek elemzéséhez fontosnak tartottuk a magánhangzó-időtartam paraméterét is bevonni a vizsgálatba. Bár a magánhangzók időtartamai, illetve ezek egymáshoz való viszonyulása egy beszélőn belül általában követték az egyes magánhangzó-minőségekre jellemző intrinzikus időtartambeli tendenciákat a fonológiai hosszúság (kvantitás) és a nyelvállásfok tekintetében, viszonylag nagy variabilitást láttunk, mind a beszélők között, mind pedig bizonyos esetekben egyazon beszélő két bemondása között is. Ez részben a nyelvi anyag jellegével és a kísérleti feladattal függhet össze, azaz azzal, hogy az álszavak hajlamosíthatják a beszélőt a túlartikulációra (hiperartikulációra), illetve azzal, hogy az egyének milyen stratégiákat követtek a feladat teljesítésében.

Elsőként azt a hipotézist fogalmaztuk meg, hogy az életkor előrehaladtával csökken az ejtési variabilitás, azaz az azonos kontextusban rögzített két bemondás nyelvkontúrja közötti távolság kisebb felnőttkorban, mint gyermekkorban, illetve különbség van a gyermekek életkorától függően is: minél idősebb a gyermek, annál kisebb a variabilitás. Az adatok tendenciaszerűen megerősítették ezt a feltételezést, de láttuk, hogy az egyéni eltéréseknek jelentős szerep jutott. A 10;0 éves fiú adatai nem illeszkedtek a látható trendbe, sokkal jobban hasonlítottak a felnőtt beszédében mért variabilitáshoz, mind az összevont elemzésben, mind a kontextusok alapján csoportosított adatok tekintetében. A konkrét esetben ennek hátterében az állhat, hogy a gyermek kivételesen jó finommotoros ügyességgel rendelkezik, és nagyon fejlett mozgáskoordinációval, ami vélhetőleg összefügg azzal, hogy tornászként versenyszerűen sportol. A rendszeres sporttevékenység kapcsán azt is feltételezhetjük, hogy a gyermeknek a saját testéről alkotott képe is igen fejlett, és hogy kirívóan nagy gyakorlattal rendelkezhet a különféle célorientált mozdulatok megvalósításában. Mindez természetesen veleszületett adottságra is utalhat. A 11;5 éves fiú és a 12;10 éves lány nyelvhelyzetének variabilitása hasonló átlagot és szórást mutatott, ami utalhat arra, hogy ebben az életkori szakaszban a változás lassabb, de ilyen kevés kísérleti személy adatai alapján nem általánosíthatunk.

A második hipotézisünk az volt, hogy életkortól függetlenül az alsóbb nyelvállású magánhangzók nyelvkontúrjai között nagyobb a távolság páronként az azonos magánhangzók azonos kontextusú ejtésében, ami az ejtés nagyobb mértékű variabilitására utal a nyelvállásfok ereszkedésével. A beszélők együttes adatai éppen a feltételezéssel ellentétes tendenciát rajzoltak ki: a felsőbb nyelvállásfokon kaptunk nagyobb ejtési változatosságra mutató adatokat. Az egyéni eredmények arra mutattak rá, hogy sem a feltételezett, sem az összesítésből kiadódott ellentétes tendencia nem általános, és arra is találtunk példát, hogy a középső nyelvállásúak voltak a legvariábilisabb vagy a legkevésbé változatos ejtésű magánhangzók.

Ebben a tekintetben a felnőtt kísérleti személy és a gyermekek adatainak összehasonlításakor sem találunk tendenciaszerű eltérést.

Összefüggést feltételeztünk a nyelvhelyzetnek a legközelebbi szomszéd távolságában (mm-ben) kifejezhető variabilitása és a két bemondás magánhangzóinak időtartamaránya között. Ilyen összefüggés nem látszik az adatokból, a korrelációelemzés mindössze a felnőtt adatain adott szignifikáns pozitív, de ott is csak gyenge összefüggésre utaló eredményt, azaz a magánhangzók közötti időbeli variabilitás mértéke ennél a beszélőnél kismértékben együtt járt a nyelvkontúr variabilitásának mértékével. Míg a 10;0 éves fiú nyelvkontúr-variabilitása és a magánhangzó-időtartamoknak a két bemondás közötti aránya is hasonlóan alakult a felnőtt beszélőéhez, az ő adataiban nem volt statisztikailag alátámasztható kimutatható összefüggés. Az ejtések közötti nyelvkontúrbeli variabilitás nem függ tehát össze azzal, hogy az egyes esetekben mennyi idő fordítódik a magánhangzó ejtésére, ami közvetetten arra is utalhat, hogy a hosszabb realizáció nem feltétlenül jelenti az artikulációs cél pontosabb elérését vagy következetesebb ejtémódot. Ezt támasztja alá az az eredmény is, hogy a 11;5 éves fiú és a 12;10 éves lány nyelvhelyzetének variabilitása hasonló átlagot és szórást mutatott, ugyanakkor a magánhangzók időbeli megvalósulása jelentősen eltért egymástól.

Végül, elemeztük az eltérő képzéshelyű mássalhangzók koartikulációs hatását a magánhangzókra, mégpedig az ajakhangok és a nyelv által képzett akadállyal létrehozott mássalhangzók összevetésében. A szakirodalom alapján azt feltételeztük, hogy az ajakhangok (*p, f*) környezetében kisebb a magánhangzók ejtési variabilitása, amelyet a jelen kísérletben a legközelebbi szomszéd távolsága paraméterrel számszerűsítettünk, mint a lingvális mássalhangzók között. Általánosságban a hipotézist megerősítették az eredmények, ugyanakkor az egyének között itt is számottevő variancia mutatkozott. A kísérleti személyek felének adatai a lingvális mássalhangzók környezetében mutattak nagyobb magánhangzó-ejtésbeli varianciát, a többiekénél azonban éppen az ajakhangok mellett.

A kísérleti adatok általános tendenciaként megerősítették azt a szakirodalmi állítást, hogy az életkor előrehaladtával az ejtési variabilitás csökken, ugyanakkor arra is felhívták a figyelmet, hogy az egyéni különbségek jelentősek lehetnek ebben. Az is világos az adatok alapján, hogy a gyermekek esetében a nyelvkontúrbeli variabilitás nem függ össze az időtartambeli variabilitással. Felvetődik, hogy értelmes szavak, mondatok mint nyelvi ingerek alkalmazása hogyan befolyásolná az itt látott egyének közötti és egyénen belüli eltérések mintázatát, azaz hogy vajon az itt kapott adatok mekkora részben következnek a kísérletben használt nyelvi ingerek laboratóriumi jellegéből. A kísérletben jelentés nélküli álszavak felolvasását kértük a résztvevőktől, akik különbözőképpen reagáltak a feladatra. Változó mértékben érvényesítettek a laborhelyzetben extrém időtartamokat, aminek oka vélhetően a túlartikulálás szándéka lehetett – ez a szerzők auditív megítélése alapján különösen a 12;10 éves lány és a felnőtt kísérleti személy esetében jelentkezett. A 7;5 éves lány első felolvasásának időtartamértékeit valószínűleg nem annyira a rá jellemző lassú artikulációs tempó, hanem inkább a feladat jellege befolyásolta, ő még gyakorlatlanabb olvasó, és kevésbé szokott a képernyőről olvasáshoz.

Az adatokból látszik, hogy ahogyan megszokta a feladatot, a második bemondásánál már jelentősen rövidebben realizálta a magánhangzókat, illetve az időtartamok szórása is jóval kisebb lett (6. ábra).

A kísérletet előtanulmánynak tekinthetjük, amelyből a kevés résztvevő miatt megszemélt következtetések nem vonhatók le, ugyanakkor felhívják a figyelmet arra, hogy a szakirodalom megállapításait az egyéni variancia jelentősen árnyalhatja. A résztvevők számának növelésével, valamint a beszélőkkel bizonyos idő elteltével ismételt elkészülő felvételek összehasonlításával (azaz a kutatás longitudinálisra bővítésével) árnyaltabb válaszokat kaphatunk a kérdéseinkre. Ugyanakkor meg kell jegyeznünk azt is, hogy az artikulációs vizsgálatok esetében a résztvevők és a felvételek számának növelése is jelentős energia- és időbefektetéssel jár – mivel ezek több időt vesznek igénybe, eszközigényük is más jellegű, és többértéű szakértelmet, ennek megfelelően más jellegű kutatási asszisztenciát kívánnak meg, mint a már megszokott és rutinosan alkalmazott akusztikai elemzések. A felnőtt beszélők részvételével készülő artikulációs kutatásokra sem jellemző, hogy jelentékeny számú kísérleti személy bevonásával készülnek, pontosabban az 5-nél nagyobb adatközlőszám ezeknél a kísérleteknél már jelentősnek számít. Végül, nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt sem, hogy a beszélők anatómiai eltérései miatt az artikulációs adatok kezelésében is erőteljes szerep jut az egyéni variabilitásnak. Kutatások megerősítik, hogy a variabilitás egyéni tendencia: aki egy adott magánhangzó ejtésében nagyobb variabilitást mutat, mint mások, az a többi magánhangzó ejtését is változatosabban valósítja meg, és fordítva (vö. WHALEN et al. 2018). Éppen ezért az adatok szempontjából annak is jelentősége van, hogy az aktuális kísérletben részt vevők éppen a változatosabb ejtémintázatokat mutató beszélők közül kerültek-e ki.

Fontos tanulság az is, hogy az akusztikai alapú megállapítások nem szükségszerűen támaszthatók alá artikulációs adatokkal, hiszen az artikuláció és az akusztikum nem feleltethető meg egymásnak egy az egyben, és egy-egy akusztikai paramétert több képzőszerv együttes mozgása hozhat létre, illetve befolyásolhat. Gondoljunk például a jelen kísérletben a nyelvállásfokra, amelyet az első formáns mérésével szokás megragadni akusztikai szempontból, de amelynek a létrehozásában artikulációsan szerepet játszik például az alsó állkapocs is. Emellett egy adott beszédparaméter létrehozásakor az artikulációban nagyobb variabilitást mérhetünk, mint az akusztikai szerkezetben. Egy friss tanulmány szerint (WHALEN et al. 2018) általánosságban az alsóbb nyelvállású magánhangzók mind artikulációs, mind akusztikai szempontból variábilisabbak, mint a felsőbb nyelvállásúak, ugyanakkor a két mérési módszer szerint (9 amerikai angol magánhangzóra) kapott variabilitási sorrend nem egyezett meg. Így önmagában az a tény, hogy az akusztikai mérések alapján megfogalmazott feltételezést (amely szerint az alsóbb nyelvállású magánhangzók variábilisabbak lehetnek) nem támasztották alá a nyelvkontúroknak a távolságából származó adataink, nem gyengíti a korábbi szakirodalmi megállapítás erejét. Mindössze arról van szó, hogy az akusztikai kimenetre nem pusztán a nyelvkontúrként meghatározható artikulációs összetevő van hatással.

## IRODALOM

- ASHBY, Patricia 2011. *Understanding phonetics*. Hodder Education, London.
- AUSZMANN Anita 2018. *Magyar gyermekek magánhangzóinak akusztikai-fonetikai jellemzői*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- BOERSMA, Paul – WEENINK, David 2018. *Praat: doing phonetics by computer* [Computer program]. Version 6.0.43, <http://www.praat.org/> (Letöltés ideje: 2018. 06.06.)
- BÓNA Judit – IMRE Angéla 2010. A rövid/hosszú magánhangzók óvodás és kisiskolás gyermekek beszédprodukcójában. In NAVRACSICS Judit (szerk.): *Nyelv – beszéd – írás*. Pszicholingvisztikai tanulmányok I. Tinta Kiadó, Budapest. 49–56.
- BÓNA Judit – IMRE Angéla – MARKÓ Alexandra – VÁRADI Viola – GÓSY Mária 2014. GABI – Gyermeknyelvi beszédAdatBázis és Információtár. *Beszédkutatás 2014*. 246–251.
- BUNTA, Ferenc – NEUBERGER, Tilda – BÓNA, Judit – MARKÓ, Alexandra – JORDANIDSZ, Ágnes 2018. The production of selected phonemically short versus long Hungarian vowel pairs by 5-, 6-, and 7-year-olds. In BABATSOULI, Elena – INGRAM, David (eds): *Phonology in proto-language and interlanguage*. Equinox Publishing, London. 139–161.
- CSAPÓ Tamás Gábor – CSOPOR Dávid 2015. Ultrahangos nyelvkontúrkövetés automatikusan: a mély neuronhálón alapuló AutoTrace eljárás vizsgálata. *Beszédkutatás 2015*. 177–187.
- CSAPÓ Tamás Gábor – DEME Andrea – GRÁCZKI Tekla Etelka – MARKÓ Alexandra – VARJASI Gergely 2017. Szinkronizált beszéd- és nyelvultrahang-felvételek a SonoSpeech rendszerrel. In VINCZE Veronika (szerk.): *XIII. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia (MSZNY2017)*. 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 2011. Egy nyolcéves gyermek énekelt és beszélt magánhangzóinak akusztikai jellemzői. Esettanulmány. *Alkalmazott Nyelvtudomány* 11/1–2. 169–188.
- 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.
- DONEGAN, Patricia 2002. Normal vowel development. In BALL, Martin J. – GIBBON, Fiona (eds): *Vowel disorders*. Butterworth–Heinemann, Boston. 1–35.
- 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.
- FIELD, Andy – MILES, Jeremy – FIELD, Zoe 2012. *Discovering statistics using R*. Sage, Los Angeles – London – New Delhi – Singapore – Washington DC.
- 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.
- GIBBON, Fiona – NICOLAIDIS, Katerina 1999. Palatography. In HARDCASTLE, William J. – HEWLETT, Nigel (eds): *Coarticulation. Theory, data and techniques*. Cambridge University Press, Cambridge. 229–245.



- 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 1981. A beszédhang kialakulás a gyermeknyelvben. I. *Magyar Fonetikai Füzetek* 7. 67–97.
- GYARMATHY Dorottya – NEUBERGER Tilda 2015. Egy hiánypótló adatbázis: TiniBEA. *Beszéd-kutatás* 2015. 209–222.
- KOHÁRI Anna 2018. *Időzítési mintázatok a magyar beszédben*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- KREPSZ Valéria 2018. *Akusztikai-fonetikai jellemzők a spontán beszéd elsajátításában*. PhD-értekezés. ELTE, Budapest.
- LEE, Sue Ann S. – DAVIS, Barbara – MACNEILAGE, Peter 2010. Universal production patterns and ambient language influences in babbling: A cross-linguistic study of Korean- and English-learning infants. *Journal of Child Language* 37/2. 293–318.
- MARKÓ Alexandra – CSAPÓ Tamás Gábor – DEME Andrea – GRÁCZI Tekla Etelka – VARJASI Gergely 2017. A gyermeki artikuláció vizsgálata. Új lehetőségek a hazai kutatásban. In BÓNA Judit (szerk.): *Új utak a gyermeknyelvi kutatásokban*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 65–95.
- MARKÓ Alexandra – BARTÓK Márton – GRÁCZI Tekla Etelka – DEME Andrea – CSAPÓ Tamás Gábor 2018. Mondathangsúlyos és hangsúlytalan helyzetű magánhangzók néhány artikulációs és akusztikai jellemzője a magyarban. *Beszéd-kutatás* 2018. 85–109.
- 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.
- 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* 39/2. 379–389.
- OLASZY Gábor 2010. A beszédképzés folyamata. In NÉMETH Géza – OLASZY Gábor (szerk.): *A magyar beszéd. Beszédkutatás, beszédtechnológia, beszédinformációs rendszerek*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 19–26.
- REDFORD, Melissa A. 2015. The acquisition of temporal patterns. In REDFORD, Melissa A. (ed.): *The handbook of speech production*. Wiley Blackwell, Chichester. 379–403.
- SCOBIE, 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> (Letöltés ideje: 2017. augusztus 21.)
- SEIKEL, J. Anthony – KING, Douglas W. – DRUMRIGHT, David G. 2010. *Anatomy & physiology for speech, language and hearing*. Fourth edition. Cengage Learning, Delmar.
- SMITH, Anne 2010. Development of neural control of orofacial movements for speech. In HARDCASTLE, William J. – LAVER, John – GIBBON, Fiona E. (eds): *The handbook of phonetic sciences*. Second edition. Wiley–Blackwell, Oxford. 251–296.

- STEVENS, Kenneth N. 1998. *Acoustic phonetics*. The MIT Press, Cambridge, MA – 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.
- 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.
- 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. 1510–1545.
- WHALEN, D. H. – CHEN, Wei-Rong – TIEDE, Mark K. – NAM, Hosung 2018. Variability of articulator positions and formants across nine English vowels. *Journal of Phonetics* 68. 1–14.
- WRENCH, Alan 2013. *Ultrasound speech analysis: State of the art*. Előadás az Ultrafest VI konferencián. [http://materials.articulateinstruments.com/Technical/State\\_of\\_Art.ppt](http://materials.articulateinstruments.com/Technical/State_of_Art.ppt). (Letöltés ideje: 2017. január 5.)
- 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 – HARDCASTLE, William J. 2011. Coarticulation as an indicator of speech motor control development in children: An ultrasound study. *Motor Control* 15/1. 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.