

A mondathangsúly hatása a magánhangzók megvalósulásának változatosságára

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

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Alkalmazott Nyelvészeti és Fonetikai Tanszék

² MTA-ELTE „Lendület” Lingvális Artikuláció Kutatócsoport

³ MTA Nyelvtudományi Intézet

⁴ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

In the present study we analyzed vowel variation induced by carryover V-to-V coarticulation under the effect of pitch-accent as a function of vowel quality. We tested if /i/ (a vowel located in a more crowded region of the vowel space) is more resistant to coarticulation than /u/ (a vowel located in a sparser region of the vowel space), and if both vowels show increased coarticulatory resistance in pitch-accented syllables. We analyzed parallel acoustic and articulatory data in 9 speakers of Hungarian, and in real words. The results showed that accent clearly exerted an effect on the phonetic realization of vowels, but the effect we found was dependent on both the vowel quality, and the domain (articulation/acoustics) at hand. Observation of the patterns we found in parallel acoustic and articulatory data also warrants for reconsideration of the term ‘coarticulatory resistance’, and how it should be conceptualized.

Keywords: acoustic variability, articulatory variability, coarticulatory resistance, electromagnetic articulography, prominence, prosodic strengthening

Kulcsszavak: akusztikai variabilitás, artikulációs variabilitás, koartikulációs rezisztencia, elektromágneses artikulográfia, prominencia, prozódiai erősítés

1. Bevezetés

1.1 Háttér

A hangjelölő írásrendszerek és az idealizált beszédhangméretű egységeket, fonémákat feltételező nyelvi reprezentációs modellek egyöntetűen azt a benyomást keltik, hogy az egyes nyelvek hangzása viszonylag kisszámú, beszédhang méretű egységgel (mássalhangzóval és magánhangzóval) leírható. (Szemléltetésül lásd pl. UCLA Phonological Segment Inventory Database – UPSID – adatbázis adatai, ahol a leírt 317 nyelv hangkészletének mérettartománya 11 és 141 között van, a készletek számosságának középértéke pedig 38, azaz az itt leírt nyelvek

Nyelvtudományi Közlemények 115: 199–232.

DOI: 10.15776/NyK/2019.115.7

átlagosan mindössze 38 nyelvileg kontrasztív szegmentumot tartalmaznak, Maddieson 1984).¹ A beszéd fizikai vagy fonetikai megvalósítását előtérbe helyező, empirikus megközelítésben azonban alapvető tapasztalat az, hogy az egyazon fonémakategóriába sorolt beszédhangok a folyamatos, összefüggő beszédben nagyon változatosan valósulnak meg. Ez a változatosság számos tényező következménye, hatással lehet rá a beszélő személye (értve ez alatt az egyén beszéd-sajátosságait és anatómiai jellegzetességeit), a beszédhelyzet (pl. a beszéd formalitásának foka, a beszélgetőpartner, a környezeti zaj), a beszéd sebessége, és mindezen hatások között kiemelt jelentősége van az egymás után ejtett beszédhangok egymásra hatásának, azaz a koartikulációnak.

Abban az elméleti keretben, amelyben a beszédet beszédhangok sorozataként értelmezzük, a koartikulációt általánosan a beszédhangok egymásra hatásaként szokás meghatározni (vö. pl. Gósy 2014). Még közelebbről (és kicsit általánosabban) pedig azt mondhatjuk, hogy a koartikuláció az egymás után ejtett beszédhangok létrehozásához szükséges artikulációs mozdulatok, illetve az e mozdulatok kivitelezését irányító motoros parancsok időbeli és térbeli átfedése (Farnetani–Recasens 2010). A jelen tanulmány szempontjából már itt kiemelten fontos hangsúlyoznunk, hogy ez az „átfedés” nem korlátozódik az egymással közvetlenül szomszédos szegmentumokra, azaz a beszédhangok nem csak a velük szomszédos beszédhangokra hatnak a koartikuláción keresztül – erről a későbbiekben még részletesebben is szólnunk. Az egyszerűség kedvéért azonban itt triviálisabb esetek segítségével, egymással szomszédos magán- és mássalhangzók egymásra hatásában szemléltetjük a fogalmat, és a több szegmentumon is átívelő jelenségekre példát is a későbbiekben adunk. Egymással szomszédos beszédhangok koartikulációját szemlélteti például a *fúj* és *fél* hangsor, melyekben a követő magánhangzó függvényében részben eltérő szókezdő *f* mássalhangzót ejtünk. Ennek az az oka, hogy az ajakműködés a *f* ejtése közben (részben gazdaságossági okokból) anticipál(hat)ja a követő magánhangzó ejtéséhez szükséges konfigurációt, és így a *fúj* hangsor esetében kerekített(ebb) lehet az egyébként ajakműködésre – a magyarban legalábbis – nem specifikált *f*. Ám ezek a szegmentumon túlnyúló artikulációs mozzanatok nem csak a hangzó ejtésére való felkészüléssel függhetnek össze, azaz nem csak megelőzhetik azt („belecsúszva” a megelőző beszédhangba, amely beszédhangot például az akusztikai szerkezet alapján határoltunk el a követő hangtól), hanem „vissza is maradhatnak” a követő szegmentumban. Így például a *nő* hangsor *ő* eleme részben vagy egészben nazalizálódhat annak következtében, hogy a légyszájpad nem záródik be egyidejűleg az *n* orális zárjának megszüntetésével, és a nazális üreg részt vesz a toldalékcső rezonátortevékenységében a magánhangzó részleges vagy teljes időtartamában. A fentieknek megfelelően rendre megkülönböztetünk 1. jobbról balra ható, hátrafelé ható vagy anticipációs (*anticipatory*) koartikulációt (a *fúj*

¹ Vö. még <http://web.phonetik.uni-frankfurt.de/upsid.html>

szó példája), illetve 2. balról jobbra ható, előrefelé ható vagy perszeveratív (*perseverative/perseveratory/carryover*) koartikulációt (a *nő* szó példája) (vö. pl. Kühnert–Nolan 2010: 30). A koartikuláció következtében tehát az egyes beszédhangok ejtése a velük (közvetlenül vagy nem közvetlenül) szomszédos beszédhangoktól függően más és más lesz (vagy lehet), másként megfogalmazva az egyes beszédhangok nem egyféleképpen realizálódnak a folyamatos beszédben, hanem valamekkora mértékű variációval. Még az egyes beszélőkön és egyes beszédhang-kategóriákon belül sem állandó azonban ennek a kontextuális variáciának a mértéke, azaz a beszédhangoknak a koartikulációs hatásokkal szembeni rezisztenciája vagy ellenállása.

Kísérletek tanulsága szerint a beszédhangok koartikulációs rezisztenciájára, azaz az adott beszédhang ejtésében a fonetikai kontextus (elsősorban a hangkörnyezet) következtében fellépő változatosság, a „koartikulációs redukció”² (vö. Cho 2004: 144) mértékére számos fonetikai-nyelvi feltétel hatással van. Ezek a hatások növelhetik vagy csökkenthetik a beszédhangok ellenállását, így azok inkább vagy kevésbé lesznek hajlamosak a koartikuláció okán megváltozni artikulációs-akusztikai szerkezetükben (tehát invariánsabbá vagy variábilisabbá válnak a hangkörnyezetek között) (vö. Farnetani–Recasens 2010). A következőkben e faktorokról lesz szó, de ezek közül csak azokról, amelyek a jelen vizsgálat szempontjából kiemelt jelentőséggel bírnak. Ezek azok a tényezők, amelyek a magánhangzókban tapasztalható varianciára hatnak, és kiemelten a magánhangzók közötti, a köztes mássalhangzón átívelő (röviden V-V) koartikulációban, mely a jelen kísérlet tárgyát is képezi. Előbb tehát rövid kitérőt teszünk e jelenségkör magyarozatára.

Amint arra fentebb már tettünk utalást, a beszédhangok(at létrehozó artikulációs gesztusok) nem csak egymás szomszédságában, de akár több hangon keresztül is hatással lehetnek egymásra. Ezek között a folyamatok között pedig kiemeltnek látszik (és talán a legtöbbet kutatott) a V-V koartikuláció. (A rövidítésben a magánhangzókat reprezentáló V-k közötti kötőjel arra emlékeztet, hogy ezekben az esetekben nem egymással közvetlenül szomszédos beszédhangok egymásra hatásáról van szó.) Öhman (1966) mára klasszikussá vált művében svéd, amerikai és orosz beszélők bemondásainak akusztikai elemzésén keresztül bemutatta, hogy a magánhangzók a közbeeső mássalhangzókon keresztül is befolyásolják egymás ejtését magánhangzó-mássalhangzó-magánhangzó (VCV)-szerkezetű hangsorokban. Ezen eredmények alapján a szerző azt a sokat idézett következtetést fogalmazta meg, hogy az ilyen szerkezetű szekvenciákban a magánhangzókat valójában egyetlen diftongusos artikulációs gesztussal hozzuk létre, melyre a (szájüregi) mássalhangzós cél „pusztán” ráakódik (szuperponálódik).

² Az eredeti angol szövegekből idézett szövegrészleteket a jelen tanulmány első szerzőjének magyar fordításában közöljük.

A jelen kísérletünk is erre a folyamatra, a magánhangzókra a köztes más-salhangzón keresztül érvényesülő egymásra hatására, azaz a V-V koartikulációra koncentrált, és ezen keresztül vizsgálja a magánhangzókban fellépő változatosságot. Egyrészt azért, mert a V-V koartikuláció és annak (redukciós) hatása az egymással szomszédos beszédhangok egymásra hatásánál valamivel kevesebbet vizsgált, kevésbé behatóan ismert kérdés. Másrészt pedig azért, mert az így módon a magánhangzókban létrejött varianciával kapcsolatban párhuzamos akusztikai és artikulációs elemzések jelenleg még egyáltalán nem állnak rendelkezésre.

Mint említettük, a magánhangzókban a kontextus, és kifejezetten a V-V koartikuláció eredményeként megjelenő változatosságra több tényező is hatással lehet. Kísérletek tanulságai szerint ilyen tényező az „erős prozódiai pozíció” (vö. pl. Cho 2004), mely az artikulációs gesztusoknak a „prozódiai erősítését” (vö. pl. Cho 2005, Lehnert-LeHouillier et al. 2010, Cho et al. 2014), illetve prozódia-ilag kondicionált erősítését okozza. Az „erősítés” ebben az esetben Cho (2004) magyarázatával élve a következőképp értendő: „az erősítés fogalma itt úgy értelmezhető mint növekmény az artikulációs gesztusok téri-időbeli megvalósításában, pl. extrémebb és hosszabb szűkület kialakítása a mássalhangzókban, illetve teljesen megvalósult és hosszabb ideig fennálló artikulációs cél a magánhangzókban” (Cho 2004: 142). Az említett prozódiailag erős helyzet pedig többek között például a hangsúly megjelenése lehet a magánhangzót tartalmazó szótagon.

Fowler (1981) 5 beszélő magánhangzóit elemezte akusztikai és perцепciós szempontból $V_1CV_2CV_3$ hangsorokban úgy, hogy az első és az utolsó magánhangzó minőségét variálta (ez lehetett /i/, /a/ vagy /u/), míg a középső V_2 minősége változatlanul /ʌ/ volt minden hangsorban, és vagy a „két szélső” (Fowler 1981: 129) (bár inkább feltehetően a két szélső magánhangzó valamelyike), vagy pedig a középső magánhangzó viselt szóhangsúlyt. (A vizsgált szavak feltehetőleg álszavak lehetettek, bár a tanulmány ebben a kérdésben nem explicit: nyíltan nem említi, a hangsúlymintázatokat pedig valódi szavakon illusztrálja.) A koartikuláció hatását Fowler (1981) a középső hangon mérte. A kísérlet produkciós részének eredményei szerint – a várakozásoknak megfelelően – a hangsúlytalan /ʌ/-ra a hangsúlyos környező magánhangzók nagyobb hatást gyakoroltak (különösen a balról jobbra, másként előrefelé ható koartikuláció irányában), mint a hangsúlyos /ʌ/-ra a hangsúlytalan szomszédjai. Nagyrészt ezek alapján lett gyakorolt a hivatkozott tudományos tényre a szakirodalomban az az állítás, hogy a hangsúlyos szótagi magánhangzók ellenállóbbak/rezisztensebbek a koartikulációval szemben, és kisebb mértékű változatosságot (koartikulációs redukciót) mutatnak a hangkörnyezet hatására – bár ezek az eredmények, hangsúlyozzuk, csak az akusztikumot érintették.

Több mint két évtizeddel később született meg az első olyan tanulmány, amely a hangsúly fentebb tárgyalt hatását a beszéd artikulációs vetületében is megvizsgálta. Cho (2004) 6 amerikai angol beszélő ejtésében elemezte az /i/ és

/a/ magánhangzók változatosságát (és még néhány további jellemzőjét) a V-V koartikulációban, de nem a szóhangsúly, hanem a dallamhangsúly (vagy mondathangsúly), valamint a frázishatár, azaz magasabb nyelvi elemzési szintekhez kötődő prozódiai jellemzők variálódása mellett (a frázishatárokhöz kötődően frázisvégi és fráziskezdő helyzeteket elemezt, melyekről egyaránt okkal feltételezhető az „erősítő” funkció). A kísérletben CV_1CV_2 hangsorok szerepeltek (ahol $C = /b/$), az adatokat a szerző az elektromágneses artikulográfia (röviden EMA, lásd később, a módszertani fejezetünkben) módszerével nyerte, és a szenzorok közül a nyelvre az EMA-val elérhetően maximálisan hátulra helyezett két (lényegében nyelvháti, vagy elülső-középső nyelvháti) érzékelő helyzetét elemezte, a kettőt átlagolva. A magánhangzókban adatként a további elemek felé elhelyezkedő hanghatáron, valamint az első magánhangzó időtartamának $\frac{3}{4}$ -énél és a második magánhangzó időtartamának $\frac{1}{4}$ -énél lévő időpillanatban kinyert szenzorpozíció szolgált (a hanghatárokat a hangszínek alapján állapítottuk meg). Cho (2004) kétféle adatot származtatott és vetett össze koartikuláló, azaz aszimmetrikus ($V_1 \neq V_2$) és nem koartikuláló, vagyis szimmetrikus ($V_1' = V_2$) helyzetekben. Egyfelől kiszámolta a kétféle helyzetbeli V_1 célmagánhangzók térbeli különbségeit ($V_1 - V_1'$, az ún. paradigmatis koartikuláció elemzésére, mely a lexikai-fonológiai kontrasztot képezi le), ezt „távolság”-nak nevezte, másfelől pedig kiszámolta a koartikulációs helyzetben álló magánhangzók térbeli különbségeit ($V_1 - V_2$) (az ún. szintagmatis koartikuláció elemzésére, mely a beszédhang és a szomszédos hangok közti, azaz a strukturális kontrasztot képezi le), melyet „reciprok koartikulációs hatás”-nak nevezett. (Ez utóbbi mérőszám értelem szerűen érzéketlen a koartikuláció irányára és a hatást keltő és elszenvedő résztvevők között sem tud különbséget tenni, a hangsorozatot jellemzi.)

Cho (2004) eredményei – számos további mellett – azt mutatták, hogy a balról jobbra ható koartikuláció hatását részben befolyásolta a mondathangsúly és a magánhangzó minősége a következőképpen. A nyelv függőleges irányú kitérésében (y koordináta) a kontroll és koartikulált /a/ magánhangzók eltértek egymástól, de sem az /a/ a vízszintes tengelyen (x koordináta), sem pedig az /i/ bármely dimenzióban nem mutatott jelentős különbséget a kondíciók között (bár az elemzés a magánhangzó főhatását nem mutatta ki, a csoportokon végzett összevetés kihozta ezt a magánhangzók közti eltérést). Mindezeket a szerző a „koartikulációs redukció hipotézisének” (vö. Cho 2004) megerősítéseként értelmezte, azaz bizonyítékként arra, hogy a hangsúlytalan szótagi magánhangzók a koartikuláció miatt jobban redukálódnak, illetve jobban koartikulálódnak a mássalhangzón túli magánhangzóval, elsősorban a függőleges nyelvhelyzet mentén – míg a magánhangzó-minőség hatása a vizsgálatban nem volt világosan interpretálható.

Cho (2004) artikulációs eredményei tehát konceptuálisan megerősítették a korábban az akusztikai szerkezetre találtakat (vö. Fowler 1981), bár más hangso-

rokban, más elemzési módszerekkel, és más résztvevőszámmal készültek az összetartó eredményeket hozó kísérletek. A két produkciós vetület párhuzamos, összemérhető elemzése azonban hiányzik (és az eltérő módszertanok miatt a korábbi vizsgálatok adatai ilyen módon nem is „olvashatók össze”), így nem tudjuk például megállapítani azt, hogy hogyan viszonyul egymáshoz az artikulációs és akusztikai variancia jellegében és volumenében. Bár úgy tűnhet, a kérdésre egyszerű választ adni, hiszen az akusztikum és az artikuláció számos ponton szoros összefüggést mutat (vö. pl. a toldalékcsovi rezonanciák vagy másként formánsok és a nyelv vízszintes és függőleges dimenzióbeli elmozdulása), a két vetület közti „egy az egybeni” megfeleltetést – számos okból kifolyólag – nem tehetjük meg.

Az egyik ok, ami miatt a csak az akusztikai vagy csak az artikulációs szerkezetre fókuszáló vizsgálatok eredményei alapján nem következtethetünk a másik, nem vizsgált doménre, a beszéd kvantális természetének közismert tényében keresendő. Ez egyszerűen megragadva azt az összefüggést jelenti, hogy egy változás (és annak volumene) a beszéd egyik vetületében nem determinálja a változást (vagy annak volumenét) a másikban, mert a paraméterek között nem lineáris, hanem inkább szigmoid, vagyis S-görbével leírható a kapcsolat (Stevens 1989). A szigmoid görbe egy laposabb, egy meredekebb majd ismét egy laposabb részből áll, ami az itt említettekre értelmezve azt az összefüggést képezi le, hogy valamely artikulációs paraméter adott mértékű változása az azt számszerűsítő skála alsóbb és felsőbb régióiban gyakorlatilag nem vagy alig okoz változást egy megfelelő akusztikai paraméterben, míg a középső, „érzékenyebb” régióban ugyanezen artikulációs változás jóval nagyobb akusztikai eltérést okoz.

A másik ok pedig az, hogy tudomásunk van olyan egészen friss eredményekről is, amelyek a két vetületből származó, párhuzamos adatok közvetlen összevetéséből származnak, és hívják fel a figyelmet arra, hogy a két vetületben tapasztalható tendenciák nagy valószínűséggel eltérnek. Whalen és munkatársainak (2018) kutatását az a korábban széles körben elterjedt vélekedés motiválta, amely szerint az akusztikai variabilitás minden esetben kisebb, mint az artikulációs. Ám ezt az állítást a szakirodalom egy olyan kísérlet eredményeire építette, melyben az akusztikai vetületet valójában nem elemezték a szerzők, csak az artikulációs működéseket, és az előbbire az utóbbiban tapasztaltakból következtettek csupán (Johnson et al. 1993, idézi Whalen et al. 2018). A kérdés jelentőségét – többek között – az is adja, hogy a változatosság mértékének eltérése a két produkciós vetület között alapvetően meghatározó a beszédlétrehozással kapcsolatos elméleteinkre nézve. Ha ugyanis valóban az akusztikai kimenet stabilabb (az artikulációshoz képest), akkor az is valószínű, hogy a beszélő produkciós céljai is (kizárólag vagy elsődlegesen) a beszéd akusztikai vetületére vonatkoznának. Erre az idézett kísérlet eredményeinek rövid ismertetése után még valamivel bővebben is visszatérünk.

Whalen és munkatársai (2018) az EMA-hoz hasonló, röntgensugár-alapú, pontszerű méréseket végző technikával (X-Ray Microbeam, XRMB) nyert adatokon 37 amerikai angol beszélő 9. előfordulását tekintve a fonetikai kontextusra nem kontrollált magánhangzójának esetében elemezték az akusztikai és artikulációs változatosság összefüggéseit. Eredményeik azt mutatták, hogy az összes magánhangzót figyelembe véve mindössze a beszélők felének esetében volt nagyobb az artikulációs variabilitás az akusztikainál (a beszélők másik fele éppen ellentétes tendenciát mutatott), azaz a két vetületben tapasztalt variancia nagyon hasonlóan alakult. Emellett pedig a csak nem nyílt (tehát zárt, félig zárt vagy félig nyílt), elől képzett (és így az XRMB-vel talán valamivel megbízhatóbban elemezhető) /ε, ɪ, i/ esetében azt találták, hogy ezekben a hangokban majdnem mindegyik beszélőnél az artikulációs variancia volt kisebb az akusztikainál, tehát – szemben a korábbi vélekedéssel – jellemzően az akusztikum bizonyult változatosabbnak.

Az itt idézett vizsgálatnak az egyik tanulsága az, hogy a beszéd artikulációs és akusztikai vetületében tapasztalható változatosság párhuzamos vizsgálata okvetlenül informatív, mi több, egyenesen szükséges is akkor, ha teljesebb képet kívánunk kapni a produkciós működésekről. Az eredmények megerősítették azt az állítást, mely szerint pusztán az egyik vetület vizsgálatából nem vonhatunk le következtetéseket a másikra nézve.

Az eredményekből származó másik fontos következtetés pedig, mint már említettük, a beszédlétrehozással és -feldolgozással kapcsolatos elméleteket és ezzel összefüggésben a fonológia és fonetika közti kapcsolatról alkotott elgondolásokat érinti. Ha ugyanis az akusztikai variabilitás kisebb, mint az artikulációs, az azt a feltételezést erősíti, mely szerint a beszéd építőkövei, illetve fonológiai egységei is az akusztikai kimenetben keresendők. Ilyen elmélet köthető például Stevens (2002) nevéhez is, aki programadó tanulmányában az akusztikai jelben azonosítható landmarkokat és azokhoz kapcsolható disztinktív jegyeket feltételezett. Ha viszont az artikulációs változatosság kisebb az akusztikainál, az némiképp kétségbe vonja ezt az elképzelést, és nagyobb teret enged olyan elméleteknek, amelyek szerint az alapegységek az artikulációban (vagy a két vetületben valamilyen módon együttesen) érhetőek tetten. Ilyen elmélet például az Artikulációs Fonológia, amely szerint a beszéd artikulációs gesztusok sorozata, és a hallgató is ezeket a gesztusokat azonosítja a feldolgozás során (Browman–Goldstein 1986). Whalen és munkatársai (2018) eredményeikkel tehát valamelyest megin-gatják azt a feltételezést, hogy a beszélő produkciós céljait biztosan az akusztikai szerkezetben kell keresnünk, valamint arra is intenek, hogy a produkció mindkét vetületét egyformán fontos és információt közvetítő médiumnak tekintsük a beszéd elemzése során. Ezzel összefüggésben a jelen tanulmányban bemutatásra kerülő párhuzamos vizsgálatnak már csak azért is létjogosultsága van, mert egy

eddig nem vizsgált nyelvben és jól kontrollált fonetikai helyzetekben teszteli újra az akusztikai és artikulációs változatosság különbségeinek kérdését is.

A fentiekre alapozva a jelen tanulmány fő célja a koartikulációs változatosság és a hangsúlyosság összefüggéseinek vizsgálata párhuzamos artikulációs és akusztikai adatokon, de egyúttal célunk az is, hogy hozzájáruljunk a produkció két vetületében tapasztalható változatossággal kapcsolatos diskurzushoz. Ugyanakkor az eddigiek részben már sejtetik azt, hogy a V-V koartikuláció hatását befolyásolhatja a résztvevő magánhangzók minősége. Éppen ezért ez a szempont szintén megjelenik a tanulmányunkban bemutatásra kerülő kísérletben mint kontrollált (illetve szükségszerűen részben mint vizsgált) tényező (hiszen a koartikuláció csak legalább két eltérő magánhangzó-minőség bevonása esetén vizsgálható).

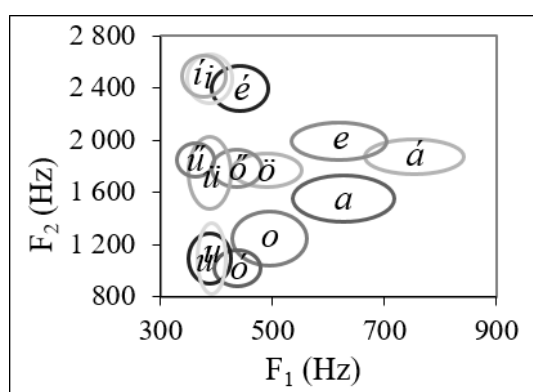
A kísérletünkben a magánhangzó-minőség változó kontrollálásában az elsődlegesen fontos szempont az volt, hogy olyan elemzést végezzünk, amely nyelvek közötti összehasonlításra is módot adhat. Mivel a legszéleskörűbb nyelvközi összevetést szükségszerűen csak az /i/ a /u/ „sarokmagánhangzók” tudják biztosítani, a jelen kísérlet anyagához ezek közül a minőségek közül választottunk kettőt. Tekintettel arra, hogy az /a/ magánhangzó a magyarban (a magyar szten-derdnek tekintett változatában legalábbis) nyelvileg hosszú, illetve ejtési időtartama is nagyobb, mint az /i/ és /u/ hangzóké (melyek az egyező nyelvállásfokukból és nyelvi hosszúságukból következően hasonlóbb időtartamúak), indokoltnak látszott, hogy ezt a magánhangzót kizárjuk az elemzésből. Alapos okunk van feltételezni ugyanis, hogy a hosszabban ejtett magánhangzók pusztán e miatt a tulajdonságuk miatt eltérő mértékben változnak vagy változhatnak meg a koartikuláció hatására, mint a nyelvileg, illetve tartamukban is rövid hangzók. Lindblom (1963) híressé vált kísérlete óta ismeretes, hogy a nagyobb ejtési időtartam nagyobb mértékben teszi lehetővé a magánhangzók produkciós céljának elérését, míg a rövidebb tartam redukciót, célalulmúlást eredményez(het). Ezzel összefüggésben szintén feltehető, hogy a rövid időtartam azt is eredményezheti, hogy a rövid hangzók inkább hajlamosak megváltozni a koartikuláció hatására. Bár az ezt a kérdést érintő kísérletes eredmények az itt vázoltnál valamivel bonyolultabb képet mutatnak, és ebben a formájában nem támasztják alá az előbbiekben megfogalmazott hipotézist (Mok 2011), a nyelvi hosszúság és ejtési tartam tényezőket mégis érdemesnek látszott kontrollálnunk a jelen vizsgálatban, így végül egy két képzési jegyben, a nyelv vízszintes helyzetében és az ajakműködésben eltérő párt, az /i/-t és az /u/-t vontuk be az elemzésbe. A vizsgált párok közötti eltérés abban a tekintetben továbbra sem ideális, hogy nem ragadható meg maradéktalanul egyetlen dimenzió (a nyelv vízszintes helyzetében), erre az eredmények és következtetések tárgyalásánál még visszatérünk. Ez a pár a lehetőségekhez mérten mégis a legkevésbé problémás összevetési lehetőséget adja.

Ahogy már fentebb is írtuk, a magánhangzó-minőség hathat a V-V koartikuláció okozta ejtési változatosságra, de az ehhez kapcsolódó kísérletes eredményekből mi itt most csak azokról szólunk röviden, amelyek a vizsgált két minőséggel, az /i/-vel és /u/-val kapcsolatosak.

Régebbi kísérletek csak szórványosan érintik a magánhangzók varianciájának kérdését a V-V koartikulációban egyetlen nyelv rendszerén belül, a magánhangzó-minőségek függvényében – nem találunk ezt célzó, szisztematikus elemzéseket. Ezzel együtt a rendelkezésre álló adatok látszatra túlnyomórészt azt a tendenciát mutatják, hogy a zártabb vagy felső nyelvállású /i/ és /u/ rezisztensebb a V-V koartikulációval szemben, mint a nyíltabb /a/ (vö. Mok 2011 szakirodalmi áttekintése), miközben azt is sejtetik, hogy az /i/ kiemelkedően ellenálló (vö. Recasens 2010: 57). A rendszerezetten nyert kísérletes eredmények hiánya és az emellett megjelenő, gyakorta inkább spekuláción alapuló érvelések és konklúziók hívták életre az első szisztematikus elemzést: Mok (2011), az akusztikai vetület alapján járult hozzá a magánhangzók varianciájáról szóló ismereteinkhez a V-V koartikulációban, a magánhangzó-minőségek függvényében. Mok (2011) 6 thai beszélő értelmetlen CVCVCV hangsoraiban vizsgálta 6 magánhangzó-minőség viselkedését (ahol C = /p/), köztük az /u/ és /i/ hangokét is. Mérési pontokként a magánhangzók időbeli középpontját, valamint a hangok határát használta – a V-V hatást a minőségek tükrében ez utóbbi segítségével elemezte. Az /i/ és az /u/ Mok eredményei szerint nagyon hasonló és a többi (nyíltabb) magánhangzóhoz képest kisebb mértékű koartikulációs „hajlandóságot” mutatott, azaz ezek a hangok ellenállóbbnak bizonyultak a szomszédos magánhangzók koartikulációs hatásaival szemben. Az adatok fényében Mok (2011) általánosan azt a következtetést vonta le, hogy a koartikulációs rezisztencia a nyíltság függvényben változik úgy, hogy minél nyíltabbak a hangzók, annál kevésbé lesznek rezisztensek.

A fentieket illusztrálja az 1. ábra, amely spontán beszédben előforduló magyar magánhangzók „átlagos” variabilitását mutatja be (Deme et al. 2011). A magánhangzók megvalósulásait itt a két legalacsonyabb frekvenciaértékű toldalékcsovi sajátrezonancia, az F_1 és F_2 formáns által kirajzolt akusztikai térben látjuk, ahol e formánsok és az artikuláció durva megfeleltethetősége miatt a nyíltabb hangzók a jobb oldalon, míg a zártak a bal oldalon találhatóak, ahogyan az elöl képzettek fent, a hátul képzettek pedig lent. (Az említett összefüggések röviden: az F_1 formáns a nyelv függőleges helyzetével, illetve a toldalékcso általános nyitottságának mértékével, az F_2 pedig a nyelv vízszintes helyzetével és az ajakműködéssel függ össze úgy, hogy az alsóbb nyelvállású/nyíltabb hangzók F_1 -értéke magasabb, mint a felsőbb nyelvállásúaké/zártabbaké, míg a hátul képzett, illetve ajakkerekítéses hangzók F_2 -értéke alacsonyabb, mint az elöl képzett, illetve réses hangzóké, vö. Stevens 1998.) Az 1. ábrán minden ovális középpontja a megfelelő adatok átlagát szemlélteti, a két dimenzióban láttatott kiterjedés

pedig két szórásnyi tartományt pozitív és negatív irányban is. Bár az ábrán bemutatott adatokban a magánhangzók változatosságát nem (kizárólag) a V-V koartikuláció hatása okozta, hanem további (pl. a velük közvetlenül szomszédos beszédhangokból származó) koartikulációs hatások, illetve például az eltérő közlésbeli pozícióból is fakadó jellemzők, mégis jól látható, hogy a nyíltabb magánhangzók e szerint az elemzés szerint is elszórtabban, nagyobb „szigeteken” valósultak meg, míg a felső nyelvállásúak jóval kisebbekben. Mok (2011) eredményei tehát lényegében szintén ezt a tendenciát mutatták, de kifejezetten a V-V koartikuláció hatása alatt.



1. ábra: 8 magyar női beszélő magánhangzói spontán beszédben az első két toldalékcsövi rezonancia, azaz formáns által körülhatárolt térben. Az ellipszisek középpontja reprezentálja az adott magánhangzó megfelelő adatainak átlagát, maguk az ellipszisek pedig ± 2 szórásnyi tartományt, mindkét dimenzióban (Deme et al. 2011)

Megjegyezzük itt, hogy Whalen és munkatársainak (2018) az 1. ábrán látható magyar adatokhoz hasonló módon, nem kontrollált nyelvi anyagon nyert (így nem csak a V-V koartikuláció hatását mutató), de nagy mennyiségű párhuzamos akusztikai és artikulációs adatai szintén engednek következtetni az /i/ és /u/ variációjával kapcsolatban. Az említett tanulmányban azt találjuk, hogy a vizsgált /u/-k megvalósulásai a beszéd mindkét vetületében változatosabbak voltak, mint az /i/ realizációi, de mindkét magánhangzóra igaz volt az is, hogy – az összesített tendenciának megfelelően – az artikulációban kevésbé variálódtak, mint az akusztikumban. Mindezek alapján tehát a jelen kísérletben két eltérő várakozást is megfogalmazhatunk: a) az /i/ és az /u/ ejtése hasonló mértékű változatosságot mutat (Mok 2011 alapján), vagy b) az /u/ ejtésében nagyobb változatosságot találunk, mint az /i/-ben (Whalen et al. 2018 nyomán). Nem magától értetődő azonban, hogy a kontrolláltan csak a V-V koartikuláció hatásait mutató adatok más eredményeket adnak-e, mint a koartikulációs szempontból (is) kontrollálat-

lan adatok, ráadásul az itt idézett tanulmányok két eltérő nyelvet vizsgáltak (a jelen kísérlet pedig egy harmadik elemzéséből született), mely tényezőnek szintén lehet hatása a magánhangzók változatosságára. Ezen okokból tehát a két predikció között előzetesen nincs okunk választani.

Végezetül megemlítünk még egy faktort, amely befolyásolhatja a V-V koartikuláció hatásait, amiért is a jelen tanulmányban szintén szabályozott (a kondíciók között állandóan tartott) változóként kezeltük. Ez pedig a VCV szekvenciában közre zárt mássalhangzó minősége. A Daniel Recasens nevéhez köthető artikulációs megszorítás mértékének (degree of articulatory constraint, röviden DAC) elmélete számos CV és VC koartikulációs (azaz egymással szomszédos magán- és mássalhangzók egymásra hatását vizsgáló) kísérletre alapul. Ezeknek az eredményei azt mutatták – és így az elmélet is azt mondja –, hogy annak a mértékét, hogy a magánhangzó mennyire bír hatással lenni a vele szomszédos mássalhangzóra a CV vagy VC koartikuláción keresztül, az határozza meg, hogy a mássalhangzó ejtésében mennyire kötött a nyelvhatár (azaz a magánhangzó fő artikulátorának a) szerepe. Ha ugyanis a nyelvhatárra a mássalhangzó ejtésében „sok feladat hárul” (nagyobb a vele létrehozott zár mérete vagy keskenyebb a vele létrehozott szűkület), a magánhangzó hatása kevésbé érvényesül rajta (vö. pl. Recasens 2015). A nyelvműködési megszorításoktól függő VC koartikulációnak spekulatíván az is a következménye lehet, hogy a nagyobb megszorítással ejtett mássalhangzók a V-V koartikulációs hatást is kevésbé „engedik át” magukon a VCV hangsorban. Egy kísérlet eredményei szerint pedig ez valóban így is van: Recasens (2015) 5 beszélő értelmetlen VCV hangsorainak magánhangzóiban vetett össze különböző „kötöttségű” mássalhangzókat, és erősítette meg a feltételezést.

Következésképpen a V-V koartikuláció hatásainak vizsgálatában a közrezárt mássalhangzó minősége kontrollált vagy vizsgált tényező kell, hogy legyen – mi az előbbi megoldást választottuk. Mivel pedig a V-V koartikuláció hatása fokozható azzal, ha a közbeeső mássalhangzó ejtése csak csekély mértékben (vagy egyáltalán nem) „veszi igénybe” a nyelvhatárt – ahogyan például Mok (2011) fentebb idézett kísérletében a két ajakkal képzett /p/ esetében is – a jelen vizsgálatban az elemzett VCV hangsorba a laringális zöngétlen réshang /h/-t választottuk. A /h/ képzési helye ugyanis a gége, szájüregi artikulációra pedig – elméletben – alulspecifikált, más szóval képzése során – ugyancsak elméletben – egyáltalán nem veszi igénybe a nyelvhatárt, nem „téríti ki” egy mássalhangzós artikulációs cél elérésének érdekében a diftongusos nyelvgesztust (vö. Öhman 1966), tehát maximalizálja a V-V koartikuláció hatásait.

1.2 A jelen kutatás céljai, kérdései, hipotézisei

A jelen tanulmány fő célja a magánhangzókban tapasztalható, a V-V koartikuláció okozta változatosság és a mondatszintű hangsúly összefüggéseinek vizsgálata párhuzamos artikulációs és akusztikai adatokon, valódi szavakban, de a változók körének szűkítése miatt kizárólag a balról jobbra ható, perszeveratív koartikuláció irányában. Ezzel kapcsolatosan a korábbi eredmények alapján azt várjuk, hogy a tartalmazó szótagra kerülő mondathangsúly növeli a magánhangzók koartikulációs rezisztenciáját, azaz csökkenti a realizációk változatosságát. További célunk, hogy hozzájáruljunk a produkció két vetületében tapasztalható változatosság viszonyának kérdéséhez is. Ebben a tekintetben az egyetlen, szűkebb értelemben is releváns korábbi szakirodalmi előzmény (Whalen et al. 2018) eredményeinek reprodukálhatóságát ellenőrizzük szűkebb körű, de jobban kontrollált nyelvi anyagon, és megvizsgáljuk, hogy valóban nem találni-e különbséget az akusztikai és artikulációs variancia között, vagy ha van különbség, az akusztikai változatosság mutatkozik-e nagyobbak. Végezetül összevetjük a felső nyelvvállású /i/ és /u/ ejtésében tapasztalható változatosságot, és megfigyeljük, hogy a két magánhangzó hasonló vagy eltérő mértékű változatosságot mutat-e, továbbá ha ez utóbbi a helyzet, az /i/ bizonyul-e kevésbé variábilisnak, azaz rezisztensebbnek a koartikulációs hatásokkal szemben. Azzal kapcsolatban azonban nem fogalmazunk meg várakozást, hogy a két, a korábbi szakirodalom alapján egyaránt várható kimenetel közül melyik valósul meg.

A jelen tanulmány egy korábban már részben ismertett kísérlet (Deme et al. 2019) adatainak újraelemzése, illetve az elemzés kibővítése és újraértelmezése újabb számítások és szempontok bevonásával.

2. Módszertan

2.1 Kísérleti személyek, anyag

A kísérlethez 10 felnőtt magyar anyanyelvű nő beszédanyagát rögzítettük, ám technikai okokból egy beszélő felvételeit ki kellett zárunk, így végül 9 beszélő adatait elemeztük. A beszélők életkora a felvételt készítéskor átlagosan 28 ± 6 év volt, saját bevallásuk szerint aktuálisan egészségesek és ép hallók voltak, továbbá nem rendelkeztek semmilyen felismert beszédhibával. A kísérlet előtt mind-egyiküket informáltuk a felvételt készítés menetéről, idejéről, a használandó eszközről, adataik anonim kezeléséről, valamint a törvényben foglalt jogaikról szóban és írásban, ami után a résztvevők beleegyező nyilatkozatot írtak alá.

A kísérletben valódi szavakba és mondatokba ágyazott $V_1C_1V_2C_2V_3$ hangsorokat rögzítettünk, ahol V_2 a perszeveratív koartikuláció hatását elszenvedő célmagánhangzó, V_1 a koartikulációt kiváltó trigger magánhangzó, V_3 minden esetben a célmagánhangzóval egyező minőségű magánhangzó (mely így nem gyakorol koartikulációs hatást a célmagánhangzóra), C_1 (a bevezetőben írt okokból)

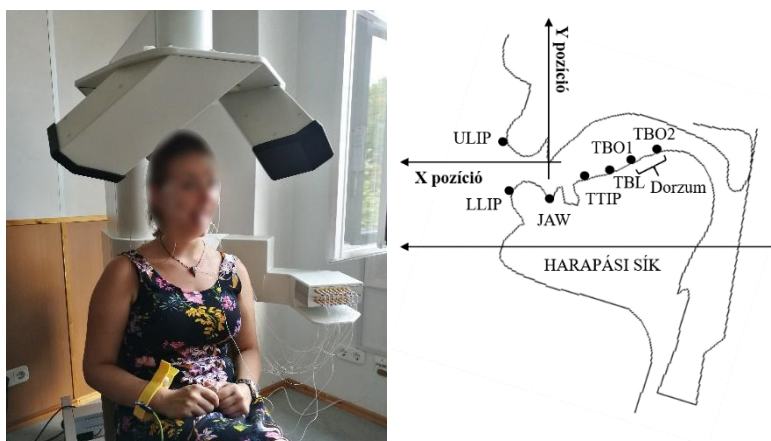
a V-V koartikulációt maximalizálандó minden esetben a zöngétlen /h/ laringális réshang, C₂ pedig egy alveoláris képzésű (de képzésmód tekintetében változó minőségű) mássalhangzó volt. Cél és trigger magánhangzóként az /u/-t és /i/ használtuk, melyekből létrehoztunk koartikuláló, azaz aszimmetrikus (V₁ ≠ V₂, azaz /ihu/C_{alv}/u/ és /uhi/C_{alv}/i/ szerkezetű) és nem koartikuláló, azaz szimmetrikus (V₁ = V₂, azaz /uhu/C_{alv}/u/ and /ihi/C_{alv}/i/ szerkezetű) kondíciókat (a továbbiakban rendre „aszim” és „szim”). A szerkezetnek megfelelő szavakat a Szószablya webkorpusz segítségével válogattuk (Halácsy et al. 2003.) Variáltuk továbbá a mondatszintű hangsúly megjelenésének helyét is, ami minden esetben vagy a V₁, vagy a V₂ magánhangzót tartalmazó szótagra esett. Értelemszerűen az utóbbi esetben a V₂ egyúttal szókezdő szótagban is állt, hiszen a magyarban a hangsúly helye kötött az első szótagon, pl: *Valaki. 'hi.ri.get kelt vs. 'Pi.hi.zik. egyet* (ahol a pontok a szótaghatárokat, a félkövér a célszekvenciát, az aláhúzás pedig a célhangot jelölik). A mondathangsúlyt, amint a példa is mutatja, preverbalis fókusz pozícióval elicitáltuk (illetve egyes esetekben azzal, hogy a célszó önmagában alkotott egyetlen megnyilatkozást), de a kutatói elfogultság elkerülése és a percepció megítélés gyakran tapasztalt bizonytalansága miatt nem ellenőriztük a megvalósult hangsúlyokat, és nem szelektáltuk ez alapján a tokeneket sem. Minden beszélő minden ingert háromszor olvasott fel, így az összesen (2 magánhangzó-minőség × 2 hangsúly-kondíció × 2 kontextus × 9 beszélő × 3 ismétlés ⇒) 216 tokenből a félreolvasott vagy technikai hibát tartalmazó felvételek kizárása után végül 212 token adatait elemeztünk.

2.2 Felvételkedésítés

A felvételek során szinkronizált audio- és nyelvmozgásadatokat rögzítettünk: előbbit egy, a szájzughoz helyezett omnidirekcionális kondenzátormikrofonnal, utóbbit pedig egy Carstens gyártmányú 16 csatornás EMA AG501 rendszerrel, csendesített szobában (az ELTE Fonetikai Tanszékén).

Az EMA az elektromágneses indukció elvén működik, a beszélő feje felett lévő adótekercecsek elektromágneses sugárzást keltenek, amely segítségével a beszélő artikulációs szerveire rögzített érzékelők (tekercecsek) helyzete követhetővé válik (2. ábra, bal oldal). A kísérletben a 2. ábrán, jobb oldalon, baloldali keresztmetszetben bemutatott szenzorok pozícióját rögzítettük, de a jelen vizsgálathoz a nyelv középvonalára helyezett négy szenzor adataiból csak a hátsó kettőt használtuk: a nyelvháttra a beszélő számára viselhetően leghátulra helyezett TBO2 nyelvtesti szenzort, és a kb. 1 cm-rel ez elé helyezett TBO1 nyelvtesti szenzort. Az adatokat a fül mögé (a processus mastoideus ossis temporalis fölé) és az ornyeregére helyezett referenciaszenzorok segítségével korrigáltuk a beszélő fejének mozgására, valamint elforgattuk úgy, hogy a beszélők harapási síkja (mely sík állását minden beszélőnél egy erre a célra kialakított eszközzel, az ún. „bite plate”-tel regisztráltuk) a vízszintessel párhuzamos legyen. Ezeket a kor-

rekciókat a Carstens által biztosított szoftver megfelelő moduljaival végeztük. Végül a Kölni Egyetem Fonetikai Intézetének (I/L Phonetik, Universität zu Köln) saját készítésű konverterével a háromdimenziós adatokat az Emu adatbáziskezelő szoftverrel (Winkelmann et al. 2018) kompatibilis ssff formátumú, kétdimenziós adatokká alakítottuk. Az így létrejött helyzetadatokat elhelyezhetőkké váltak egy olyan kétdimenziós koordináta-rendszerben, amelynek origója a metszőfogagnál található, és ahol az abszcissza a nyelv vízszintes, az ordináta pedig a nyelv függőleges irányú elmozdulását képezi le úgy, hogy az előbbi mentén tapasztalt negatív irányú kitérések a nyelv hátrafelé való elmozdulását jelentik (vö. 2. ábra, jobb oldal).



2. ábra: A beszélő és az EMA rendszer elhelyezkedése a felvételi helyzetben (bal oldal), és a kísérlethez rögzített szenzorok sematikus elhelyezkedése oldalnézeti keresztmetszetben a korrekciók, átalakítások és forgatások után (jobb oldal)

Megjegyezzük, hogy az EMA számos előnye (pl. a kitűnő időbeli és téri felbontás, kényelmes, ülő vagy álló testhelyzet) ellenére, mint minden artikulációs mérőeszköz, hátrányokkal is bír: a nyelv helyzetéről, illetve a nyelvfelszín kontúrjáról ugyanis nem tud teljes képet adni. Oka ennek egyfelől az, hogy az EMA pontszerű méréseket végez, és a pontok közti nyelvfelszínről nem ad információkat, de az is, hogy a nyelvre a legtöbb beszélő esetében csak a nyelvhat elülső-középső részéig helyezhetők szenzorok. Ezzel együtt alkalmasnak találjuk az eszközt a kérdéseink vizsgálatára, részben saját kutatási tapasztalatainkra hagyatkozva (ezzel az eszközzel és más artikulációs műszerekkel), részben pedig a szakirodalmi előzményekre támaszkodva, melyek demonstrálják az EMA (vagy az ahhoz nagyon hasonló adatokat adó XRMB) regisztrátumok alkalmasságát magánhangzók és mássalhangzók ejtésének statikus vagy dinamikus vizsgálatára (vö. Whalen et al. 2018).

2.3 Elemzések

A párhuzamos felvételekben a spektrografikus kép alapján félautomatikusan szegmentáltuk és címkéztük a célhangokat a BAS webszolgáltatás graféma-fonéma konverterének (Reichel 2012) és a MAUS rendszernek (Schiel 1999) a segítségével, majd a szükséges helyeken kézzel javítottuk a felismertett hanghatárokat a Praat programban (Boersma–Weenink 2019). A mérési pontokat az artikulációban és az akusztikumban egyaránt a célmagánhangzó elején és közepén határoztuk meg úgy, hogy az elemzett adatokat a kérdéses pontok körüli 10%-os időablak adatainak mediánjaként nyertük – így a korábbi irodalommal is hozzátvetőlegesen összevethető mérési eredményeket kaptunk. A középponti méréshez megjegyzendő, hogy az itt mért akusztikai és artikulációs adatok Whalen és munkatársainak (2018) összehasonlító vizsgálata alapján gyakorlatilag az artikulációs és akusztikai célkonfigurációt mérik, az idézett elemzés szerint ugyanis a magánhangzónak az akusztikai kimenet alapján megállapítható időbeli középpontja lényegében egybeesik az artikulációs célkonfiguráció (azaz a gesztusplató elejének) kialakításával (ahogyan azt egyébként feltételezni szoktuk).

Mivel a vizsgált beszédhangok eltérése egyrészt (elsődlegesen) a vízszintes nyelvhelyzetben, másrészt pedig az ajakműködésben áll, a beszéd akusztikai vetületében az F_2 formáns frekvenciáját mértük a Praat programban automatikusan, a Burg algoritmus segítségével (Boersma–Weenink 2019). Az akusztikai adatokat – és ezzel párhuzamosan az artikulációsakat is – háromféle összevetésben vizsgáltuk.

A magánhangzónak a koartikulációban való részvételét elsőként a lokuszegyenletek (*locus equations*) módszerével elemeztük. Lindblom (1963) CV kapcsolatok elemzésekor figyelte meg először azt, hogy az F_2 értéke a magánhangzó kezdetén/a mássalhangzó felpattanásakor mérve ($F_{2\text{onszet}}$) szoros összefüggést mutat a magánhangzó közepén ($F_{2\text{közép}}$) mért értékkel. Ha pedig ezeket egy koordináta-rendszer x és y tengelyein ábrázoljuk, és erre egy egyenest vetítünk, az egyenes meredeksége informál minket erről az összefüggésről, sőt a mássalhangzó képzési helyéről is, ugyanis annak függvényében változik – ezt az egyenest nevezi a szakirodalom lokuszegyenletnek. Ugyanakkor mivel ez az egyenes lényegében a magánhangzóban lezajló formánsmozgások dinamikáját képezi le, egyúttal azt is megmutatja, hogy milyen mértékű a koartikuláció a CV kapcsolatban a következőképpen. A maximális (1) meredekség azt tükrözi, hogy a nyelv (F_2) a mássalhangzós cél elérésekor/a magánhangzó kezdetén már abban a helyzetben van, mint a magánhangzó közepén, tehát már a magánhangzó kezdetén elérte a célkonfigurációt. Ez azt sugallja, hogy a két hang artikulációja nagymértékű átfedést mutat, illetve azt jelenti, hogy a magánhangzó ellenállóbb a koartikulációnak a produkciós célt módosító hatásaival, azaz a koartikulációs redukcióval szemben, hiszen a nagyfokú koprodukciós készség miatt már hama-

rabb elért célkonfigurációja stabilabb, hosszabban fenn marad, azaz „erősebb”, és így változatlanabb lehet (vö. Cho 2004: 142). A nulla meredekség ezzel szemben azt mutatja, hogy a két pont adatai között nincs összefüggés, tehát kisebb a hangok közti átfedés vagy koprodukció, dinamikusabb a magánhangzó megvalósulása, a produkciós célt pedig a fentiekhez képest késleltetve (valószínűsíthetően a magánhangzó közepén vagy csak az után) éri el a szegmentum (ha egyáltalán), ami így értelemszerűen rövidebb ideig is állhat fenn. Ennek következtében a nulla közeli meredekség egyúttal tehát azt is sugallja, hogy a magánhangzó kevésbé „erős” és így kevésbé ellenálló is a koartikulációnak a produkciós célt módosító hatásaival (azaz a koartikulációs redukcióval) szemben (vö. Krull 1987, Bang 2017).

A fenti alapokon a jelen kísérletben elsőként a célmagánhangzó elején ($F_{2\text{onszet}}$) és közepén ($F_{2\text{közép}}$) mért formánsadatokra vetített egyenesekkel vetettük össze a magánhangzók koartikulációs hajlandóságát az akusztikumban magánhangzó-minőségként és kontextusonként. Azzal a feltételezéssel éltünk, hogy mivel a közrezárt mássalhangzó nem rendelkezik orális akadállyal, az egyenes meredeksége a megelőző magánhangzó és a célmagánhangzó koartikulációjának mértékéről, illetve a célmagánhangzó megvalósulásának dinamikus vagy statikus voltáról informál. Amennyiben tehát eltérést okoz a hangsúly megjelenése vagy a magánhangzó minőségének eltérése, eltérő meredekségű egyeneseket is kapunk úgy, hogy a kevésbé ellenálló hangokra laposabb (nulla közeli) meredekség lesz jellemző.

A koartikulációs rezisztenciát ezen túlmenően számszerűsítettük a magánhangzók megvalósulásának változatosságával is, kétféleképpen. Egyrészt Cho (2004) módszerének mintájára, a paradigmatis koartikuláció leképezésére kiszámítottuk a koartikuláló/aszimmetrikus és nem koartikuláló/szimmetrikus helyzetekben álló azonos minőségű magánhangzók akusztikus térbeli különbségeit az F_2 formáns indulása alapján ($F_{2\text{onszet, aszim}} - F_{2\text{onszet, szim}}$), ezt a továbbiakban az idézett mintára *távolságnak* nevezzük. A távolság mérőszám tehát azt mutatja meg, hogy mennyire tér el az adott magánhangzó a koartikuláció hatása alatt és a kontrollhelyzetben egy-egy beszélő egy-egy magánhangzójára számítva egy adott kondíción belül (hangsúlyos célhang/hangsúlytalan célhang).

Másrészt számszerűsítettük a megvalósulások szóródását is az akusztikai térben az F_2 relatív szórásával (RSD) az (1)-ben található képlettel. (A szórást és a csoportátlagot az egyes beszélőknek az egy-egy token háromszori ismétléséből származó adataira számoltuk.)

$$(1) \text{ RSD (\%)} = \text{SD} / \text{látlag} \times 100$$

Mivel a relatív szórás az átlaghoz viszonyítja a szóródást, és az adatok nagyságrendjét elvéve százalékos formában fejezi ki a változatosság mértékét, így bizonyos mértékben normalizálja a beszélők közti (pl. anatómiai különbségekből fakadó) eltéréseket (lásd pl. Shaw et al 2009). Ráadásul mivel a számítás során a nagyságrend mellett a dimenzió is eltűnik, összevethetővé tesz eredetileg különböző mértékegységben és különböző léptékben mért adatokat is. Ezáltal az RSD mentén közvetlenül összevethetővé válik az akusztikumban és az artikulációban talált változatosság.

Az artikuláció vizsgálatához a TBO1 és TBO2 szenzorok x -irányú (a nyelv vízszintes elmozdulását mutató) kitérésadatait nyertük ki az Emu (Winkelmann et al. 2018) adatbáziskezelő segítségével az F_2 formánsok mérésénél a fentiekben meghatározott két időablakban (szintén az ott mérték mediánjaként). Mivel a kutatás elsősorban a nyelv (nyelvtest, nyelvhat), és nem a nyelv egyes pontjainak helyzetét kívánja figyelembe venni, az elemzésben a két nyelvtesti szenzor x pozíciójának (vízszintes kitérésének) átlagait használtuk Cho (2004) módszertanának megfelelően (ezt nevezzük a továbbiakban dorzumadatoknak, vö. 2. ábra, jobb oldal).

A dorzumadatokra, ahogyan az F_2 -adatokra is lokuszegyenleteket, távolságokat és relatív szórást számoltunk. Amint említettük, az utóbbi esetében a közvetlen összevetés is lehetséges a beszédprodukción két vetülete között, erre kerül sor az eredmények fejezet utolsó szekciójában.

2.3 Statisztikai elemzések

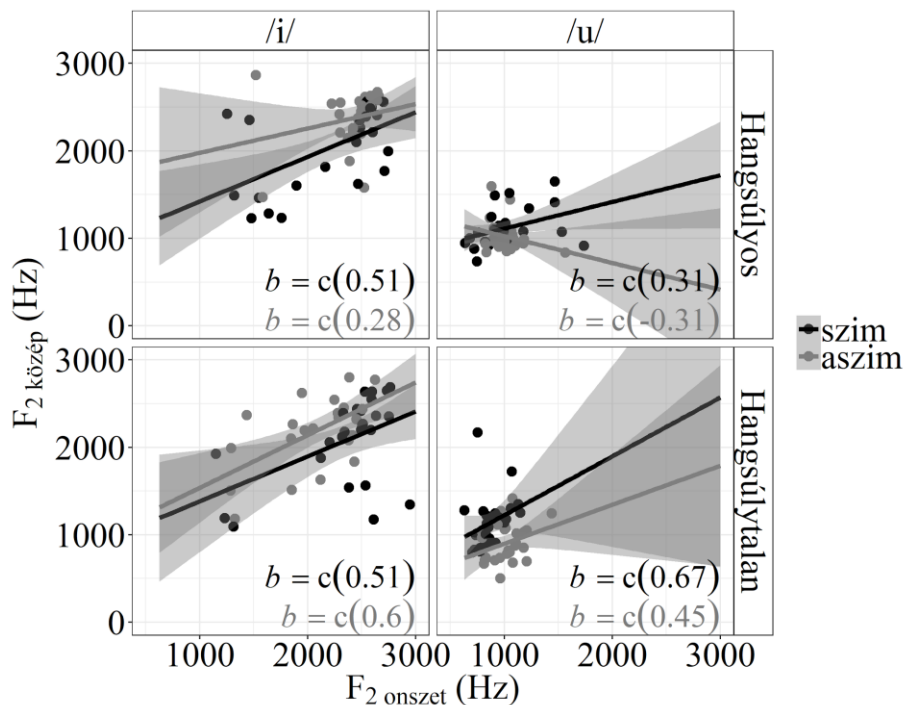
Az adatokat lineáris kevert modellekkel elemeztünk az R programban (R Core Team 2018) az lme4 csomag (Bates et al. 2015) segítségével (függő változónként egy-egy modellt állítottunk). A p -értékeket Satterthwaite-approximáció segítségével nyertük, amely az lmerTest csomagban (Kuznetsova et al. 2017) elérhető. A modellekben random hatásként (interceptként/eltolásként, illetve meredekségként) felvettük a beszélőt, de csak akkor, ha ez szignifikánsan növelt a modell prediktív erejét (az lmerTest csomagban elérhető ANOVA próbák és az AIC információs kritérium alapján). A távolságadatokra illesztett modellben fix hatásként a kondíció (hangsúlyos vagy hangsúlytalan) és magánhangzó-minőség (/i/ vagy /u/) változókat használtuk. Az RSD adatok esetében ezek mellé a kontextus (szimmetrikus vagy aszimmetrikus) változót is bevettük a prediktorok sorába. A post hoc összevetéseket (Tukey-féle post hoc teszt) az lsmeans csomagban elérhető függvényekkel végeztük (Lenth 2016). Az adatok ábrázolása során az átlagértékekhez tartozóan az ismételt méréses dizájn figyelembevételével korrigált konfidenciaintervallumot jelenítettük meg (mely kalkulál a beszélők közötti varianciával, lásd Morey 2008). Az artikulációs és akusztikai variabilitás összevetésénél szintén kevert modelleket, valamint Pearson-féle korrelációelemzést is alkalmaztunk.

3. Eredmények

3.1 Akusztikai adatok

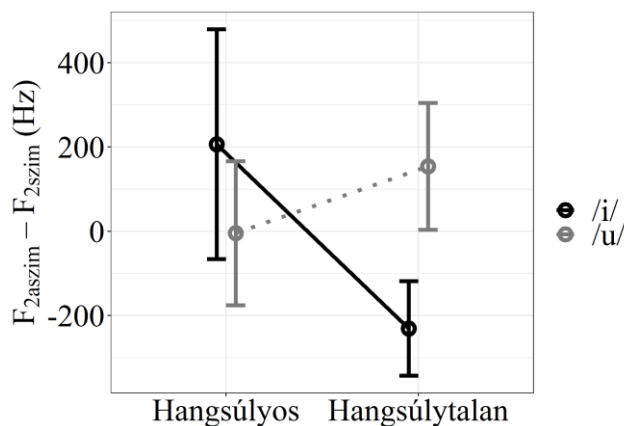
3.1.1 A koartikuláció mértéke

A lokuszegyenletek mintájára illesztett egyenesek az akusztikai adatokon azt mutatták, hogy az /i/ magánhangzók jóval kevésbé valósultak meg dinamikusan, mint az /u/-k, azaz az /i/ általánosan rezisztensebb volt (nagyobb koprodukciót és stabilabb produkciós célt, tehát kisebb mértékű koartikulációs hatást mutatott a létrehozás nyelvgesztusában), mint az /u/. Erre utal az /i/ esetében látott nagyobb meredekség, tehát az a tény, hogy a hang kezdeténél mért F_2 nem alakult függetlenül a hang közepén, a célkonfigurációnál mért értéktől, ami pedig azt sejteti, hogy a célkonfiguráció (akusztikai tekintetben) már kialakult a hang (akusztikailag mérhető) kezdeténél (3. ábra). A hangsúlyhelyzet hatása ennél már jóval bonyolultabbnak tűnik, mert ebben a magánhangzók minőségétől függően eltérő tendenciákat találtunk. Az /i/ esetében a hangsúlyos és hangsúlytalan helyzetek között gyakorlatilag nem látunk eltérést, hiszen az egyenesek meredeksége lényegében egyezett a kondíciók között. Az /u/ esetében azonban látunk eltéréseket, mégpedig úgy, hogy a hangsúlyos helyzetben egyöntetűen dinamikusabb megvalósulásokat (laposabb meredekségű egyeneseket) találunk. Ezekre a tendenciákra azonban mindkét magánhangzóban hatott a kontextus tényező – azaz az eltérő minőségű magánhangzóval történt koartikuláció(s) helyzet). Az /i/ a hangsúlyos helyzetben dinamikusabban valósult meg a V-V koartikuláció (aszim) miatt (meredekség = 0,28), mint amikor ez a hatás nem révényesült (szim) (meredekség = 0,51). A hangsúlytalan helyzetben azonban (érdekes módon) statikusabb volt a koartikuláló helyzetben (meredekség = 0,60), mint szimmetrikus esetben (meredekség = 0,51) (bár ez az eltérés a hangsúlyos helyzetben látottnál kisebb). Az /u/ az /i/-vel szemben a hangsúlyos helyzetben a koartikulációs helyzettől függetlenül dinamikusan (az /i/-nél dinamikusabban) valósult meg (bár a kontextustól függően eltérő előjellel, azaz eltérő módon) (meredekség_{aszim} = -0,31; meredekség_{szim} = 0,31). Az /u/-k összes megvalósulása közül a legstatikusabbnak a hangsúlytalan helyzetű és szimmetrikus kontextusban bizonyult (meredekség = 0,67). Végül az /u/ a hangsúlytalan helyzetben a koartikulációs hatás alatt a saját egyéb helyzetekben megfigyelt viselkedéséhez képest közepesen dinamikus volt (meredekség = 0,45).



3. ábra: A célmagánhangzók kezdőpontjában és középpontjában mért F_2 frekvenciaértéke koartikuláló (aszim) és nem koartikuláló (szim) kontextusokban, a hangsúly függvényében (lineáris regressziós egyenes + 95%-os konfidenciaintervallum)

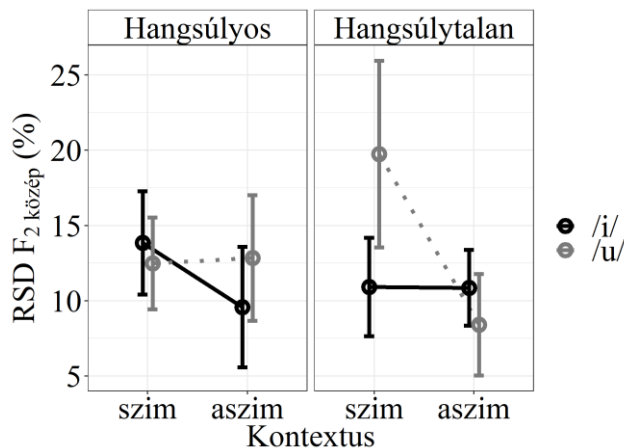
Az F_2 -távolságadatok a kondíció és magánhangzó-minőség változók interakciós hatását mutatták ($F(1, 30) = 15,47, p < 0,01$) (4. ábra). Ez annak köszönhető, hogy ebben a tekintetben az /u/ magánhangzóra kisebb mértékben hatott a hangsúly (kisebb különbséget tapasztaltunk a kondíciók között), mint az /i/-re. Az /u/ hangsúlyos helyzetben nem mutatott különbséget a szimmetrikus és aszimmetrikus helyzetek között ($F_{2/i\#u/} - F_{2/u\#\#u/} = -4 \pm 437$ Hz), míg a hangsúlytalan helyzetben a távolság ($F_{2/i\#u/} - F_{2/u\#u/} =$) $154(\pm 114)$ Hz volt, tehát itt a koartikulációt elszenvedő /u/-k a várt módon centralizálódtak (előrébb kerültek) az akusztikai térben. A hangsúlyos és hangsúlytalan csoportok közötti különbség a post hoc tesztek szerint azonban nem volt szignifikáns. Ezzel szemben az /i/ a hangsúlyos helyzetben átlagosan $207(\pm 376)$ Hz, hangsúlytalanban pedig $-230(\pm 151)$ Hz távolságra valósult meg (ami a post hoc összevetés szerint szignifikáns különbség, $p < 0,05$). Ez pedig azt jelenti, hogy a hangsúlyos helyzetben álló /i/-k a koartikuláló helyzetben nem centralizálódtak (nem kerültek hátrébb) az akusztikus térben, hanem éppen hogy periferekusabbá, túlartikulálttá váltak, míg a hangsúlytalanban a várt módon redukálódtak (hátrébb tolódtak) minőségükben.



4. ábra: A magánhangzók akusztikai (F_2 -)távolsága a koartikuláló (aszim) és nem koartikuláló (szim) kontextusok között a kondíció és a magánhangzó-minőség függvényében a magánhangzó elején (átlag + 95%-os konfidenciaintervallum)

3.1.2 A magánhangzók akusztikai változatossága

Az akusztikai változatosságot számszerűsítő relatív szórás adatait az 5. ábrán mutatjuk be. A statisztikai elemzés ezeken az adatokon a kondíció, a magánhangzó-minőség és a kontextus hármas interakciójának hatását mutatta [$F(1, 185) = 18,31, p < 0,001$]. Megfigyelhettük, hogy az /i/-realizációkban általában kisebb volt a variabilitás ($11,32 \pm 10,19\%$), mint az /u/-realizációkban ($13,36 \pm 11,43\%$), hogy – meglepő módon – a koartikuláló kontextusban kisebb volt variabilitás ($10,45 \pm 9,89\%$), mint a nem koartikulálóban ($14,23 \pm 11,46\%$), és hogy a hangsúly mentén általában nem látszott különbség ($RSD_{\text{hangsúlyos}} = 12,21 \pm 10,50\%$; $RSD_{\text{hangsúlytalan}} = 12,47 \pm 11,25\%$). A páros összevetések szerint azonban az összes eltérés közül csak a hangsúlytalan helyzetű, koartikuláló és nem koartikuláló /u/-k különbsége szignifikáns ($p < 0,05$) úgy, hogy a hangsúlytalan helyzetű /uhu/ az összes többi esetnél változatosabb akusztikailag ($19,75 \pm 15,07\%$), míg az /ihu/ az összes többi esetnél invariánsabb ($8,41 \pm 6,68\%$).



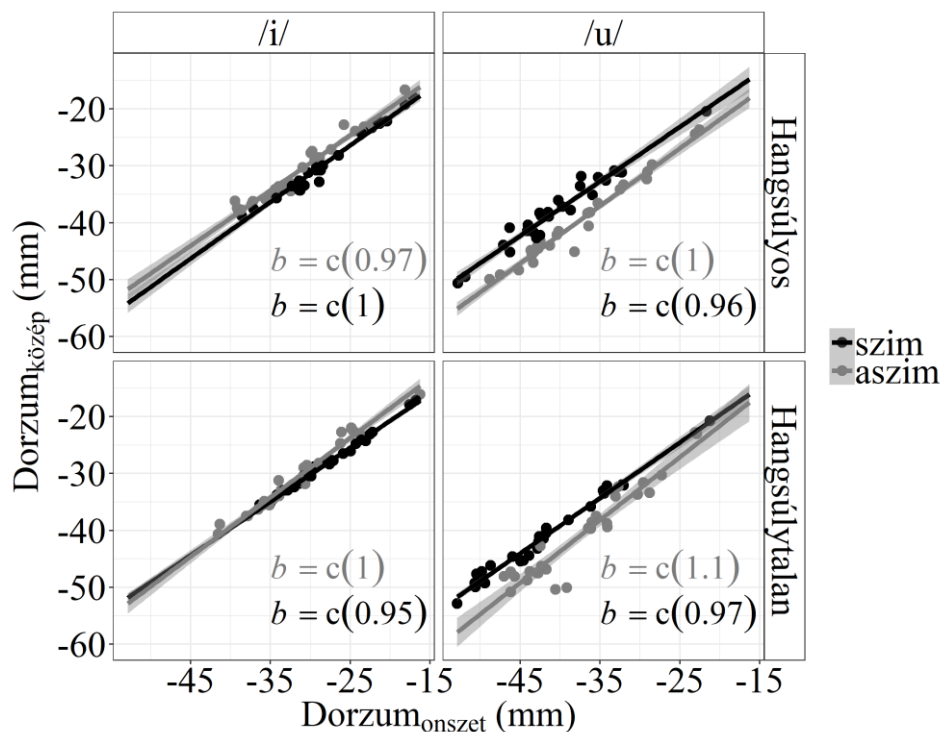
5. ábra: A magánhangzók akusztikai változatossága (RSD) az F₂ frekvenciaértéke alapján (átlag + 95%-os konfidencia-intervallum)

3.2 Artikulációs adatok

3.2.1 A koartikuláció mértéke

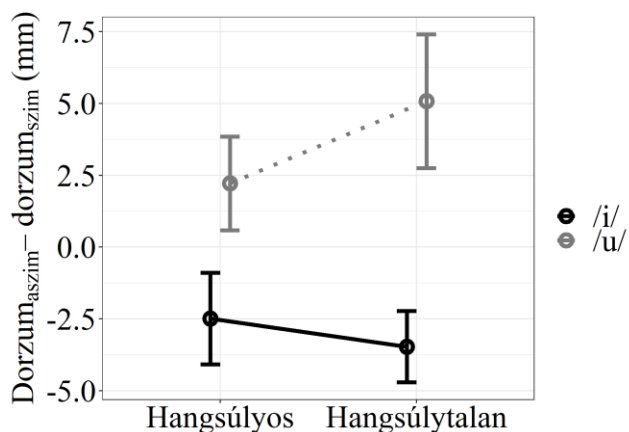
A magánhangzó kezdetén és közepén mért nyelvtesti helyzet az akusztikai adatokkal szemben – a regressziós egyenesek meredeksége szerint – nagyon szoros összefüggést mutat mindkét kondícióban és mindkét magánhangzóra, azaz az artikulációban a magánhangzók kezdetén mért nyelv helyzet jól prediktálta az időbeli középpontban mérhetőket (6. ábra).

Az egyenesek 1 környéki meredeksége azt mutatja, hogy a magánhangzók artikulációs tekintetben egyöntetűen kevésbé dinamikusán valósultak meg (és ez a dinamikuság mérsékeltebb volt, mint az akusztikai vetületben tapasztalt), illetve azt, hogy a trigger és célmagánhangzó koprodukciónak, koartikulációjának mértéke – szintén az artikulációt tekintve – magánhangzó-minőségtől függetlenül magas volt. Ezekben az adatokban egyedül az /u/-k esetében látni valamifajta eltérést és kizárólag a kontextus mentén: megfigyelhetjük, hogy az aszimmetrikus, koartikuláló helyzetben álló /u/-megvalósulások elkülönülnek a szimmetrikus helyzetben állóktól azért, mert az előbbiek dinamikusabban valósultak meg az idő függvényében, az utóbbiak pedig statikusabban. Az /i/ esetében nem találtunk ilyen tendenciákat.



6. ábra: A nyelvhat vízszintes pozíciója a célmagánhangzók kezdőpontjában és középpontjában mérve koartikuláló (aszim) és nem koartikuláló (szim) kontextusokban, a hangsúly függvényében (lineáris regressziós egyenes és 95%-os konfidenciaintervallum)

A koartikuláló és nem koartikuláló helyzetben álló magánhangzók nyelvhat mentén mért távolsága látható a 7. ábrán. Az /u/ esetében ezek a távolságadatok mindkét esetben (azaz mindkét hangsúlykondícióban) pozitív, míg az /i/ estében negatív értékeket vettek fel, ami azt mutatja, hogy a magánhangzók centralizálódtak a V-V koartikuláció hatására: az /i/ esetében a nyelv hátrébb, míg az /u/ esetében előrébb került a szájüregben aszimmetrikus CVC-kontextusban. (Ezekben az adatokban a negatív értékek a szájüreg eleje, a pozitív értékek pedig a szájüreg hátulja felé történt elmozdulást tükrözik, azaz a centralizációt a hátul képzett hangzók esetében a pozitív, az elől képzettek esetében pedig a negatív értékek mutatják.)

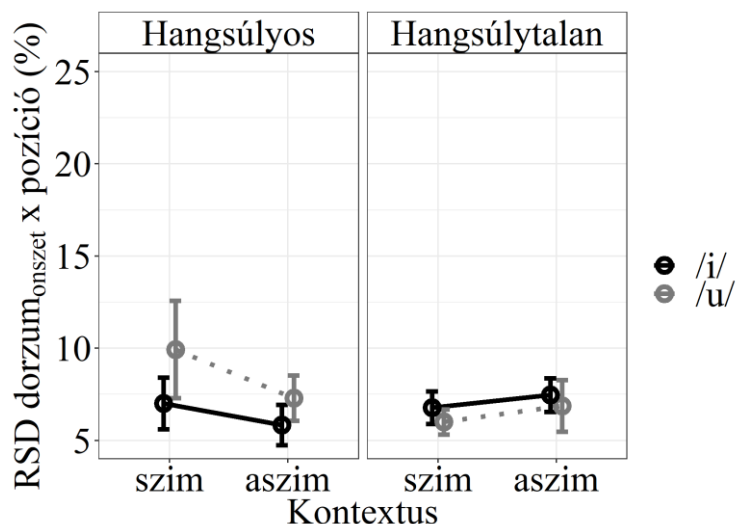


7. ábra: A nyelvhat vízszintes irányú távolsága a koartikuláló (aszim) és nem koartikuláló (szim) kontextusok között a hangsúlykondíció és a magánhangzó-minőség függvényében a magánhangzó elején (átlag + 95%-os konfidenciaintervallum)

Ugyanakkor a statisztikai elemzés szerint a fentebb említett centralizáció mértékén a magánhangzó és a kondíció interakciós hatása érvényesült, ahogyan az akusztikai vetületnél is láttuk [$F(1, 36) = 7,35, p < 0,05$] – ám az ott tapasztalattal szemben itt az /u/-ban találtunk nagyobb eltérést a hangsúlyos és hangsúlytalan pozíciók között. Míg a hangsúlyos helyzetben a koartikuláció hatására az adott minőségű magánhangzók közti távolság összemérhető volt nagyságrendjében (természetesen ellentétes előjellel; /i#**hu**/–/u#**hu**/ = $2,22 \pm 2,05$ mm; /u#**hi**/–/i#**hi**/ = $-2,49 \pm 1,88$ mm), addig a hangsúlytalan helyzet jobban eltávolította egymástól az /u/, mint az /i/ megvalósulásait (/i**hu**/–/u**hu**/ = $5,08 \pm 3,25$ mm; /u**hi**/–/i**hi**/ = $-3,47 \pm 1,45$ mm).

3.2.2. A magánhangzók artikulációs változatossága

Az artikulációs változatosságot leképező RSD adatokra illesztett modell a kondíció és kontextus [$F(1, 189) = 19,59, p < 0,001$], valamint a kondíció és a magánhangzó-minőség [$F(1, 189) = 22,58, p < 0,001$] interakciós hatását mutatta (8. ábra).



8. ábra: A magánhangzók artikulációs változatossága (RSD) a nyelvhat vízszintes kitérése alapján (átlag + 95%-os konfidenciaintervallum)

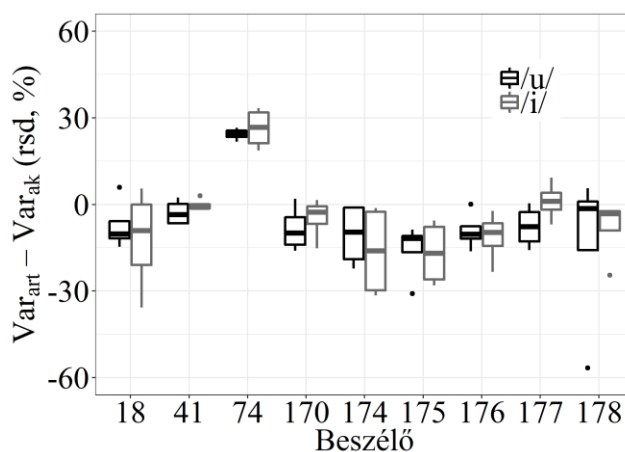
Általánosságban az akusztikumban találtakhoz hasonlóan az artikulációban is valamivel kisebb változatosságot mutatott az /i/ ($6,77 \pm 7,74\%$), mint az /u/ ($7,52 \pm 10,59\%$), nagyobb változatosságot láttunk a nem koartikuláló helyzetben ($7,43 \pm 8,91\%$), mint a koartikulálóban ($6,87 \pm 9,63\%$), és kisebb variációt tapasztaltunk a hangsúlytalan szótagi célhangokban ($RSD_{\text{hangsúlyos}} = 7,52 \pm 9,22$; $RSD_{\text{hangsúlytalan}} = 6,78 \pm 9,38\%$). A páros összehetések alapján azonban egyedül az /uhu/ és /u#hu/ tokenek között volt szignifikáns ($p < 0,05$) az eltérés úgy, hogy a szimmetrikus helyzetű hangsúlyos /u/ (az /u#hu/ példányok célmagánhangzója) mutatott több variációt. Összességében is ezek a megvalósulások mutatták a legnagyobb artikulációs változatosságot ($9,94 \pm 10,38\%$).

3.3. Az akusztikai és artikulációs változatosság összefüggései

A 5. ábrán és 8. ábrán látott értékeket összevetve azt találtuk, hogy a beszéd artikulációs vetületében tapasztalt változatosság ($RSD_{\text{art}} = 7,15 \pm 9,30$) a korábbi eredményekkel összhangban (Whalen et al 2018) a jelen adatokban is jóval kisebb volt, mint az akusztikumban látott ($RSD_{\text{ak}} = 12,33 \pm 10,95$). Ugyanakkor az adatokra illesztett modell sem a produkciós vetület (artikuláció vagy akusztikum), sem a magánhangzók függvényében nem mutatott szignifikáns eltérést (az idézett tanulmány az elől képzett nem nyílt magánhangzókban kisebb artikulációs variabilitást mutatott, mint a többi hangban, közel azonos akusztikai változatosság mellett minden hang esetében), tehát jelen adataink az itt idézett szakirodalom megállapításait csak tendenciaszerűen erősítették meg. A magánhangzó

prediktor nem szignifikáns hatása többek között azt is jelenti, hogy a beszélők egységesek voltak a változatosság megvalósításában: ha az egyik magánhangzót változatosabban ejtették, akkor a másikat is (vö. még 9. ábra). Ebben a tekintetben viszont az adataink egybevágnak a Whalen és munkatársai (2018) által találtakkal.

Ha egyénenként vetjük össze az artikulációs és akusztikai variabilitás mértékét úgy, hogy minden beszélő esetében az RSD-vel számszerűsített artikulációs és akusztikai variabilitás különbségét vizsgáljuk a magánhangzó-minőségek függvényében, a 9. ábrán látottakat kapjuk (ahol a dobozdiagram egyes dobozai négy-négy realizáció adatait mutatják). Az ábrán jól megfigyelhető, hogy a fentebb említett általános összefüggés erősen beszélőfüggő: míg a 9 beszélőből 8 esetében általánosságban valóban nagyobb volt a magánhangzók akusztikai változatossága, mint az artikulációs (ezt tükrözik a negatív értékek), a 8 beszélő egyikénél (177) az /i/ magánhangzóban, valamint a fennmaradó egy beszélőnél (74) mindkét magánhangzóban éppen ellenkező tendenciákat találtunk.



9. ábra: Az artikulációs (Var_{art}) és akusztikai (Var_{ak}) variabilitás különbsége a magánhangzó-minőségek függvényében, beszélőnként (medián és interkvartilis tartomány)

Végezetül korrelációelemzést végeztünk, és megállapítottuk, hogy a jelen adatokban nincs korreláció az artikulációs és akusztikai adatok változatossága között, akár az összes adatra, akár az egyes beszélőkre végeztük el az összevetést. Ez tehát azt jelenti, hogy a beszéd két vetületének változatossága egymástól függetlenül alakult. Ez az eredmény ellentmond a korábbi, ellenőrizetlen hangkörnyezetekre kapott tendenciáknak, melyek a két vetület között közepesen erős korrelációt mutattak (Whalen et al. 2018).

4. Összegzés és következtetések

A jelen tanulmány elsődleges célja a magánhangzókban tapasztalható, a magánhangzók közti, a közties mássalhangzón átívelő koartikuláció okozta változatosság és a mondat szintű hangsúly összefüggéseinek vizsgálata volt párhuzamos artikulációs és akusztikai adatokon, valódi szavakban, a balról jobbra ható, perszeveratív koartikuláció irányában. Korábbi eredmények alapján azt feltételeztük, hogy a tartalmazó szótagra kerülő mondathangsúly növeli a magánhangzók koartikulációs rezisztenciáját, azaz csökkenti a realizációk változatosságát. Célunk volt összehasonlítani a felső nyelvállású /i/ és /u/ ejtésében tapasztalható változatosságot is, és megfigyelni, hogy a két magánhangzó hasonló vagy eltérő mértékű variációt mutat-e (továbbá, ha ez utóbbi a helyzet, az /i/ bizonyul-e rezisztensebbnek a koartikulációs hatásokkal szemben). A kérdések vizsgálatára a koartikuláció hatását többféleképpen is számszerűsítettük, mely módszerek a magánhangzók megvalósulásának dinamikusságát, a koartikuláló és nem koartikuláló helyzetű célhangok közti különbségeket (távolságokat), illetve az ejtési varianciát képezik le.

A kísérlet eredményeinek talán egyik legfontosabb tanulsága az, hogy megerősítést nyert az a tapasztalat, mely szerint az artikulációs és az akusztikai vetületben tapasztalható tendenciák jelentősen eltérhetnek. Ez egyrészt kiemeli a két vetületben gyűjtött adatok párhuzamos elemzésének fontosságát: felhívja a figyelmet arra, hogy pusztán az egyik vetület vizsgálata nem szolgáltat alapot olyan következtetések levonására, melyek a másik vetületet érintenék, illetve alátámasztja azt is, hogy egy ilyen elemzés nem nyújt (mert nem nyújthat) teljes képet a produkciós stratégiákról. Másfelől azonban az itt találtak további alapvető kérdéseket is felvetnek, például arra nézve, hogy a produkciós megszorításokat és az ejtési változatosságot, az ebben tapasztalt rezisztenciát végeredményben mely vetületben is kellene keresnünk. Erre a pontra az eredmények itt következő összefoglalása után még valamivel bővebben is visszatérünk.

Az első, legfőbb vizsgálati kérdésünk a fentebb írtak fényében tehát korántsem válaszolható meg egyszerűen, hiszen az artikuláció és az akusztikai szerkezet helyenként akár homlokegyenest eltérő tendenciákat mutatott. Ezeket röviden összefoglaljuk.

Míg az akusztikai szerkezetben a magánhangzók minősége, a koartikulációs helyzet és a hangsúly függvényében jelentősebb eltéréseket láttunk (melyek elsősorban az /i/ statikusabb és az /u/ dinamikusabb megvalósítását tükrözték), addig az artikuláció sokkal egyöntetűbben, lényegében minden beszédhangra és minden helyzetben statikus megvalósítások képét rajzolta ki.

A koartikuláló és nem koartikuláló helyzetekben álló magánhangzók adott paramétereinek különbségeként számolt távolságadatokban találtak bizonyos tekintetben szintén széttartóan alakultak a produkció két vetületében. Noha mindkét vetületben tapasztalható volt a magánhangzók eltérő viselkedése, illetve

a hangsúly hatása, ezek jellege, mikéntje nem csekély mértékben eltérően alakult. Az akusztikai (F_2 -)távolságokban a hangsúlytalan szótagban a magánhangzó minőségétől függetlenül hasonló eltéréseket találtunk a koartikuláló és nem koartikuláló esetek között, és centralizációt mutattunk ki a koartikuláció hatására. A hangsúlyos helyzetben azonban az /u/ minősége ellenért a koartikulációnak (és így nem tért el a koartikulált, illetve a kontroll eset), az /i/ pedig egyenesen hiperartikulációt mutatott (a koartikulált /uhi/ szekvenciában az /i/ akusztikusan „előrébb került”, mint a kontroll /ihi/ szekvenciabeli megfelelője). Az artikulációs (a dorzum pozíciója alapján mért) távolságadatokban ezzel szemben azt tapasztaltuk, hogy a magánhangzók a hangsúlyos helyzetben mutattak lényegében azonos mértékű centralizációt, és a hangsúlytalanban viselkedtek eltérően úgy, hogy bár itt mindkét magánhangzó nagyobb koartikulációs hatást szenvedett el, az /u/ megvalósulásai között nagyobb távolságokat találtunk, mint az /i/ variánsai között. Az /u/ tehát nagyobb fokú koartikulációs redukciót mutatott.

Végül a változatosságot számszerűsítő relatív szórás adataiban is eltéréseket, ellentmondásokat láttunk. Általánosságban az akusztikum variábilisabbnak bizonyult, mint az artikuláció – de erre még a második kérdésünk kapcsán valamivel részletesebben is visszatérünk. A csoportok közötti összevetések során az akusztikumban a) az /i/-ben valamivel kisebb változatosságot láttunk, mint az /u/-ban, b) a nem koartikuláló helyzetben – nem várt módon – valamivel nagyobb változatosságot láttunk, mint a koartikulálóban, míg c) a hangsúly mentén egyáltalán nem láttunk eltéréseket. Valójában azonban az egyetlen igazán számottevő különbségnek a hangsúlytalan helyzeti /u/-k varianciája bizonyult. Itt ugyanis, meglepő módon, a koartikuláló /u/ (az /ihu/ hangsorban) minden további esetenél kevésbé változatos, a nem koartikuláló helyzetű pedig (az /uhu/ hangsorban) minden továbbinál változatosabban realizálódott. Az artikulációban az akusztikummal egyezően a) az /i/ bizonyult valamivel invariánsabbnak, és b) itt is a nem koartikuláló (szimmetrikus) helyzet eredményezett változatosabb megvalósulásokat a várakozásoktól eltérően. Az akusztikummal szemben azonban c) itt volt némi különbség a hangsúly mentén, és a hangsúlytalan szótagokban kisebb volt a megvalósulások változatossága. Ugyanakkor a statisztikai elemzés szerint mindezen hatások közül csak egy specifikus kombinációpár tért el jelentősen: a szimmetrikus helyzetű (nem koartikulált) hangsúlyos és hangsúlytalan /u/-k csoportja úgy, hogy az /uhu/ és /u#hu/ közül az utóbbi mutatott nagyobb varianciát (és ez volt egyben az artikulációs adatokban talált legnagyobb változatosság is).

Mindezek alapján arra a kérdésre, hogy hat-e a hangsúly a magánhangzókra a V-V koartikuláció hatására előállt változatosságára, azaz befolyásolja-e a magánhangzók ejtési rezisztenciáját, kitérő választ adhatunk azzal, hogy erre a kérdésre a beszéd produkciós vetületének függvényében, a változatosság számszerűsítésének módja mentén, és részben a magánhangzó minőségétől függően is

eltérő fejeleték adhatók. Míg a magánhangzók artikulációs dinamikája például egyik vizsgált faktor hatását sem tükrözi, addig egy további változó, a távolság minőségi eltéréseket mutat a változók mentén – bár az artikulációban és az akusztikumban szinte egymással ellenkező tendenciákban.

Amennyiben azzal az előfeltevéssel élünk, hogy az /i/ ellenállóbb az /u/-nál, és a mondathangsúly megjelenése is facilitálja a koartikulációs rezisztenciát, az akusztikai adatok egy része értelmezhető lenne az /i/ és /u/ eltérő rezisztenciastratégiáiként. Míg a hangsúlyos /i/-vel kapcsolatosan a távolságadatok alapján feltételezhetnénk, hogy hiperartikulációval „áll ellen” a mássalhangzón túli magánhangzó koartikulációs hatásának, a szintén hangsúlyos /u/-val kapcsolatban azt állíthatnánk, gyengébb, de a hangsúlyhelyzet miatt mégis meglévő ellenállóképessége miatt „pusztán” megőrzi a minőségét e prozódiailag erős helyzetben. Ehhez az okfejtéshez a variációban (RSD) találtak nyomán ráadásul azt is hozzátehetnénk, hogy míg az /i/ a hangsúlytalan helyzetben is ellenállóbb az /u/-nál (hiszen a koartikuláció alatt vagy annak hiányában is hasonlóan változatos), az /u/ „gyengül”, kevésbé rezisztenssé válik: a koartikuláció hiányában változatosabb, a koartikuláció hatása alatt pedig az ott előálló, centralizáltabb minőségét a minden más helyzetben tapasztaltnál stabilabban, invariánsabban produkálja.

Az előzőekben vázolt értelmezés azonban egy nagyon fontos premisszával élne, mégpedig azzal, hogy a magánhangzó-minőségek és a hangsúlyhelyzet mentén minőségében eltérő koartikulációs rezisztenciát és ellenállási (vagy ellen nem állási) stratégiákat is feltételezhetünk. Erről azonban a korábbi irodalomban egyáltalán nem olvashattunk – tehát feltehetjük, hogy a rezisztencia fogalom értelmezésének nem volt (expliciten tárgyalt) része. Ráadásul a fenti értelmezést az is tovább bonyolítaná, hogy az artikulációban látottak mindezekhez, a pusztán az akusztikumban tapasztaltak nyomán felvázolt következtetésekhez nem nyújtanak világosan illeszkedő bizonyítékokat. Ebből néhány példa. A magánhangzó-dinamikai adatok lényegében teljesen más képet rajzoltak ki a magánhangzók koartikulációs viselkedéséről a kétféle produkciós vetületben. Az akusztikai távolságok mentén az /i/ és /u/ centralizációja hasonló mértékűnek látszott, miközben az artikulációs távolságok adatai az /u/-ban nagyobb fokú centralizációt mutattak a koartikuláció hatására. Az artikulációs változatosság mértéke szerint az /u/ egyáltalán nem látszott kevésbé változatosnak hangsúlytalan, aszimmetrikus esetben, mint az /i/ vagy mint a más helyzetekben megvalósult /u/-k, miközben az akusztikum egyértelműen ezt mutatta.

Mi több – és itt térünk rá a kísérlet másodlagos céljára – az eredményeink (bár csak tendenciaszerűen, de) azt a megfigyelést erősítették meg, mely szerint a beszéd akusztikai vetületében tapasztalható változatosság általánosságban véve nagyobb, mint az ugyanazon hangzók ejtésében mért artikulációs variabilitás. Ebben a kérdésben továbbá azt is megállapíthattuk, hogy a jelen adatokban a magánhangzók között nem mutatkoztak szisztematikus eltérések – tehát az /i/ a várakozásokkal ellentétben nem bizonyult ellenállóbbnak, mint az /u/ –, és való-

jában mindezen tendenciák nagymértékű egyéni variabilitással jelentek meg (vö. Whalen et al. 2018).

Az akusztikai és artikulációs adatok eltéréseivel kapcsolatosan természetesen gondolnunk kell arra az alapvető tényre, hogy míg az artikuláció esetében valójában egyetlen beszédképző szerv egyetlen dimenzióban történt elmozdulását vizsgáltuk a felszínére helyezett szenzorok pontszerű mérésén keresztül, addig az akusztikumban a teljes üregrendszer rezonátortevékenységét leképző adatokból indultunk ki. Emellett pedig ezen a ponton ismét hangsúlyozandó, hogy az /i/ és /u/ ejtési különbségeit részben nem fedtük le az artikulációs elemzéssel azért, mert 1) nem tudtunk a teljes nyelvfelszínről, így az /u/ ejtésében valószínűleg fontos szerepet játszó nyelvhat hátsó részéről és annak helyzetéről információkkal szolgálni, és 2) az ajkak működésével kapcsolatosan nem vizsgáldtunk.

Az itt felvetett, az artikulációs és akusztikai adatok között fennálló diskrepanciát érintő problémák részben abból a roppant módon összetett módszertani kérdésből fakadnak, hogy miként lehetne (az itt bemutatottnál) megbízható(bb)an, de továbbra is interpretálhatóan számszerűsíteni és egyszerre kezelni két artikulátor (a nyelv és az ajkak) több dimenzióban történő, összetett gesztusokon alapuló működését úgy, hogy mindeközben valójában az artikulációban a teljes toldalékcsovi konfigurációt leképezzük valahogyan. A probléma másik, és talán még ennél is fontosabb oldala azonban egy olyan tény, mely minden párhuzamos artikulációs és akusztikai vizsgálatban megjelenik, a két elemzés ugyanis sosem képes tökéletesen ugyanazt az információt megragadni. A jelen esetben ide értendők az alkalmazott módszertannak, az elektromágneses artikulográfiának már részben említett sajátosságai: az EMA pontszerű méréseket végez, nem ad képet sem a teljes nyelvfelszínről, sem a toldalékcso egészéről stb. (vö. még Whalen et al. 2018 reflexiói az itt közöltekhez nagyon hasonló XMRB-adatok kapcsán). Ugyanakkor az EMA-hoz hasonlóan (más-más okból, de) problémás valójában bármely artikulációs mérés módszertan, hiszen ezek sosem adnak, mert nem adhatnak teljes képet az érintett üregrendszer egészéről. Éppen ezért kiemeljük, hogy ahogyan minden artikulációs elemzés adatai, az itt közöltek is csak komoly körütekintéssel és megszorításokkal értelmezendők és általánosítandók, és biztatni kívánjuk a jövő kutatásait hasonló és lehetőség szerint egyre teljesebb összevetések elvégzésére. Egyúttal azonban hangsúlyozzuk azt is, hogy vélekedésünk szerint a kísérletünk korlátai ellenére a jelen eredmények is sok tanulságot hoztak, melyek alapján lényeges kérdések vethetők fel. Az eredményeket pedig nem hiteltelenítik a módszertani korlátok, csupán körütekintő értelmezésre intenek (ahogyan egyébként minden artikulációs vizsgálat szükségszerűen elkerülhetetlen korlátai is, még ha erre külön nem is hívják fel a figyelmet az egyes tanulmányok szerzői).

5. Konklúziók

A tanulmányban bemutatott vizsgálatban a magánhangzóknak a magánhangzók közti koartikulációból fakadó változatosságát elemeztük a hangsúly függvényében párhuzamos artikulációs és akusztikai adatokon. Alapvetően arra a kérdésre kerestük a választ, hogy kimutatható-e a magánhangzóknak a hangsúly hatására megnövekedő ellenállása, koartikulációs rezisztenciája a magyarban, létező szavakban, melyeket a kísérlet során mondatokban ejtettek a beszélők. Az artikulációban és akusztikumban talált ellentmondások, valamint a magánhangzók minősége és a hangsúly függvényében megmutatkozó, helyenként minőséginek látszó eltérések okán a kutatás e fő kérdésével kapcsolatosan konklúziók helyett az alábbiakban inkább két továbbvezető és megfontolásra szánt kérdéssel zárunk – és ennek megfelelően abban a tekintetben sem foglalunk egyértelműen állást, hogy eredményeink reprodukálták-e vagy inkább cáfolták a korábbi szakirodalom állításait. Úgy véljük ugyanis, hogy ezeknek a kérdéseknek a – lehetőség szerint empirikus alapú – tisztázása nélkül nem lehetséges a koartikulációs rezisztencia átfogóbb (több oldalról közelítő) és megismételhető vizsgálata, sem pedig a találtak következetes értelmezése.

1. A jelen kísérlet eredményei alapján újragondolandónak látjuk a koartikulációs rezisztencia fogalmát. Vajon érdemesebb-e a koartikulációs rezisztenciát a kontextusfüggő változatosságban keresni és a kontextustól függetlenül érvényesülő invarianciában megragadni (ahogyan azt hallgatólagos egyezményen a kurrens szakirodalom teszi, lásd pl. a bevezetőben idézett tételeket), avagy gyümölcsözőbb lehet-e azt valamivel általánosabban, az asszimilációra való hajlam hiányának tekinteni, a rezisztencia csökkenését pedig az asszimilációs hajlam fokozódásaként. Ez utóbbi megközelítésben jobban elhelyezhetőnek látszanak a koartikulációs rezisztenciának a magánhangzó-minőség és a hangsúlyhelyzet mentén esetlegesen minőségileg is eltérő megvalósulásai – amit a jelen vizsgálatban is tapasztaltunk. Ennek a megközelítésnek az előnye azonban egyben a hátránya is lehet, hiszen a vizsgált jellemzőket meghatározó előzetes megkötések nélkül könnyen körkörösé válhat a kutatómunka, melyben az alátámasztani kívánt várakozásokhoz keresünk a hatásokat mutató változókat. Éppen ezért ehhez a megközelítéshez szükséges olyan tulajdonságok (vagy tulajdonságcsoportok) kiválasztása/kidolgozása és tesztelése is, amelyek vizsgálatát koncepcionális indokok vezérlik, és amelyeknek a használata ezekből az elméleti kiindulásokból és empirikus tapasztalatokból általánosítható a kutatói gyakorlatban.

2. A jelen kísérlet alapján kérdésesnek tartjuk azt is, hogy vajon a produkción mely vetületében kell keresnünk a koartikulációs rezisztenciát? Láthattuk, hogy a jelen vizsgálat – kurrens eredményekkel összhangban – azt demonstrálta, hogy az akusztikum általánosan nagyobb változatosságot mutat a magánhangzók megvalósulásában, mint az artikuláció. Emellett azt is tapasztaltuk, hogy a két vetület sok esetben – így például a dinamikus megvalósulás vagy a változatosság

tekintetében – jelentősen eltérő képet mutatott. Nem magától értetődő tehát a válasz a kérdésre: melyik típusú változatosság az, amely a beszédhangok feltételezett rezisztenciájáról árulkodik? Ahogyan arra már a bevezetőben utaltunk, egy ilyen kérdés valójában azt az alapvető, elméletformáló témakört feszegeti, hogy mit feltételezünk a beszélő produkciós céljairól, és azt gondoljuk-e, hogy azok akusztikusak vagy inkább artikulációsak. Ahogyan pedig erre már ott is utaltunk, ezzel kapcsolatosan nincs konszenzus a szakirodalomban. Azt természetesen nem kívánjuk állítani, hogy amíg ez a valószínűleg soha el nem dőlő vita le nem zárul, vizsgálhatatlannak tartjuk a változatosság és a rezisztencia kérdéseit. Azt viszont okvetlenül hangsúlyozandónak tartjuk, hogy az eddigi kísérletes tapasztalataink alapján nem kizárható egyik vetület jelentősége sem, tehát a változatosság vizsgálatának éppannyira legitim területe az artikuláció, mint az akusztikai szerkezet. Az előbbi ugyanakkor ebből a szempontból talán elhanyagoltabb, és ezzel kapcsolatban még számos olyan vizsgálati kérdés vár megválaszolásra, amelyeket az akusztikai szerkezet elemzése alapján már esetleg lezárt dilemmának tekinthetünk.

Mivel az eredményeink tendenciaszerűen megerősítették azt a megfigyelést, mely szerint a beszédben tapasztalható akusztikai variabilitás nagyobb, mint az artikulációs (nagyértékű egyéni variációval), a vizsgálatunknak a beszédlétrehozás modelljeivel kapcsolatos hozadéka is van. Ezáltal adataink ugyanis (Whalen et al. 2018 idézett eredményeihez hasonlóan) némiképp megingatják a beszédprodukciónak azon elméleteit, melyek az akusztikai vetület elsődlegességét vagy egyenesen kizárólagosságát hangsúlyozzák a beszédlétrehozás céljai tekintetében (vö. pl. Stevens 2002), és ezen okból a jelen eredmények további párhuzamos elemzéseket sürgetnek.

Végezetül kiemeljük, hogy bár a jelen kísérlet elsősorban egy fonetikai természetű jelenséget, a koartikuláció következtében létrejövő változatosságot vizsgálta a hangsúly függvényében, a kérdés a megvalósítás változatosságának problematikáján túlmutat. Okkal feltételezhetjük ugyanis, hogy a hangsúlyhelyzethez kötődő fonetikai erősödés/ellenállás éppúgy szerepet játszik fonológiai jelenségekben, mint ahogyan egyes morfofonológiai tendenciák is levezethetők koartikulációs mintázatok fonologizációjából. Ez utóbbira klasszikus példa a magánhangzó-harmónia, amelyet egyes szerzők a magánhangzók közötti, a köztes mássalhangzón áthatoló koartikulációs folyamatokból származtatnak (vö. pl. Beňuš és Gafos (2007) összefoglalását). Az előbbi jelenségre pedig olyan nyelvtörténeti folyamatokat idézhetünk ide, mint a tövéghangzók lekopása vagy a kétnyíltszótagos tendencia, amelyek – úgy tűnik – a hangsúlyos szótagbeli magánhangzókat nem, pusztán a hangsúlytalanokat érinthetik. Kubinyi László (1958) szerint ugyanis éppen az első szótagi szóhangsúlyt alkalmazó finnugor nyelvekben (a magyar mellett például a vogulban, az osztjákban, az észtben és a lívben) terjedt el a második vagy harmadik (nyílt) szótagbeli magánhangzó tör-

lődése, és ugyanezek a nyelvek azok, amelyekben a véghangzók elsorvadása (zártabbá válása, majd törlődése) is széles körben adatolható. A jelen tanulmány témája szempontjából az sem mellékes körülmény, hogy ezekben a folyamatokban főként felső (vagy középső) nyelvállású magánhangzók érintettek (vö. pl. Bárczi 1958). Fonetikai kísérletünk eredményei tehát tágabb perspektívából is megközelíthetők, és további szempontokat vethetnek fel mind a szinkrón, mind a történeti (morfo)fonológiai kutatások számára.

Irodalom

- Bang, Hye-Young (2017), The acoustic counterpart to coarticulation resistance and aggressiveness in locus equation metrics and vowel dispersion. *The Journal of the Acoustical Society of America* 141: EL345–EL350.
- Bárczi Géza (1958), *Magyar hangtörténet. Második, bővített kiadás.* Budapest, Tankönyvkiadó.
- Beňuš, Stefan – Gafos, Adamantios I. (2007), Articulatory characteristics of Hungarian ‘transparent’ vowels. *Journal of Phonetics* 35: 271–300.
- Boersma, Paul – Weenink, David (2019), Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 5.4. <http://www.praat.org/>.
- Browman, Catherine P. – Goldstein, Loius M. (1986), Towards an articulatory phonology. *Phonology Yearbook* 3:219–252.
- Cho, Taehong (2004), Prosodically conditioned strengthening and vowel-to-vowel coarticulation in English. *Journal of Phonetics* 32: 141–176.
- Cho, Taehong (2005), Prosodic strengthening and featural enhancement: evidence from acoustic and articulatory realizations of /a,i/ in English. *The Journal of the Acoustical Society of America* 117: 3867–3878.
- Cho, Taehong – Lee, Yoonjeong – Kim, Sahyang (2014), Prosodic strengthening on the /s/-stop cluster and the phonetic implementation of an allophonic rule in English. *Journal of Phonetics* 46: 128–146.
- Deme Andrea – Grácsi Tekla Etelka – Horváth Viktória – Markó Alexandra (2011), Magánhangzó-realizációk az olvasásban és a spontán beszédben. Előadás. Elhangzott: *Beszédkutatás* 2011. október 27–28, Budapest.
- Deme, Andrea – Bartók, Márton – Grácsi, Tekla Etelka – Csapó, Tamás Gábor – Markó, Alexandra (2019), V-to-V coarticulation induced acoustic and articulatory variability of vowels: The effect of pitch-accent. In: *Interspeech 2019*: 3317–3321.
- Farnetani, Edda – Recasens, Daniel (2010), Coarticulation and connected speech processes. In *Hardcastle, William J. – Laver, John – Gibbon, Fiona E. (eds.) Handbook of Phonetic Sciences. (2nd Ed.)* Chichester, U.K.: Wiley Blackwell.
- Fowler, Carol S. (1981), Production and perception of coarticulation among stressed and unstressed vowels. *Journal of Speech and Hearing Research* 24: 127–139.
- Gósy, Mária (2014), A palatális közelítőhang kétféle funkcióban. *Beszédkutatás* 22: 17–40. ISSN 1218-8727.

- Halácsy Péter – Kornai András – Németh László – Rung András – Szakadát István – Trón Viktor (2003), A szószablya projekt. In: Alexin Z. – Csendes D. (szerk.) I. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia előadásai (MSZNY 2003) 299. http://eprints.sztaki.hu/7886/1/Kornai_1773394_ny.pdf
- Johnson, Keith – Ladefoged, Peter – Lindau Mona (1993), Individual differences in vowel production. *Journal of the Acoustical Society of America* 94:701–714.
- Kubinyi László (1958), Magyar nyelvtörténeti változások vélhető összefüggéseiről. *Magyar Nyelv* 54: 213–232.
- Kuznetsova, Alexandra – Brockhoff, Per Bruun – Christensen, Rune Haubo Bojesen (2017), lmerTest package: Tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software* 82: 1–26.
- Kühnert, Barbara – Nolan Francis (2010), The origin of coarticulation. In Hardcastle, William J. Laver, John, Gibbon, Fiona E. (eds.) *Handbook of Phonetic Sciences*. (2nd Ed.) Chichester, U.K.: Wiley Blackwell.
- Krull, Diana (1987), Second formant locus patterns as a measure of consonant-vowel coarticulation. In *Proceedings of PERILUS V*, University of Stockholm, 43–61.
- Lehnert-LeHouillier, Heike – McDonough, Joyce – McAleavey, Stephen (2010), Prosodic strengthening in American English domain-initial vowels. In: *Speech Prosody 2010*: 1–4. Paper ID: 100082.
- Lenth, Russel V. (2016), Least-squares means: the R package lsmeans. *Journal of Statistical Software* 69: 1–33.
- Lindblom, Björn (1963), Spectrographic study of vowel reduction. *The Journal of the Acoustical Society of America* 35: 1773–1781.
- Maddieson, Ian. (1984), *Patterns of sounds*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mok, Peggy K. (2011), Effects of vowel duration and vowel quality on vowel-to-vowel coarticulation. *Language and Speech* 54: 527–544.
- Morey, Richard D. (2008), Confidence intervals from normalized data: A correction to Cousineau (2005). *Tutorial in Quantitative Methods for Psychology* 4: 61–64.
- Öhmann, S. E. G. (1966), Coarticulation in VCV utterances: spectrographic measurements. *Journal of the Acoustical Society of America* 39: 151–168.
- R Core Team (2018), *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Recasens, Daniel (2010), Lingual coarticulation. In Hardcastle, William J. – Laver, John – Gibbon, Fiona E. (eds.) *Handbook of Phonetic Sciences*. (2nd Ed.) Chichester, U.K.: Wiley Blackwell.
- Recasens, Daniel (2015), The effect of stress and speech rate on vowel coarticulation in Catalan vowel–consonant–vowel sequences. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 58: 1407–1424.
- Reichel, Uwe D. (2012), PermA and Balloon: Tools for string alignment and text processing. *Proc. Interspeech*, paper: 346.
- Schiel, Florian (1999), Automatic phonetic transcription of nonprompted speech. In Ohala, John J. (ed.) (1999), *Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences ICPhS 99*, San Francisco, 1-7 August 1999. San Francisco: 607–610.
- Shaw, Jason – Gafos, Adamantios – Hoole, Phil – Zeroual, Chakir (2009), Syllabification in Moroccan Arabic: Evidence from patterns of temporal stability in articulation. *Phonology* 26, 187–215. DOI: 10.1017/S0952675709001754

- Stevens, Kenneth N. (1989), On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics* 17. 3–45
- Stevens, Kenneth N. (1998), *Acoustic phonetics*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts–London.
- Stevens, Kenneth N. (2002), Toward a model for lexical access based on acoustic landmarks and distinctive features. *Journal of the Acoustical Society of America* 111: 1872–1891.
- Whalen, Douglas – Chen, Wei-Rong – Tiede, Mark – Nama, Hosung (2018), Variability of articulator positions and formants across nine English vowels. *Journal of Phonetics* 68: 1–14.
- Winkelmann, Raphael – Jaensch, Klaus – Cassidy, Steve – Harrington, Jonathan (2018), emuR: Main Package of the EMU Speech Database Management SystemR, package version 1.1.1.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az adatfelvételben és -feldolgozásban nyújtott segítséget Weidl Zsófiának, Puzder Zsófiának, Krepsz Valériának, Doris Mückének, Anne Hermesnek és Theodor Klinkernek. A tanulmány a Tématerületi Kiválósági Program, Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, valamint az Információs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült. A tanulmány a Tématerületi Kiválósági Program támogatásával készült.