

Magyar artikulációs fonetikai kísérleti kutatások a kezdetektől napjainkig¹

Markó Alexandra,^{1,4} Grácz Tekla Etelka,^{2,3,4} Juhász Kornélia,^{2,3,4}
Deme Andrea^{3,4}

¹NBSZ Szakértői Intézet, ²HUN-REN Nyelvtudományi Kutatóközpont,
³Eötvös Loránd Tudományegyetem, ⁴MTA–HUN-REN NYTK Lendület
Neurofonetikai Kutatócsoport

The paper focuses on the history of Hungarian articulatory phonetic experiments, providing an overview of the major trends, technological background and main results. The 140-year history of articulatory experiments related to Hungarian is presented in three major periods. The boundaries of the periods are marked by significant milestones and/or several-year-long gaps due to the change of the historical-political background. The first period from 1887 until the end of World War II is the era of sporadic studies focusing on the speech sound inventories of several varieties. The second period during the era of the Hungarian People's Republic shows involvement of new instruments and a larger number of speakers. In the second part of this period the demand for exhaustive documentation of standard Hungarian is in the focus due to the new genre of atlas/album of speech sounds. The third period after the second millennium opened the floor for new research questions and paradigms via availability of modern equipment such as electromagnetic articulography, ultrasound tongue imaging or electroglottography.

Keywords: articulatory studies, history, palatography, labiography, cineradiography, ultrasound tongue imaging, electromagnetic articulometry

Kulcsszavak: artikulációs kutatások, történet, palatográfia, labiográfia, röntgenfilm, ultrahangos nyelvvizsgálat, elektromágneses artikulográfia

¹ A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja (Bolyai_918_23) (G. T. E.), az Innovációs és Technológiai Minisztérium UNKP-23-5 Új Nemzeti Kiválósági Programja (G. T. E.) és az EKÖP-24 Egyetemi Kiválósági Ösztöndíj Programja (J. K.) a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap forrásából, illetve a TKA-DAAD 177375 számú ösztöndíja (D. A., J. K.), valamint az NKFIH FK 128814 számú pályázata támogatta.

1. Bevezetés

Ismereteink az artikulációs gesztusok működéséről nem pusztán a leíró fonetika számára nagy jelentőségűek, hanem a hangzó beszéd mögött rejlő kognitív mechanizmusok (beszédtervezés és -percepció), valamint a nyelvfüggő és univerzális hangstruktúrák (fonológia) megértése szempontjából is. Mindennek a tudásnak ugyancsak jelentősége van a nyelvelsajátítás – az anyanyelv (L1) és a második vagy többedik nyelv (L2, L3 stb.) esetében egyaránt –, illetve a beszédzavarok terápiájában (Kochetov 2020a).

A jelen tanulmány célja az, hogy vázlatos áttekintést adjon a magyar nyelvre vonatkozó kísérleti fonetikai kutatásokon belül az artikulációs vizsgálatok főbb korszakairól, az azokra jellemző kutatási kérdésekről és technikákról, valamint az eredményekről. Természetesen nincs mód arra, hogy e tanulmányban az artikulációs kísérletekről kimerítő áttekintést nyújtsunk, és részletesen kitérjünk az elmúlt évtizedek minden eseményére, így ismertetésünk bizonyos mértékig szubjektív, hiszen azokat a történeti-módszertani aspektusokat domborítja ki, amelyeket mi magunk jelentősnek tartunk a tudományterület hazai alakulásának szempontjából.

1.1. Az artikulációs vizsgálatok általános módszertani sajátosságai az akusztikai elemzések tükrében

Jóllehet a beszéd akusztikai kimenetét elemezve jelentős mennyiségű információ nyerhető az artikulációs gesztusokról, mégis igen gyakori, hogy az artikulációs és az akusztikai események között nem egy az egyhez a viszony, azaz több artikulációs gesztus együttesen hoz létre egy akusztikai jellemzőt (mint például a magánhangzók formánsfrekvencia-értékei esetében, ahol a legismertebb összefüggés az, hogy az F_2 értékére a nyelv vízszintes helyzete és az ajakműködés egyaránt hatással van). Ez a sajátosság korlátozhatja az egyébként nagyon hatékony és könnyen kivitelezhető akusztikai elemzések érvényességét (Kochetov 2020a).

A beszédprodukción vizsgáló kísérleti fonetikai kutatások között jelentős számú akusztikai vizsgálatot találunk, míg az artikulációval foglalkozó elemzések láthatóan kisebb hányadot képviselnek a nemzetközi szakirodalomban. Még nagyobb az arányeltolódás a hazai, illetőleg a magyar nyelvre vonatkozó kutatások terén az akusztikai vizsgálatok javára. Ennek a jelenségnek a hátterében többféle ok is áll. Az egyik az, hogy az artikulációval ellentétben az akusztikai jel könnyen megfigyelhető és elemezhető. Az artikulációs szervek gesztusainak elemzéséhez, vagyis például a hangszalagok, a nyelv, a lágyszájpad és az uvula működésének vizsgálatához speciális berendezésekre van szükség, mivel ezek a struktúrák a beszéd-

produkció során nem láthatók. Ugyanakkor az artikuláció vizsgálatában nemcsak az jelent nehézséget, hogy különleges műszerezettséget igényel, hanem az is, hogy a legtöbb artikulációra összpontosító mérési módszer valamilyen mértékben módosítja a beszédprodukciót, ezáltal némiképp torzíthatja az eredményeket. Általánosan ismert és elfogadott például az a jelenség, hogy az elektromágneses artikulográfiában (EMA) a nyelvre rögzített szenzorok és az ajaknyíláson keresztül kivezetett kábelek befolyásolják a beszéd természetességét (lásd pl. Meenakshi et al. 2014). Ráadásul a legtöbb ilyen módszer különböző mértékű és jellegű kényelmetlenséget okoz a résztvevőknek: például a közvetett palatográfia esetén – lásd alább – a beszélőnek egy „műszájpaddás”-sal² a szájában kell beszédhangokat produkálnia (vö. pl. Balassa 1887, 1908). Az artikulációs vizsgálatok esetében a felvételek és az előkészületek általában viszonylag sok időt vesznek igénybe. Mindezen okokból fakadóan az artikulációs elemzések résztvevőinek toborzása és az adatgyűjtés nagyobb erőfeszítést igényel, mint az akusztikai vizsgálatok esetén. Az artikulációs módszerek némelyike ráadásul érzékeny a vizsgált szervek és szövetek minőségi és mennyiségi paramétereire is (lásd pl. Stone (2005) tanulmányát az ultrahangos nyelvvizsgálatról), így egyes beszélők esetében alig lehet a beszéd közbeni motoros működésekről értékes adatokat nyerni. A legtöbb műszerre pedig az is igaz, hogy csak az artikuláció egyes részfolyamatait teszik hozzáférhetővé, illetve csak az artikulációs szervek bizonyos részeinek mozgását detektálják. Végül azt is meg kell említenünk, hogy a korszerű artikulációs műszerek többségének a költségigénye jelentősebb, mint akár a legprofesszionálisabb akusztikai mérést lehetővé tevő technikáé, nemcsak azért, mert maguk az eszközök drágábbak, hanem azért is, mert a munkaigény is nagyobb: általában több kutató és/vagy jelentősebb technikai segítség szükséges a műszerek alkalmazásához és az adatok feldolgozásához, ennél fogva az elemzések és az eredmények kinyerése és értékelése is több időbe telik.³

² Tanulmányunkban a szájüregben a nyelv felett található (a szájüreg felső határát alkotó) beszédszervet az orvosi-anatómiai szaknyelvnek megfelelően *szájpadd*-nak, nem pedig *szájpaddás*-nak nevezzük (vö. Donáth 1983, Szentágothai – Réthelyi 2006), míg a palatográfia kapcsán a mesterségesen előállított „mérőeszközre” az ezt alkalmazó szerzők által használt nevezéktant nem módosítva a *műszájpaddás* kifejezést alkalmazzuk.

³ Kutatói nézőpontból az sem mellékes, hogy míg a külföldi laboratóriumokban technikai személyzet áll a kutató rendelkezésére a kísérletek kivitelezésében és az adatok feldolgozásában, addig Magyarországon minden munkafázist a kutatók – csapatmunkában – végeznek el.

Habár a fonetika és a laboratóriumi fonológia területén elsősorban az akusztikai vizsgálatok a jellemzők, az artikulációs kutatások is hasonlóan hosszú múltra tekintenek vissza mind a nemzetközi tudományosságban, mind a magyar nyelvet mint kutatási témát tekintve. A fent említett nehézségek ellenére, valamint annak dacára, hogy az ország határain belül sokáig nem létezett fonetikai laboratórium,⁴ a magyar tudósok kezdettől fogva felismerték az artikulációs kísérletek tudományos értékét. A magyar nyelvészeti intézményekben ugyanakkor nem mindig álltak rendelkezésre a megfelelő eszközök, ezért a kutatók külföldön biztosított lehetőségek révén sajátították el, majd alkalmazták ezeket a módszereket a magyar beszéd tanulmányozására. Emellett számos kísérletet végeztek hazai, fiziológiai vizsgálatokkal foglalkozó kutatóközpontokban, valamint orvosi egyetemeken és klinikákon, szerte az országban. Továbbá, ahogyan azt Vértes O. András (1982: 284) is említette, a kutatók nemegyszer „saját műszerükkel” dolgoztak. A vizsgálatokat mindezen okok miatt általában csak egy vagy esetenként néhány magyar anyanyelvű beszélővel végezték el, és több esetben maguk a kutatók voltak a saját vizsgálataik alanyai.

A hazai artikulációs vizsgálatok korai időszakában a kísérletek elsősorban egyes (bizonyos esetekben izoláltan ejtett) beszédhangokra vagy beszédhangcsoportokra összpontosítottak, mivel kizárólag **statikus** módszerek álltak rendelkezésre e szegmentumok elemzésére, azaz olyan technikák, amelyek egy-egy pillanatnyi (rövid ideig fennálló) artikulációs konfigurációt tudtak rögzíteni (pl. palatográfia, labiográfia). Ezek az elemzések főként konkrét beszédhangok vagy egy adott beszédhangkategória kimerítő leírását, illetve a magyar nyelv egy adott változatára jellemző beszédhangkészlet dokumentálását célozták meg. Az artikulációs kutatások e korai szakaszában azonban már ismerték és elismerték a hangkörnyezetnek a különböző artikulációs paraméterekre gyakorolt hatását is (vö. pl. Gombocz 1908). Később, amint a **dinamikus**, vagyis a beszéd folyamatváltozásait is detektálni képes módszerek (pl. röntgenfilm) is hozzáférhetővé váltak, a figyelem egyre inkább az összefüggő beszéd elemzésére irányult. A közelmúltban, ahogyan a modern technikák egy része (pl. a nyelvult-rahang) egyre inkább elérhetővé vált a magyar laboratóriumokban, a kutatásban részt vevő anyanyelvi beszélők számának megnövekedését is tapasztalhattuk.

⁴ Létezett ugyan a Keleti Kereskedelmi Akadémiának egy ún. Fonetikai Laboratóriuma Pécssett Balassa József vezetésével 1913 és 1918 között (Gósy 2022), de Vértes O. András szerint itt „a fonográfon kívül talán csak pneumográffal végeztek kutatást” (1982: 284).

1.2. A magyar nyelvvel kapcsolatos artikulációs vizsgálatokra vonatkozó történeti források

A magyar fonetikai kutatások történeti szempontú feldolgozásának szakirodalmában a legismertebb Vértes O. András (1980) monográfiája, amely az újgrammatikusokig dolgozza fel a különféle szerzők hangtani leírásait, megjegyzéseit, azonban a jelen tanulmány szempontjából releváns korszakot már nem tárgyalja. A szerző *A magyar leíró hangtan története az újgrammatikusoktól 1945-ig* (1982) című összefoglalása ugyanakkor a témánk szempontjából is szolgál hasznos információkkal. Hasonlóképpen említésre méltó, habár Vértesnél szűkebb intervallumot tárgyal Molnár József munkája (1978). Gósy Mária és Olaszy Gábor (1985) írása a hazai kísérleti fonetika kezdeteiről, valamint Gósy Mária több tanulmánya (pl. 2011, 2022, 2023) ugyancsak lényeges forrásként szolgál a tudományterület hazai fejlődését illetően, ahogyan egyébként néhány, egy-egy kísérletet bemutató publikáció is számot ad a történeti előzményekről (pl. Szende 1969, 1974b).

1.3. Egy lehetséges korszakolás

A magyar artikulációs fonetika közel 140 éves története korántsem folytonos. Habár bizonyos esetekben közvetlen kapcsolat fedezhető fel egyes kutatók és kutatások között, más időszakokban ezzel ellentétben inkább elszigetelt kutatások jellemzők, mintsem a tudományterület szerves fejlődése. Ez azzal is összefügg, hogy az artikulációs kísérleteket biztosító intézményi háttér sem volt folytonos és egységes, amit természetes módon befolyásol a tudománypolitika is, ez pedig közvetlenül ki van téve a történelem alakulásának (vö. pl. Glatz 2002). Az egyes korszakokra jellemző technikai és módszertani sajátosságok is eltérőek, hiszen ezek a technológiai fejlődéssel változtak. Idekapcsolhatjuk még a tudományetikai szempontokat, illetve ezek változását is: például a korábban igen népszerű röntgenográfia mint kísérleti eljárás a 20. század végétől teljesen eltűnt az artikulációs vizsgálatok köréből, mivel egészséges emberek esetében a sugárterhelés miatt indokolatlanul kockázatosnak tartották.

A magyarra vonatkozó kísérleti artikulációs fonetikai kutatások történetében mindezen megfontolások alapján a következő korszakokat határoztuk meg:

1. 1887–1945. A hazai artikulációs fonetikai kutatások történetének kezdetét az első e témában publikált tanulmány megjelenéséhez köthetjük (1887). E kezdeti korszak végét a második világháború lezárása jelöli ki, amely az államforma, és ezzel együtt a tudo-

- mánypolitikai berendezkedés megváltozását is magával vonta (lásd Vértes 1982 korszakolását is).
2. 1949–1995. Jelentős mérföldkő a hazai nyelvtudomány történetében a Nyelvtudományi Intézet 1949-es megalakulása, ahol ugyanabban az évben létrejött a fonetikai laboratórium is, Hegedűs Lajos vezetésével (Vértes 1959). Az ezt követő évtizedekben számottevő mennyiségű artikulációs kutatás zajlott az 1951-től a Magyar Tudományos Akadémiához tartozó intézetben, illetve több külföldön (is) tevékenykedő kutató ezzel az intézménnyel állt szoros kapcsolatban. E külföldi kutatóknak köszönhetően is érkeztek hazánkba új módszertanok és kutatási eredmények. A korszak végét az erre az időszakra igen jellemző fonetikai atlasz műfajába sorolható utolsó mű megjelenéséhez (Bolla 1995) kötjük.
 3. A 21. század első évtizedei. E napjainkig tartó időszak jellemzője az újfajta kérdésfelvetések és elemzések lehetősége a modern technológiának és a szabad információáramlásnak köszönhetően, a nemzetközi együttműködések újbóli felívelése, és az előzményekhez képest nagyobb résztvevőszámmal készülő vizsgálatok számának növekedése. Napjainkban egyre több hazai beszédlaboratóriumban és kutatóműhelyben dolgoznak artikulációs műszerekkel és/vagy az azokból származó adatokkal (Eötvös Loránd Tudományegyetem, Miskolci Tudományegyetem, Szegedi Tudományegyetem, HUN-REN Nyelvtudományi Kutatóközpont, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) mind fonetikai alapkutatások végzésének, mind pedig alkalmazások fejlesztésének a céljával.

Tanulmányunk 2–4. fejezetében e korszakok szerinti bontásban mutatjuk be a legfontosabb kutatásokat.

2. Artikulációs vizsgálatok 1945-ig

A magyar nyelv tekintetében az első dokumentált artikulációs tanulmányok a 19. század végén láttak napvilágot. Elsőként Balassa József (1864–1945) végzett **palatográfiai** vizsgálatot a magyar beszédhangokról, saját kiejtése alapján, amelyet 1887-ben publikált magyar nyelven.

A palatográfia a nyelv és a szájpad érintkezésének vizsgálatára alkalmas technika, amely detektálhatóvá teszi a szájpadon az érintkező felület helyét és kiterjedését (bizonyos korlátok között) oly módon, hogy vala-

milyen (festék)anyag⁵ használata révén a nyelv a beszédhang ejtésekor nyomot hagy a szájpardon.⁶ Ezt a szájpadi képet rögzítették valamilyen módon, például lerajzolták vagy lefotózták. A korszakban még csak az ún. statikus palatográfia létezett,⁷ azaz egy konkrét artikulációs konfigurációt lehetett dokumentálni ezzel a módszerrel. Ebből adódóan ennek a technikának a használatakor vagy csak izolált beszédhangejtésre volt mód, vagy olyan kontextust alkalmaztak a kutatók, amelyről azt gondolták (a mai tudásunk szerint nem mindig helytállóan), hogy a környezetben lévő beszédhangok esetében nincs nyelv-szájpadi érintkezés.

Balassa (1887) az amerikai Norman W. Kingsley és a német Friedrich Techmer munkáira hivatkozva a Kingsley által alkalmazott ún. közvetett (indirekt) technikát követte, azaz műszájpadlást alkalmazott. Gipszmintát vett a saját szájpadjáról, majd ennek alapján elkészítette annak mását vulkanizált kaucsukból. Finom krétapor és alkohol elegyével kente be a műszájpadás homorú oldalát, amelyből az alkohol gyorsan elpárolgott, így a bevonat megszáradt. A szájba helyezett műszájpadlason a beszédhang kiejtése közben a nedves nyelv nyomot hagyott (az érintkezési felületről a krétapor a nyelvre került). A műszájpadás óvatos eltávolítását követően a lenyomati képet átmásolták papírra. Ezzel szemben Techmer ún. közvetlen, azaz direkt palatográfiát alkalmazott (Balassa szerint Techmer ezt „természetes mód”-nak nevezi, 1887: 134), ahol nem használtak műszájpadlást, hanem a befestett nyelv közvetlenül a beszélő szájpadján hagyott nyomot, és ezt rajzolták le.⁸

A jelenből visszatekintve Balassa eredményeire, az izoláltan ejtett magán- és a mássalhangzók esetében kapott lenyomatok egyaránt kétségeket ébresztenek az általa végzett kutatás megbízhatóságával kapcsolatban. A rajzok egy része irreálisan szimmetrikus nyelvérrintkezési területeket mutatott (vö. pl. Gombocz 1908), míg mások esetében semmilyen különbség nem volt az artikulációsan egyértelműen elkülönülő szegmentu-

⁵ Ennek ismertetésére itt nem térünk ki, de a különböző kutatásokban alkalmazott anyagok összetételéről, jellemzőiről részletesen tájékoztat Gósy (2023) tanulmánya.

⁶ A módszer „fordított” alkalmazása a lingvográfia, azaz amikor a szájpadot festik be, így az ejtés a nyelven hagy nyomot, s ennek alapján a szájpad-nyelv érintkezés helye és kiterjedése a nyelv felületén válik vizsgálhatóvá.

⁷ Ma már az elektropalatográfia módszerével a folyamatos beszéd is vizsgálható, ezt nevezzük dinamikus palatográfiának (részletesen lásd például Stone 2010), amely azonban a hazai tudományosságban mindeddig nem kapott szerepet.

⁸ Később a technikai lehetőségek fejlődésével a lenyomatot lefényképezték, lásd fotopalatográfia.

mok (pl. az /ε/ és az /e:/) között. Ennek következtében Techmer, bár Balassa ábráit közölte folyóiratában (Balassa 1889), megkérdőjelezte azok hitelességét. A kételyeiből fakadóan megismételte a megfigyeléseket egy másik magyar anyanyelvű férfi beszélővel, az ún. természetes (direkt) módszerrel (azaz műszájpadrólás nélkül), és Balassa eredményeitől eltérő eredményeket kapott, amelyeket aztán ő is publikált (Techmer 1889, idézi Gombocz 1908). Munkájának hiányosságai ellenére Balassa elkötelezett volt a kísérleti módszerek objektivitása mellett. A palatogramjai alapján például felülvizsgálta a magyar [ʒ] és [ʃ] artikulációs helyére vonatkozó korábbi állításait, és palatálisok helyett posztalveolárisokként pozicionálta őket. Balassa 1908-ban Gombocz Zoltán (1908) kritikájára válaszul közzétett tanulmányában elismerte, hogy 1887-es kísérletében a műszájpadrólás tulajdonságai befolyásolhatták az artikulációs gesztusokat, de hangsúlyozta, hogy az eltelt időben a tudományterület sokat fejlődött. Mindent egybevetve, Balassa úttörő szerepe a magyar artikulációs kutatások elindításában tagadhatatlan.

Ebben a korszakban a beszéd fiziológiájáról szóló, nemzetközileg a legnagyobb hatású tanulmány a Rousselot abbé által írt, kétkötetes *Principes de phonétique expérimentale* (1897–1901, 1901–1908) volt, amely több nyelv számos beszédhangjának különböző artikulációs gesztusait regisztrálta. Francia, portugál, orosz, angol, svéd stb. példák mellett a magyar [d] (1897–1901: 609), [l] (1897–1901: 611) és [k] (1901–1908: 652, 653) palatogramjait is bemutatta (lásd még Gósy – Olasz 1985, Gósy 2023).

A palatográfia az egész 20. században igen népszerű módszer volt a magyar beszédhangok artikulációjának elemzésére, amint azt Gósy (2023) részletesen dokumentálta. Balassa után (mint említettük) Gombocz Zoltán (1877–1935) publikálta a magyar beszédhangok palatogramjait 1908-ban, amelyek a saját ejtéséről készített felvételek voltak. Gombocz módszertani problémákat és hiányzó szegmentumokat fedezett fel Balassa (1887) munkájában, és ez arra ösztönözte, hogy más módszerekkel és anyaggal új vizsgálatot végezzen. Gombocz ugyancsak műszájpadrólást használt, de Balassáénál rövidebbet, amely nem akadályozta annyira a természetes artikulációt, mint elődje eszköze. Másrészt a beszédhangokat nem izoláltan, hanem szavakban ejtette ki. Meg kell jegyeznünk, hogy bár a kontextusban történő ejtés természetesebb lehet, a Gombocz által választott kontextusokra nem érvényes, hogy bizonyosan nyelv-szájpad kontaktus nélkül valósultak volna meg (vö. még Szende 1974b, Gósy – Olasz 1985). Ezen túlmenően Gombocz Ernst Alfred Meyerral a magyar magánhangzók nazalizálódásáról is tett néhány megfigyelést (Meyer – Gombocz 1909, idézi Vértes 1982).

Három évtizeddel később Csűry Bálint (1886–1941) a Gombocz által használt közvetett palatográfiai módszer alkalmazásával a Magyarországi északkeleti részből származó egyes nyelvjárási beszédhangokat elemzett (1936). Szintén a saját ejtését vizsgálta, és szó méretű kontextusban ejtette a beszédhangokat.

Az eddig említett palatográfiai vizsgálatok kvalitatív megközelítést alkalmaztak, azaz rajzokon dokumentálták a lenyomatokat, és ezek alapján tettek megállapításokat. Hegedűs Lajos (1908–1958) ezzel szemben kvantitatív módszert alkalmazott az érintkezési terület mérésére (1941–43). Hegedűs a kísérleteket 1939-ben Giulio Panconcelli-Calzia hamburgi Fonetikai Laboratóriumában végezte, és az általa kifejlesztett, geodéziai planiméteren alapuló módszertant használta a saját méréseihez (vö. Szende 1974b). Ehhez olyan műszájpaddást készített, amelynek felületébe egymástól 10 mm-re kis lyukakat fűrt. Ezek a lyukak szolgálták referenciapontokként a mérésekhez. Ennek alapján számszerű összehasonlításokat végzett beszédhangpárok (pl. zöngés és zöngétlen) és különböző fonetikai pozíciókban lévő (szókezdő vs. szó belseji) beszédhang-megvalósulások között.

Hegedűs emellett az artikulációs fonetika területén számos más kísérleti technikában is jártasságot szerzett. A magyar beszédhangokra vonatkozó **nazometriai** adatait 1931-ben publikálta. A felvételeket ún. kettős regisztrálással készítette, azaz egy-egy gumicsövet helyezett az orr-, illetve a szájnnyíláshoz, amelyek egy-egy membránhoz kapcsolódtak. A kiáramló levegő hatására a membrán rezgett, és ezt a rezgést a membránra csatlakoztatott vékony tú kormozott papírra karcolta. Az orrból kivezető csővön áthaladó levegő tehát a kimográf nevű eszköznek a révén megjeleníthetővé vált, és a rögzített rezgésből következtetni lehetett arra, hogy az egyes nazálisok kontextusában a magánhangzók nazalizációja megtörténik-e, illetve arra is, hogy ha van nazalizáció, az milyen mértékű. Bizonyos értelemben ezt tekinthetjük az első olyan, a magyar beszédre vonatkozó vizsgálatnak, amely szisztematikusan vizsgált meg egy koartikulációs jelenséget. Hegedűs a *manó, érvelem, hamvas, lankad, csonka, engem, lomb, angyal* szavak elemzése alapján arra következtetett, hogy 1. a nazálisok fizikailag hasonlóbba a magánhangzókhoz, mint a mássalhangzókhoz; 2. a nazális regresszív hatást gyakorol a megelőző magánhangzóra, azaz nazalizálja, ugyanakkor ha a nazálist zárhang követi, ez a hatás jóval gyengébb, vagy nincs is; 3. progresszív, tehát a nazálist követő magánhangzóra ható nazalizáló hatás is megfigyelhető; 4. bármelyik irányú nazalizálódás hatása gyenge, ezért a magánhangzók nem keltik az észlelés számára nazoorális hangzó benyomását. Az eredmények és következtetések e rő-

vid összegzése jól mutatja, hogy a korszakban viszonylag kevés nyelvi anyag alapján vontak le általános következtetéseket, és a kísérleti módszertan alkalmazása ellenére is jelentős mértékben támaszkodtak a kutatók a saját benyomásaikra (például az észlelésre vonatkozó állításokat nem alapozta meg percepciók tesztelés).

Habár a magánhangzók esetében az ajkak helyzetének vizuális (rajzokon való) ábrázolása már az 1900-as évek elejétől kezdve több forrásban is megjelent (pl. Balassa 1904, Bárczi 1928, vö. Gósy – Olaszky 1985), az első dokumentált kísérleti adatokat is Hegedűs Lajos tanulmányában (1931) találjuk. Ő frontális perspektívából készült **labiográfias** mozgóképes felvételtől kivágott képeket közölt, és bemutatta az ajaknyílás méretének mérését mind a vízszintes, mind a függőleges dimenzióban. A Hegedűs vizsgálatában használt beszédanyag szavakból állt, de mérések csak a magánhangzókra végeztek. A szerző két egy szótagos szó (*és ott*) produkciójáról rögzített képsorozatokon az ajkartikuláció néhány dinamikus aspektusát is bemutatta.

Jelenlegi ismereteink szerint Bárczi Gusztáv (1890–1964) volt az első, aki 1928-ban **röntgensugárral** vizsgálta a magyar beszédhangokat (Vértes 1982). Őt követően Hegedűs Lajos 1936-ban nemcsak röntgenfelvételeket publikált, hanem a magánhangzó-produkció során a száj- és garatüreg térfogati adatait is bemutatta.

Bakó Elemér (1915–2000) háromféle technikával dokumentálta a saját idiolektusának magánhangzóit: röntgennel, (közvetett) palatográfiával és labiográfival (1941–43). Mivel Bakó ejtésében nazoorális magánhangzó-realizációk is szerepeltek, és a szerző az összes olyan magánhangzót dokumentálta, amelyet a saját idiolektusához tartozónak tekintett, ez a tanulmány egyedülálló módon nazoorális magánhangzókat is bemutatott, amelyek természetesen nem részei a sztenderd magyar magánhangzó-állománynak. A szerző a magánhangzókat a vizsgálati technikától függően szavakba ágyazva (mindig /l/ környezetében) és izoláltan is rögzítette. A palatogramokat és a röntgenrajzokat páronként vagy beszédhangcsoportonként mutatta be, ahol eltérő vonaltípusok különböztették meg a magánhangzókat (pl. orális vs. nazoorális; rövid vs. hosszú). Az elemzést vegyes módszerrel végezte: Bakó igen részletes kvalitatív leírást adott az artikulációs konfigurációkról és azok különbségeiről a párok tagjai között, és emellett a szájpad és a nyelvhat legmagasabb pontja közötti távolságot reprezentáló (röntgenfelvételtől származtatott) kvantitatív adatokat is közölt.

3. Artikulációs tanulmányok a 20. század második felében (1949–1995)

Az 1950-es évektől kezdve jelentős hatású megfigyelések történtek a magyar beszéd artikulációjára vonatkozóan a beszédlaboratóriumokban, mind külföldön (vendégkutatóként működő vagy emigrációban élő kutatók által végzett vizsgálatok alapján), mind Magyarországon.

Fónagy Iván (1920–2005) a legkülönbébb hazai és külföldi kutatóhelyeken és műszerekkel végzett artikulációs elemzéseket, amelyek jellemzően a hangsúly és az érzelmileg telített beszéd létrehozásával voltak kapcsolatosak. Az akusztikai regisztrátumokat hozzáillesztette az artikulációs eszközökkel nyert adatokhoz azért, hogy a beszéd e két dimenziója közötti relációkat feltárja, és nemegyszer percepciók kísérleteket is végzett. Az ő elemzéseire is jellemző, hogy néhány szónyi vagy rövid mondatnyi minta képezte a kísérletei anyagát, és felvételeit csak néhány beszélővel tudta rögzíteni, akik között gyakran ő maga is szerepelt. Fónagy törekedett az összefüggések feltárására és az elméletalkotásra, publikációiban a kísérletek leírása gyakran ehhez szolgált illusztrációul. Amint látni fogjuk, gondolatai bizonyos értelemben előfutárai voltak több később publikált elméletnek, magyarázó elvnek.

Fónagy vizsgálataiban gégemikrofont és pneumográfot, azaz légzés-mérőt (1954), valamint elektromiográfot, azaz az izomaktivitás mérésére szolgáló eszközt (1958) használt annak érdekében, hogy regisztrálja a hangsúly fiziológiai megvalósulásának hordozóit a gégeben és a belső bordaközi izmokban. Emellett az érzelelkifejező beszédben gégemozgásokat elemzett gégetükrözés és a gége függőleges keresztmetszetét elülső nézetből rögzítő röntgenfelvételek segítségével (1963). Fónagy megfigyelte a hangszalagok, az álhangszalagok és a Morgagni-féle tasak működését „normális”, „lágy, gyengéd”, „dühös” és „gyűlölködő” beszéd során. Fónagy Évával közösen manométer (nyomásmérő) segítségével a szájnyomás változását is elemezték rövid mondatok ejtése során (Fónagy – Fónagy 1969). Az artikulációs folyamatok lenyomatának, az ezzel egyidejűleg rögzített akusztikai képeknek, valamint az észlelési kísérletek eredményeinek komplex, kvantitatív és kvalitatív módszerekkel végzett elemzése alapján Fónagy arra a következtetésre jutott, hogy több esetben az akusztikai és artikulációs regisztrátumok pozitív csúcsai, azaz az akusztikai kiemelés és a maximális artikulációs erőfeszítés helye nem egyezett meg, és ugyanazon a megszólaláson belül eltérő szótagokhoz illeszkedtek. Néhány ilyen esetben a hangsúly észlelése is csak kisebb mértékű egyezést mutatott a percepciók tesztek résztvevői között. Ezen elmentmondások alapján Fónagy (1958) egyes korábbi kutatók (a szerző Techmerre és Jespersenre utalt, pontos hivatkozás nélkül) nézeteihez ha-

sonlóan azt feltételezte, hogy a hallgatók a hangsúly detektálásában az artikulációs manőverek azonosítására támaszkodnak, amelyeket az észlelt beszédből következtetnek ki. Ez a feltételezés analóg a beszédészlelés motoros elméletével, amelyet néhány évtizeddel később Liberman és Mattingly (1985) javasolt. Fónagy megállapításai – ha nem is explicit módon – már felvetették a prozódiai erősítés gondolatát is, amely szerint a prozódiai szerkezet (pl. a prominenciajelölés, illetve a prozódiai egység más kitüntetett helyei, úgymint a határai) modulálja a szegmentumok fonetikai realizációját (Fónagy 1962). Ezt a koncepciót a 20. század utolsó évtizedeiben dolgozták ki (pl. de Jong 1995; Fougeron – Keating 1997).

A röntgenfilmes technológia az artikuláció elemzésének nagyon népszerű módszere volt ebben az időszakban. Lotz János (1913–1973) két magyar anyanyelvű beszélővel (egy nővel és egy férfival) készített röntgenfilmfelvételt 1960-ban New Yorkban (vö. Lotz 1966; Szende 1974a).⁹ A beszédanyag szavakból és mondatokból (többek között palindromokból) állt. Szende Tamás (1940–2015) a férfi beszélő röntgenfelvételeiről készített rajzokon végzett méréseket 14 évvel később (Szende 1974a). Mai kifejezéssel élve lokális hiperartikulációt (Lindblom 1990; de Jong 1995) dokumentált a szóhangsúlyos magánhangzók esetében a hangsúlytalanokhoz képest; a zöngétlen obstruensek esetében pedig feszebb artikulációs gesztusokat (nagyobb felületű nyelv-szájpadai érintkezést) írt le, mint ezek zöngés párjainál. Felvetette, hogy a nagyobb variabilitással ejtett beszédhangok jobban ki vannak téve a hangváltozási folyamatoknak.

Szende Tamás (1969) az ajakműködésre vonatkozóan is végzett kutatást, filmes technikával (kinolabiográfiával), egy színésznő ejtése alapján. Részletes számításai mellett a filmből „kifényképezett” fotókat is bemutatott, ezek minősége azonban több esetben kívánnivalót hagyott maga után. Az adataiból levont fontosabb következtetései, hogy a szóhangsúlyos (első) szótagban álló magánhangzók a hangsúlytalanokhoz képest nagyobb „viszonylagos labializáció jellemzi” (Szende 1969: 369), illetve a hosszú magánhangzók ejtése az ajakműködés tekintetében kevésbé változékony, mint a rövideké. Dokumentálta a szomszédos szótagbeli magánhangzók koartikulációs egymásra hatását. Gósy Mária 1976-os tanulmánya ugyancsak az ajakartikulációt vizsgálta, a Szende által alkalmazottól eltérő, de úgyszintén a kvalitatív és kvantitatív módszertant ötvözve.

Szende Tamás 1974-ben egy közvetlen palatográfiával készült vizsgálatot is publikált, amelyben négy beszélő ejtésében elemezte azokat a más-

⁹ Lotz röntgenfilmfelvételéből egy mutatványt (az *atya* szó kiejtését bemutató részletet) Molnár (1969) atlaszában láthatunk.

salhangzókat, „amelyeknek képzésében a levegőkiáramlást módosító elem a szájcsatorna dentialveoláris és postpalatális zónája közé esik” (Szende 1974b: 331), mindegyiket CV szótagokban, amelyekben a magánhangzók az /a: u i/ „sarkalatos” magánhangzók voltak. Szende a tanulmánya elején tudománytörténeti áttekintést is adott, elsősorban a palatogramok kvantitatív elemzésének módszertanára összpontosítva. A saját vizsgálati eredményeinek bemutatásában a kvalitatív leírás mellett az érintkezési felület méretét is számszerűsítette. A nyelv és a szájpád teljes felületű érintkezését véve 100%-nak, ehhez arányította a különböző mássalhangzók ejtésekor a különféle kontextusokban mért érintkezési felületet, majd ezeknek az átlagát vette a mássalhangzók jellemzésére. Bár a leírás igen részletes, sajnálatos módon Szende ezen tanulmányának végén mindössze 22 palatogramot tett közzé. A mai ismereteink szerint ez a fonetikai szempontból módszertanilag legjobban megalapozott magyar nyelvű, (statikus) palatográfiával végzett kutatás (a magyarra vonatkozóan dinamikus módszertannal, azaz elektropalatográfiával végzett vizsgálatot nem ismerünk).

További kvantitatív röntgenfilmes vizsgálatokat végeztek Bolla Kálmán (1930–2021) és munkatársai az összes magyar magán- és mássalhangzóra vonatkozóan (pl. Bolla 1981b, c). Minden egyes beszédhangról öt képet transzformáltak a röntgenfilmekről számítógépre, majd a számítógépes rajzokat kvantitatív módszertannal elemezték. Bolla az említett tanulmányokban rajzokon mutatta be az egyes beszédhangok artikulációs konfigurációit, valamint az egyes konfigurációkban végzett hangtani mérések eredményeit táblázatokban összesítette. Ezek az adatok nemcsak a magyar beszédprodukciónak mechanizmusainak jobb megértését segítették, hanem később egy modern, artikulációs alapú beszéd szintetizátorhoz is felhasználhatók voltak (Bolla et al. 1986).

Látjuk, hogy ebben a korszakban több módszerrel készültek vizsgálatok. Az első korszakhoz képest a technológiai fejlődés a meglévő módszerek egy részének továbbfejlesztését eredményezte: például a palatográfiában használatossá vált a fotótechnika, egyre inkább általánossá váltak a kvantitatív mérési módszertanok, és az érdeklődés fokozatosan a technológiai alkalmazások felé fordult. A korszak jellemző műfaja lett a fonetikai atlasz, más néven hangatlasz vagy hangalbum, amelyben a szerzők átfogó áttekintést kívántak adni az egyes beszédhangok artikulációs és akusztikai jellemzőiről.

A műfaj hazai megjelenésének voltak nemzetközi előzményei és kortársai, például Wängler (1958) német, Straka (1965) francia, valamint Dvončová és munkatársai (1969) szlovák atlasza. A magyar beszédhangokat

bemutató atlaszok sorában az első Molnár József (1927–1987) munkája volt (1969), amelyet Bolla Kálmáné követett (előbb 1980-ban, majd 1995-ben).

Molnár atlasza egyetemi segédkönyvnek készült, mivel a felsőoktatásból „régóta hiányzott a magyar beszédhangok képzését sokoldalúan bemutató mű” (1969: 5). A kötet első részében a szerző rövid történeti áttekintést adott az artikuláció és az akusztikum vizsgálati módszereiről, ezt a beszédképző szervek bemutatása, majd a beszédhangok osztályozása követte. Külön fejezet szolt a fonetikus írásról (a Setälä-féle, a magyar egyezményes és a nemzetközi hangjelölési rendszerekről), majd a beszédhangok akusztikájáról. A következő rész a beszéd elemzésének módszertanát tárgyalta, végül kitért a szintézisre mint közvetett elemzési módra. Ezt követte a beszédhangok bemutatása ún. táblákon. Minden egyes magánhangzóhoz tartozott egy-egy tábla, ugyanakkor a mássalhangzók esetében a szerző érthetetlen módon összevonta a zöngétlen és a zöngés párokat egy-egy táblán. A táblákon megtaláljuk a) az ajakműködést filmfelvételen, fotókon és a fotókról készült rajzokon, mindegyiken szemből és oldalnézetből; b) a fotopalatogramot és ennek átrajzolt, grafikus megjelenítését; c) a röntgenfelvételt oldalnézetből és ennek grafikus sémáját; d) a beszédhangról készült hangszíneképet (a zöngésségi párok esetében vagy az egyikről, vagy a másíkról); végül e) a szerző által írt rövid szöveges magyarázatot a beszédhang ejtéséről.

Bolla Kálmán *Magyar hangalbum*-a 1980-ban jelent meg, a *Magyar Fonetikai Füzetek* 6. köteteként. Több, előzménynek tekinthető kísérletről beszámolnak a sorozat korábbi számaiban megjelent munkák (pl. Bolla 1978a, b). Az album bevezető része módszertani magyarázatokat ad a táblók értelmezéséhez, magyar és angol nyelven. A táblók itt is bemutatnak fotoröntgenogramot és ennek a rajzolt sémáját, de itt dinamikus módszerű, azaz röntgenfilmes regisztrátumokat is látunk: öt képet, amelyek a képzési időtartam elején, annak negyedénél, felénél, háromnegyedénél és a végén készültek. Az ajakműködésről szintén készült fotolabiodram és film is, az utóbbiból a röntgennel azonos módon a képzési időtartam kijelölt pontjairól vett képek láthatók – Molnár atlaszához hasonlóan itt is mindegyik elő- és oldalnézetből. A fotopalatogram mellett itt fotolingvogramot is látunk; az akusztikai regisztrátumok között pedig a hangszínekép mellett amplitúdómetszet és többféle oscillogram is szerepel. Az egyes beszédhangokról készült hangtablókat kiegészítik még további táblók is, amelyek több beszédhang összehasonlítását is lehetővé teszik, és amelyek például a hosszú mássalhangzók oscillogramját, hangszíneképet és amplitúdómetszetét mutatják.

Bolla és munkatársai nemcsak a magyar, hanem több más nyelv hangkészletét is dokumentálták fonetikai atlaszokban, így az oroszét (Bolla 1981a), az amerikai angolét (Bolla 1981d), a finnét (Bolla 1985), a németét (Bolla – Valaczkai 1986) és a lengyelét (Bolla – Földi 1987) is. Ezek az atlaszok a Magyar Tudományos Akadémia Nyelvtudományi Intézetének fonetikai laboratóriumában rögzített artikulációs és akusztikai technikával nyert képek, ábrák alapján készültek, míg a röntgenfelvételeket orvosi egyetemek radiológiai klinikáin vették fel.

Végül azt is meg kell említeni, hogy ebben az időszakban nemcsak a normatív artikulációt, hanem a beszédhanghibákat is elemezték artikulációs módszerekkel. Gósy Mária 1982-ben publikált néhány palato- és lingvogramot, valamint labiogramot különböző, a normatívtól eltérően ejtett szibilánsokról, amelyeket fiatal, magyar anyanyelvű, női beszélőkkel rögzített. (Bár a normatív kiejtés képeit nem mutatta be összehasonlítás céljából, ilyen kontrollfelvételeket találhatunk a fent említett atlaszokban, illetve a szerzőnek egy nemrég megjelent tanulmányában, vö. Gósy 2023). Ismereteink szerint ezek az első artikulációs esettanulmányok a magyar beszédhangok nem normatív ejtésű változatairól.

Az 1980-as évekbeli kísérleteket követően (tudomásunk szerint) a magyar beszélők artikulációját sokáig nem kutatták, bár 1995-ben Bolla Kálmán még publikálta kutatásai összegzéseként a *Magyar fonetikai atlasz. A szegmentális hangszerkezet elemei* című munkáját. Ez a kötet a címmel ellentétben sokkal több, mint pusztán atlasz: a kiadvány magában foglalja a szerzőnek a magyar beszéd szegmentális szerkezetével kapcsolatos kutatásainak összegzését, valamint átfogó leírást nyújt a szegmentális szerkezetéről, beleértve például a hangstatisztikát vagy a fonológiát is. Bolla Kálmán ezt a művet egyetemi tankönyvnek is szánta, és az ELTE magyar szakának fonetika kurzusain egy ideig alkalmazták is ilyen minőségben.

4. Artikulációs tanulmányok a magyar beszédéről a 21. század első évtizedeiben

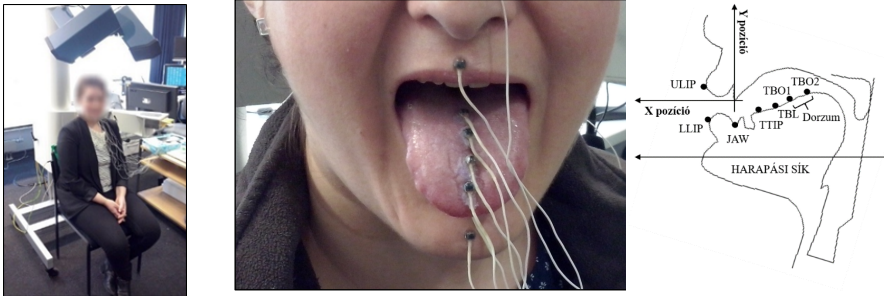
A 2000-es évek elején Magyarországon nem álltak rendelkezésre modern digitális berendezések, ezért a magyar nyelvre vonatkozó vizsgálatokat külföldi laboratóriumokban és csak szórványosan végeztek. Ezek az újabb kutatások már nem egyes beszédhangcsoportok jellemzésére törekedtek, hanem különböző konkrét tudományos kérdésekre összpontosítottak, kvantitatív megközelítést és korszerű számítástechnikai háttérrel alkalmazva. A 2010-es évek második felében itthon is elérhetővé váltak az artikuláció vizsgálatára szolgáló modern technikák, és ennek köszönhetően az újabb kísérletekben a kísérleti résztvevők száma általában nagyobb.

A nemzetközi trendekhez (vö. Kochetov 2020a, b) hasonlóan az utóbbi évtizedekben megnőtt az elektromágneses artikulográfiával (EMA) készült vizsgálatok száma a magyarra vonatkozóan is, amely a leggyakrabban alkalmazott technikává vált. Az artikulációs kutatások módszertanának népszerűségi listáján a második helyet a nyelvultrahang (ultrasound tongue imaging: UTI, magyarul jellemzően UH) foglalja el. A harmadik helyen nemzetközi viszonylatban az elektropalatográfia áll, amelyet – vélhetően amiatt, hogy a módszer a kísérlet minden adatközlője számára saját műszájpaplás előállítását igényli – Magyarországon nem használnak. Az említett módszerek a szájüregi képzőszervek artikulációs részvételének dokumentálására szolgálnak. A hangszalagok működésének vizsgálatára itthon a leggyakrabban laringográfot vagy elektrolottográfot (EGG) alkalmaznak. A korábban népszerű módszerek közül értelemszerűen visszaszorult a röntgen alkalmazása (egyrészt etikai megfontolások, másrészt a módszer sajátos technológiai háttere miatt, vö. Kochetov 2020a), a labiográfia szerepét pedig részben az EMA (az ajkakra illesztett szenzorok), részben a videótechnika és az MRI vette át a nemzetközi tudományosságban. Mielőtt rátérnénk a magyar nyelvre vonatkozó vizsgálatok ismertetésére, röviden bemutatjuk azt a három újabb artikulációs módszert, amely az elmúlt 20 évben a magyar beszéd produkciójának kutatásában használatos volt.

4.1. Új artikulációs technikák a magyar beszéd vizsgálatában

4.1.1. Elektromágneses artikulográfia (EMA)

Az elektromágneses artikulográfia egy kisméretű érzékelőket (szenzorokat) használó technika. A szenzorok az adatközlő beszédképző szerveire vannak erősítve, és ezek helyzetét követni lehet az elektromágneses térben. Az EMA az elektromágneses indukció elvén működik: a beszélő feje felett lévő adótekercsek (a látható fény hullámhosszánál nagyobb, az egészségre nem ártalmas) oszcilláló elektromos és mágneses teret, azaz elektromágneses sugárzást keltenek, amelynek segítségével a beszélő artikulációs szerveire rögzített érzékelők (tekercsek) helyzete követhetővé válik (1. ábra). Több gyártó műszerei ismertek a piacon, az eddigi magyar vonatkozású kísérletekhez a Carstens cég által forgalmazott eszközt használták a kutatók.



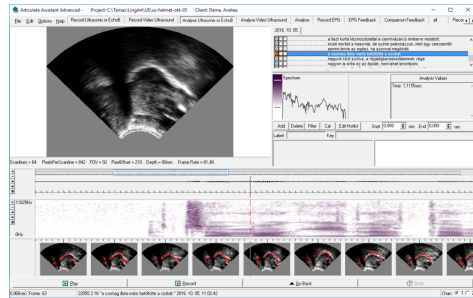
1. ábra: A Carstens Medizinelektronik GmbH 16 csatornás AG501 típusú elektromágneses artikulográfja és a beszélő elhelyezkedése felvétel közben (balra), a rögzített szenzorok egy lehetséges elhelyezkedése (középen), valamint a képzőszervek és a szenzorpozíciók sematikus rajza oldalnézeti keresztmetszetben (jobbra) (ULIP = *upper lip* 'felső ajak', LLIP = *lower lip* 'alsó ajak', JAW = áll, TTIP = *tongue tip* 'nyelvhegy', TBL = *tongue blade* 'nyelvpárhány', TBO1/2 = *tongue body 1/2* 'nyelvtest 1/2') (Deme et al. 2019c: 212, Markó et al. 2017: 69)

Az EMA számos előnye (pl. több beszéd szerv együttes működésének megfigyelhetősége; kitűnő idő- és térbeli felbontás és alacsony mérési hibahatár) ellenére, mint minden artikulációs mérőeszköz, hátrányokkal is rendelkezik: a nyelv helyzetéről, illetve a nyelvfelszín kontúrjáról ugyanis nem tud teljes képet adni. Ennek egyfelől az az oka, hogy az EMA pontszerű méréseket végez, ezért a pontok közti nyelvfelszínről nem ad információkat, másrészt a nyelv alakjáról és helyzetéről kinyerhető adatok korlátozottak, hiszen a legtöbb beszélő esetében csak a nyelv hát elülső-középső részéig helyezhetők szenzorok a nyelvre.

4.1.2. Nyelvultrahang

Az ultrahang olyan képalkotó technika, amely ultramagas frekvenciájú hanghullámot bocsát ki. Ez a hanghullám áthalad a szöveten és visszaverődik annak felületéről (Stone 2005). Az áll alatt elhelyezkedő ultrahangos jelátalakító így készít képet a nyelvről. A kétdimenziós nyelvultrahang (amelyet a magyar beszéd vizsgálatára eddig használtak) a nyelv szagittális középvonalának mozgását rögzíti. Az ultrahangfejnek az áll alatt történő pozicionálására sisak használatos (erre látható példa a 2. ábra bal oldalán). Az ultrahangfelvétellel egyidejűleg a beszédet általában a sisakra csíptetett mikrofonnal veszik fel. A videó és hang szinkronizált felvé-

telét, a felvételek megjelenítését és az elemzést valamilyen szoftver teszi lehetővé, illetve támogatja. A 2. ábra jobb oldalán erre látunk példát: az Articulate Assistant Advanced (AAA) szoftver bizonyos ablakaiban egyszerűen látszik az ultrahangkép, a beszéd hullámformája, FFT-spektruma és spektrogramja. Emellett az AAA szoftver az ábra alján látható módon automatikus nyelvkontúrvonalra is alkalmas.



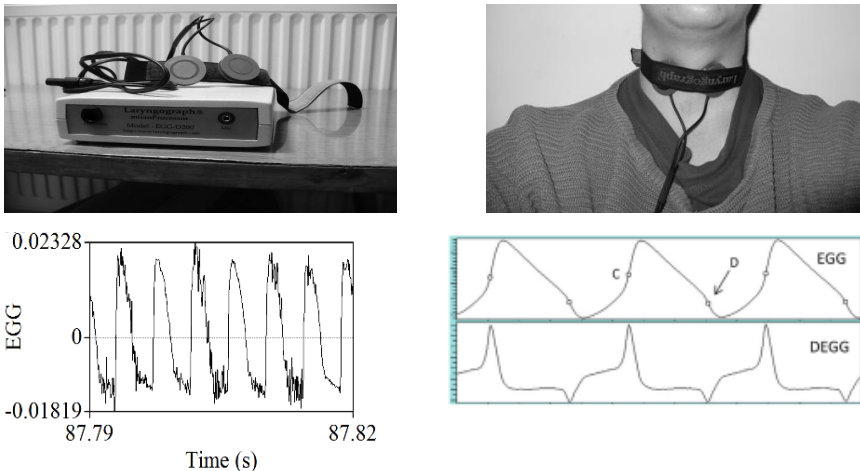
2. ábra: Az ultrahangfejet rögzítő sisak (bal oldalon, az Articulate Instruments Ltd. terméke) és az Articulate Assistant Advanced (AAA) szoftver képernyőképe (jobb oldalon) (Csapó et al. 2017a: 343, Csapó – Xu 2020: 3735)

Az ultrahang előnye az, hogy nemcsak a nyelv néhány meghatározott pontjáról, hanem a teljes nyelvfelszín működéséről képet ad. Egyszerűen használható, elérhető árú, valamint nagy felbontású (akár 800×600 pixel) és nagy sebességű (akár 100 képkocka/s) felvétel készíthető a segítségével (Csapó et al. 2017b). Ezzel szemben hátránya az, hogy kizárólag egyetlen beszédszerv, a nyelv mozgását teszi megfigyelhetővé, és meglehetősen érzékeny a beszélő szöveteinek állapotára (pl. zsírosság, hidratáltság), továbbá bizonyos mértékben a testméretekre is (mert a nagyobb üregekben kevésbé ad jó képet, mint a kisebbekben) (vö. pl. Stone 2005; Csapó et al. 2017a).

4.1.3. Elektrolottográfia vagy laringográfia

Az elektrolottográf (EGG) a hangszalagműködés vizsgálatára alkalmas eszköz (3. ábra balra fent). Az EGG két elektródája a kísérleti résztvevő pajzsporcának két oldalához van rögzítve (3. ábra jobbra fent). Az elektródák kis mennyiségű elektromos áramot vezetnek át a szöveteken: a hangszalagok záródási szakaszai megkönnyítik az áram áthaladását, míg a nyitási periódusok akadályozzák. Ennek alapján az EGG meglehetősen pontos

és nagy időbeli felbontású információt nyújt a hangszalagok egymáshoz viszonyított pozíciójáról. A 3. ábra bal alsó paneljén látható egy valós EGG-regisztrátum: a jel csúcsai a hangszalagok zárt, a völgyek a hangszalagok nyílt helyzetére utalnak. Az EGG-vel kapott adatok rendszerint utófeldolgozáson mennek keresztül, és célszoftverek segítségével elemzik őket. A 3. ábra jobb alsó panelje egy elemzési lehetőségre mutat példát: a nyers EGG-jel deriváltja (DEGG) a nyitási sebességsúcsokat reprezentálja, a DEEG pozitív csúcsai alapján határozható meg a hangszalagok összezáródásának a pillanata (ezt az ábrán látható EGG-jelen a C betűvel jelölt karika mutatja), a negatív csúcsok alapján pedig a hangszalagok szétnyílásának pillanata (az ábrán a D betűvel jelölt karika). Ezek alapján kiszámítható a glottális ciklus teljes időtartama, valamint a ciklus nyitott és zárt fázisának az aránya a teljes időtartamhoz képest (open quotient, OQ, illetve closed/contact quotient, CQ), továbbá egyéb mérőszámok is. Például a zártsági hányados (CQ) kisebb, ha levegős/leheletes a zöngképzés, mivel ilyenkor kisebb mértékű a hangszalagok érintkezése (Kochetov 2020b).



3. ábra: Az EGG (Laryngograph Ltd.) és használata: a készülék és a hozzá kapcsolódó elektródák (balra fent), az elektródák a nyakra rögzítve a pajzsporc magasságában (jobbra fent), illetve az EGG által rögzített valódi hullámforma (balra lent), valamint a nyers EGG-jel (C = a hangszalagok záródási pontja, D = a hangszalagok nyitódási pontja) és a deriváltja (DEGG) (jobbra lent) (Markó 2017: 70, Awan – Awan 2013: 436, Fig. 2.)

4.2. Külföldi laboratóriumokban végzett kutatások

A 20. század végétől a korszerű műszerek elterjedése új kérdések megválaszolását tette lehetővé. Ebben az időszakban ívelt fel a laboratóriumi fonológia is, az az irányzat, amely a fonológiai elmélet és a tudományos kísérleti megközelítés közötti kapcsolatot hangsúlyozza, a beszéd kognitív és fiziológiai aspektusai közötti kapcsolat megismerését célozza. Ebbe a trendbe illeszkedik Stefan Beňuš és Adamantios I. Gafos (2007) kísérlete, amelyet a Haskins Laboratóriumban elektromágneses artikulográf és nyelvultrahang segítségével rögzítettek, és amelyben a magyar nyelv egy sajátos jelenségét, a magánhangzó-harmóniát tanulmányozták. A vizsgálat arra a kérdésre irányult, hogy miből fakad az áttetsző magánhangzók, azaz az /i i: ε e:/ kettős (hol harmonikus, hol antiharmonikus) viselkedése. Feltetésük szerint a fonológiai kettősség eltérő artikulációs mintázatokra (tehát ugyanazon magánhangzónak a kétféle esetben tapasztalható eltérő ejtésére) vezethető vissza. A kutatásban három anyanyelvi beszélő vett részt, mindhármukkal készült EMA-felvétel, és az egyikükkel nyelvultrahangfelvétel is. A kutatási anyagban kétféle célszóstruktúra szerepelt, mindkét esetben hordozó mondatokba ágyazva. Az egyik esetben a célmagánhangzó két szótagos tövek második szótagjában állt, és egy szótagos (kéttalakú) toldalék követte, pl. *bili-vel* és *buli-val*. Tekintettel arra, hogy ebben az anyagban a célmagánhangzók vagy csak elülső, vagy csak hátulsó magánhangzók között álltak, mint az várható is volt, a célmagánhangzó ejtése közben a nyelv helyzete a hangkörnyezet függvényében eltért: az elülső magánhangzók között a célmagánhangzóban mért nyelvhelyzet előrébb volt detektálható a szájüregben, mint a hátul képzett magánhangzók között. A másik kísérleti anyagban a célszavak egy szótagosak voltak, és nem követte őket toldalék. A szerzők – ahogyan írják – megkíséreltek egymáshoz a lehető leghasonlóbb szópárokat összeállítani, amelyek lehetőleg csak az illeszkedésben való részvételüket tekintve (harmonikus vagy antiharmonikus) térnek el, ez azonban láthatóan nem teljesült maradéktalanul (a H és az AH az indexben a töveknek az idézett szerzők szerinti harmonikus vagy antiharmonikus viselkedésére utal): *vív_{AH} – ív_H, hid_{AH} – íz_H, ír_{AH} – hír_H, víg_{AH} – míg_H, síp_{AH} – cím_H, nyit_{AH} – hisz_H, cél_{AH} – szél_H, héj_{AH} – éj_H. A vizsgálat eredményei összefüggést mutattak a magánhangzó-harmónia és az áttetsző magánhangzók artikulációs jellemzői között, mivel a nyelv a nem harmonikus tövek áttetsző magánhangzójának kiejtése során valamivel hátulsóbb pozíciót vett fel, mint amelyet ugyanezen magánhangzók ejtésékor, de a harmonikusan toldalékolódó tövek esetében megfigyeltek. Beňuš és Gafos (2007) ezt azzal magyarázta, hogy a toldalékolat alakokban és ezen keresztül áttételesen a toldalékolat-*

lanokban is az esetlegesen köztes mássalhangzókon is átható magánhangzók közötti visszafelé ható koartikuláció, azaz a követő magánhangzó elülső vagy hátulsó volta van hatással az áttetsző magánhangzó ejtése közben a nyelv helyzetére. A követő magánhangzó előlsége esetén az áttetsző magánhangzó ejtésekor a nyelv előrébb van a szájüregben, mint akkor, ha a követő magánhangzó hátulsó. Az antiharmonikus tövek a többalakú toldalékok közül azonban csak nem elülső magánhangzót tartalmazó toldalékkal fordulnak elő, ami koartikulációsán hat a tőmagánhangzóra. A szerzők érvelése szerint ezt a hatást örökli a toldalékolatlan alak is, és a beszélők ezt a mintázatot sajátítják el. A szerzők ezt a konklúziójukat a lexikális tárolás exempláralapú modelljeivel hozzák összefüggésbe: a magyar beszélők azért tárolnak és reprodukálnak finom fonetikai különbségeket a harmonikusan és antiharmonikusan toldalékolódó tövekben megjelenő, fonológiai azonos magánhangzók között, mert az exemplárok (példányok) alapján tárolják a koartikulációs jellemzőket is, amelyek a különféle alakokban jelentkeznek.

Később Blaho Szilvia és Szeredi Dániel (2013) akusztikai mérések alapján megkérdőjelezte Beňuš és Gafos (2007) eredményeinek helytállóságát, mivel Blaho és Szeredi az akusztikai adatokban nem talált különbséget ugyanazon magánhangzó két változata között. Következésképpen további kutatásokra volt szükség annak megválaszolásához, hogy a fonetikai jellemzők magyarázzák-e ezeknek a magánhangzóknek a morfológiai viselkedését (lásd alább).

Mády Katalin (2008) elektromágneses artikulográfiával vizsgálta a magyar magánhangzókat két beszélő „normál” és „gyors” beszédében a berlini Zentrum für Allgemeine Sprachwissenschaft beszédkutató laboratóriumában. A kutatás célja annak kimutatása volt, hogy az artikulációs jellemzők (nyelvhelyzet és állkapocsnyitás) megkülönböztetik-e a fonológiai rövid és hosszú magánhangzókat, amelyeket két különböző beszédsebességgel (normál és gyors beszéd) ejtünk ki. A szerző feltételezése az volt, hogy a gyorsabb beszédtempó célalulmúlást és rövidülést eredményez. Mády a rövid magánhangzók kiejtésében erősebb koartikulációs hatásról számolt be a hosszú magánhangzókhoz képest. A felső nyelvállású hangzók esetén kis mértékű artikulációs különbséget dokumentált; a kerekített középső nyelvállású magánhangzók esetében a nyelvállások általában eltértek, az ajakműködés aktívabb volt a hosszú hangzó ejtésekor. Az /ɛ/ és az /e:/ között a függőleges nyelvállás tekintetében egyértelmű különbség mutatkozott. Az /ɒ/ és /a:/ viszonylatában a nyelvállásfok azonos volt; az /ɒ/ esetében az ajakműködés intenzívebb, az állkapocs nyitásszöge pedig zártabb volt.

A magyar magánhangzókval kapcsolatban néhány további vizsgálatot is végeztek elektromágneses artikulográfiával a Kölni Egyetemen. Deme Andrea és munkatársai (2016) egy magyar szoprán énekesnő által magas alapfrekvencián (f_0) énekelt magánhangzók produkcióját vizsgálták. A kutatás középpontjában a nyelv és az állkapocs működése állt az összes standard magyar magánhangzó kiejtése közben. A kutatást korábbi (elsősorban akusztikai és perceptuális vizsgálatok során kapott) eredmények inspirálták, amelyek azt mutatták, hogy a magánhangzók énekléskor magas alapfrekvencián eltérnek a normál beszédbeli megvalósulásuktól. Az EMA-elemzés eredményei szerint az énekes szisztematikusan változtatta a nyelv és az állkapocs helyzetét (növelte az állkapocs nyitási szögét, és lejjebb engedte a nyelvet), ahogy az éneklés alapfrekvenciája elérte, majd meghaladta a normál beszédben kiejtett magánhangzók első formánsának frekvenciaértékét (F_1). A nyelv hátsó részének lesüllyedése azonban már e kritikus frekvenciák alatt is megfigyelhető volt.

Egy későbbi tanulmányban (Deme et al. 2017) a szerzők három magyar és három német szoprán énekesnő által magas alapfrekvencián kiejtett magánhangzókat elemeztek annak érdekében, hogy választ adjanak arra a kérdésre, hogy a fent leírt tendenciák függenek-e a nyelv magánhangzóképzésének sajátosságaitól. Az adatok azt mutatták, hogy a nyelv függőleges helyzete és az állkapocs nyitottsága szisztematikusan megváltozott, az ajkak pedig nyíltabbá váltak, ahogy az f_0 elérte, majd meghaladta a magánhangzók beszédbeli F_1 -értékét. Emellett szignifikáns egyéni különbségeket mutattak ki a kutatók a magyar és a német résztvevők között abban a tekintetben, hogy milyen mértékben tartották meg a magánhangzók artikulációs differenciáltságát magas alapfrekvenciákon. A szerzők nem találtak arra utaló evidenciát, hogy a női szoprán operaéneklésben alkalmazott artikulációs stratégiák függnének az énekesnő anyanyelvétől, de ebben a vizsgálatban a két vizsgált nyelv magánhangzórendszere csak kisebb különbségeket mutatott.

4.3. Hazai kutatások

2016-tól kezdődően pályázati forrásból¹⁰ lehetőség nyílt arra, hogy itthon is elérhetővé váljanak bizonyos korszerű, dinamikus artikulációs vizsgálatokra is módot adó eszközök. Az ezekkel végzett kutatások egy része módszertani-feltáró jellegű volt (ezek többségét nem publikálták, de lásd pl. Csapó – Xu 2020, Csapó et al. 2021), mások egy-egy olyan fonológiai

¹⁰ A Magyar Tudományos Akadémia által támogatott pályázatnak köszönhetően 2016 és 2021 között működött az MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció

vagy fonetikai jelenségre összpontosítottak, amely a nemzetközi tudományosságban nagy figyelmet kap(ott), a magyarra vonatkozóan azonban nem álltak rendelkezésre azzal kapcsolatos adatok – vagy ha igen, ezek helytálló volta megkérdőjelezhető volt.

A kutatások a folyamatos magyar beszéd olyan jelenségeire összpontosítottak (a teljesség igénye nélkül), mint például a szingleton, a gemináta és a degeminált mássalhangzók artikulációs időzítése (EMA: Deme et al. 2019a); a gemináta és szingleton zár- és réshangok artikulációs eltérései a nyelvhelyzet tekintetében (UH: Percival et al. 2020b; illetve UH és EGG: Percival et al. 2020a); a zöngétlen szibilánsok artikulációs mintázatának longitudinális változása gyermekeknél (UH: Grácsi et al. 2021a); a prominencia hatása a magánhangzó-megvalósulásokra (EMA: Markó et al. 2019a). Az artikulációs (UH) adatok alapján beszédtechnológiai alkalmazások kifejlesztésére is végeztek kísérleteket (pl. Csapó et al. 2020).

Az artikulációs vizsgálati technikák magyarországi elérhetősége lehetővé tette nagyobb számú anyanyelvi beszélő produkciójának elemzését, így Beňuš és Gafos (2007) korábbi állításait az áttetsző magánhangzók artikulációs megvalósulásáról megbízhatóbb adathalmazon lehetett újra tesztelni, immár tizenkét beszélővel, EMA használatával. Mivel (mint láttuk) Beňuš és Gafos kísérleti anyagában a célmagánhangzókat körülvevő mássalhangzók egy része képzéshelyét tekintve eltért, ami valószínűleg befolyásolta az adatokat, ezért az újbóli vizsgálat (Markó et al. 2019b) két homofon, elülsőként (harmonikusan) és hátulsóként (antiharmonikusan) is toldalékolódó tő (*nyír*: *nyírek*_{főnév} vs. *nyírok*_{ige}; valamint *szív*: *szívek*_{főnév} vs. *szívek*_{ige}) magánhangzóit elemezte elektromágneses artikulográfiával. A vizsgálat hipotézise Beňuš és Gafos állítása alapján az volt, hogy a beszélők az /i:/ magánhangzót a hátulsóként toldalékolódó tőben toldalék jelenléte nélkül is hátrébb húzott nyelvhelyzettel ejtik, mint az elülsőként toldalékolódó tőben. A célszavak elemzése két kondícióban történt: a) izoláltan (ahol sem toldalék, sem hordozó mondat nem szerepelt) és b) hordozó mondatokban (koartikulációnak kitett helyzet), ahol a célszó a mondat elején állt, és olyan szó követte, amely (i) csak elülső magánhangzókat (*éppen*) vagy (ii) csak hátulsó magánhangzókat (*ugyan*) tartalmazott. Az eredmények azt mutatták, hogy sem a szenzorok vízszintes helyzete, sem a második formáns (F₂) frekvenciaértékei nem tértek el a

Kutatócsoport, amelynek elsődleges célja volt a magyar beszédben a koartikuláció vizsgálata. E pályázat keretében került sor elektromágneses artikulográf, nyelvultrahang és elektrolottográf beszerzésére.

tő harmonikusságának függvényében sem az izolált, sem a koartikulációknak kitett helyzetben. Ezek az eredmények óvatosságra intenek a Beňuš és Gafos (2007) által megfogalmazott következtetések értelmezését tekintve. A tizenkét beszélővel rögzített, kontrollált anyagból származó adatok alapján ésszerűnek tűnik az a feltételezés, hogy a szubfonemikus különbségek (ha egyáltalán léteznek) nem vezethetők vissza a (különböző) nyelvhelyzetekre (vagy a magánhangzók eltérő akusztikai megvalósulására, lásd még Blaho – Szeredi 2013) az elülsőként (harmonikusan) és hátulsóként (antiharmonikusan) toldalékolódó tövekbeli áttetsző magánhangzók esetében.

Egy másik EMA-vizsgálat a prozódiai erősítés esetleges hatására irányult, ugyancsak magánhangzókban, vagyis arra a kérdésre, hogy a hangsúly (és a fráziskezdő helyzet), illetve a frázisvégi pozíció az artikulációs gesztusok térbeli és/vagy időbeli kiterjedését indukálja-e a magyarban (a frázis belseji szótagokhoz képest) (Markó et al. 2022). Kilenc beszélő által ejtett négy szótagos álszavak /i u ɒ a:/ magánhangzóiban artikulációs paraméterként a nyelv vízszintes és függőleges helyzete, valamint az ajaknyílás függőleges dimenziója, akusztikai paraméterként pedig a magánhangzó időtartama, az f_0 és az első két formáns frekvenciája volt az elemzés tárgya. A vízszintes és függőleges nyelvhelyzet tekintetében csak az /u/ magánhangzó esetén és csak az utolsó szótagban volt mérhető a prozódiai erősítés hatása. Az ajaknyílást tekintve az /a:/ az első és egyben hangsúlyos szótagban mutatott erősödést (nagyobb ajaknyílást). A mondatvégi pozícióban minden magánhangzó esetében időtartamtöbblet volt mérhető, míg a formánsértékek nem jeleztek prozódiai eredetű erősödést egyik magánhangzó és szótagpozíció esetében sem.

A hangsúly hatását és a prozódiai erősítés elméletét olyan magánhangzó-realizációkban is vizsgálták, amelyek a szomszédos szótagbeli magánhangzó koartikulációs hatásának vannak kitéve. A magánhangzók közötti (V-V) koartikuláció a koartikuláció egy speciális típusa, ahol az interakcióban lévő szegmenseket egy vagy több közbeeső mássalhangzó választja el egymástól a hangsorban (Öhman 1966). Több tanulmányban, valódi és álszavakon is történtek elemzések, azt vizsgálva, hogy a magyar magánhangzók V-V koartikuláció okozta változékonyságát modulálja-e a cél- vagy a kiváltó magánhangzókra helyezett hangsúly (Deme et al. 2019b, c; Deme et al. 2021; Deme et al. 2022b; Deme (saját alatt); Deme et al. manuscript). További paraméterként szerepelt a koartikuláció iránya annak a kérdésnek a vizsgálatakor, hogy a koartikuláció hatása különbözik-e a progresszív (előre ható), illetve a regresszív (visszaható) koartikulációban (Deme et al. 2022a). Az elemzések a következő hipotéz-

ziseket tesztelték: i) a koartikulációnak kitett magánhangzó hangsúlyos volta növeli a célhangzók koartikulációs ellenállását, ami csökkenti ezen magánhangzók artikulációs és akusztikai variabilitását; ii) ha a kiváltó magánhangzók hangsúlyos helyzetben vannak, ez növeli a koartikulációs agressziójukat (azaz nagyobb variabilitáshoz vezet a célhangzókban); illetve, hogy iii) a progresszív hatások mértéke meghaladja a regresszív hatásokét. Ebben a kutatásban szintén EMA-t és akusztikai elemzéseket alkalmaztak, valamint két különböző metrikát a koartikulációs variabilitás számszerűsítésére mind az artikulációs, mind az akusztikai adatokra (egyrészt a koartikulált és nem koartikulált magánhangzók távolságát, másrészt az összes vizsgált kontextusban ejtett magánhangzók szórását). Röviden összefoglalva: a magyar magánhangzók nem mutatták egyértelműen és szisztematikusan a várt hatásokat. Ugyan bizonyos mértékben megfigyelhető volt a fokozott koartikulációs ellenállás a valódi szavakban, de ez a hatás nem érvényesült az álszavakban. A hangsúly nem növelte a koartikulációs agressziót a magyar magánhangzókban, illetve nem volt szisztematikus különbség a regresszív és a progresszív koartikuláció hatása között.

A magyar nyelvre vonatkozó ultrahangos vizsgálatokra egy olyan példát említünk, amely a zöngés és zöngétlen obstruensek ejtési sajátosságaira irányult. A fonetikában közismert tény, hogy a fonáció fenntartása szájüregi akadály jelenlétében különféle artikulációs manővereket igényel, mivel a szupralaringális és szájüregi nyomásnövekedés a hangszalagrezgés leállítását okozhatja (vö. pl. Stevens 1998). Az egyik ilyen artikulációs manőver a nyelvgyök előre mozdítása a zöngés szegmentumok ejtésekor a garatüregi régió megnagyobbítása érdekében (Narayanan et al. 1995). Egyes tanulmányok szerint a zöngés obstruensekben (különösen a réshangokban) előrébb tolódott a nyelvgyök e mássalhangzók zöngétlen párjához képest (Ahn – Davidson 2016), míg más tanulmányok nem számoltak be releváns eltérésekről ebben a tekintetben (Coretta 2020). A magyarra vonatkozóan eddig a /z/ és az /s/ ejtésének összehasonlítása történt meg, azt a kérdést vetve fel, hogy van-e összefüggés a nyelvgyök-helyzet variabilitása és i) a fonációs arány, illetve ii) a nyelvhegy mozgása között (Grácsi et al. 2020a, Grácsi et al. 2020b, 2021b). Mivel az eredmények nem mutattak szisztematikus összefüggéseket, jelenleg zajlik a nyelvgyök pozíciójának, a mássalhangzó képzési módjának és helyének, valamint a szomszédos magánhangzók artikulációs jellemzőinek kapcsolatát vizsgáló kutatás, kiterjesztve az összes magyar zöngés és zöngétlen obstruensre. Az első eredmények (a szibilánsokra vonatkozóan) összefüg-

gést mutattak a mássalhangzók képzési helye, a fonáció beszélőspecifikus aránya és a nyelvgyök pozíciója között (Grácz et al. 2023).

Az elektroglossográf alkalmazására egy, az emotív kommunikáció elemzésére irányuló kutatást hozunk példaként, amelyben a résztvevők indulatszóként funkcionáló, kitartott [a:] hang segítségével fejeztek ki különböző érzelmeket (Bartók 2018). Az elemzés arra a kérdésre kereste a választ, hogy mérhető-e artikulációs eltérések a kifejezett érzelem függvényében. Ennek megállapítására a szerző a hangjakak zárt állapotának tartamát vizsgálta a glottális periódus teljes időtartamára vetítve (CQ). A férfiak körében a statisztikai elemzés szignifikáns eltérést mutatott az érzelmelek aktivációja szerint: alacsonyabb CQ-értékekkel jellemezhető, tehát kisebb hangajak-érintkezéssel képzett, leheletesebb zöngét produkáltak az alacsony aktivációjú érzelmelek (pl. szomorúság, meglegedettség) esetén, mint a magas aktivációjúak (meglepődés, boldogság, félelem, düh) esetében. Az aktiváció hatásával interakciót mutatott a valencia, tehát az érzelmi töltet minősége: a fenti hatás nem vagy alig érvényesült a pozitív valenciájú érzelmelek (pl. meglegedettség, boldogság) esetében, míg a negatív valenciájú érzelmelek (szomorúság, félelem, düh) körében nagyobb különbségek voltak megfigyelhetők az alacsony és magas aktivációjú érzelmelek között. A nők esetében nem volt ilyen hatás, feltehetően azért, mert az általuk produkált zöngé általánosságban is leheletesebb.

Végül érdemes megemlíteni, hogy az utóbbi években a logopédia is érdeklődést mutat az artikulációs kutatások iránt Magyarországon. Egy nemrégiben készült tanulmányban felelevenítették a direkt palatográfia technikáját a nyelés és a beszédhangok produkciója közötti összefüggések megfigyelésére (Havadi-Nagy 2020). Az orofaciális miofunkcionális diszfunkció elemzése palatográfiával új távlatokat nyit a logopédia számára.

5. Zárszó

E történeti áttekintés megszületését több tényező is motiválta. Ezek egyike volt, hogy 2024 őszén Budapesten rendezték meg a Sixth International Workshop on the History of Speech Communication Research című konferenciát, amelyre egy (a fenténél jóval szűkebb, angol nyelvű) áttekintést készítettünk. Mivel a *Nyelvtudományi Közlemények* hagyományosan fóruma a tudománytörténeti jellegű összefoglalóknak (lásd pl. Szende 1969, 1974; Gósy – Olasz 1985), tanulmányunkat ebbe a sorba illeszthetőnek gondoltuk.

Végül írásunk szomorú apropóját adja, hogy 2024 januárjában elhunyt Csapó Tamás Gábor (1985–2024) kollégánk, az MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció Kutatócsoport egyik alapító tagja. Ő vezette be Ma-

gyarországon az ultrahangos nyelvi képzőtechnikát a beszéd artikulációs működéseinek vizsgálatára, amelyet Fulbright-ösztöndíjként az Indianai Egyetemen, Bloomingtonban sajtóított el. Úttörő munkát végzett a nyelvultrahangos elemzési módszertan, a némabeszéd-interfész és egyéb beszédtechnológiai alapú digitális alkalmazások fejlesztése terén. Ezt a tanulmányt tehetséges kollégánk és felejtethetlen barátunk emlékének ajánljuk.

Irodalom

- Ahn, Suzy – Davidson, Lisa (2016), Tongue root positioning in English voiced obstruents: Effects of manner and vowel context. *Journal of the Acoustical Society of America* 140: 3221–3221. <https://doi.org/10.1121/1.4970161>
- Awan, Shaheen N. – Awan, Jordan A. (2013), The effect of gender on measures of Electrolottographic Contact Quotient. *Journal of Voice* 27/4: 433–440. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.03.007>
- Bakó Elemér (1943), A magyar magánhangzórendszer fiziológiai vizsgálatához. *Nyelvtudományi Közlemények* 51: 374–401.
- Balassa József (1887), A magyar hangok képzése. Stomatoskopikus vizsgálódások alapján. *Nyelvtudományi Közlemények* 21: 130–144.
- Balassa, József (1889), *Phonetik der ungarischen Sprache*. *Internationale Zeitschrift für Allgemeine Sprachwissenschaft* 4/6: 130–156.
- Balassa József (1904), *Magyar hangtan I. Magyar fonetika*. Budapest.
- Balassa József (1908), *Magyar palatogrammok*. *Magyar Nyelvőr* 37: 470–472.
- Bárczi Gusztáv (1928), *A magyar beszédhangok képzése*. Franklin, Budapest.
- Bartók Márton (2018), A gégeműködés variabilitása az érzelemkifejezés függvényében. *Beszédkutató* 26: 30–62.
- Beňuš, Stefan – Gafos, Adamantios I. (2007), Articulatory characteristics of Hungarian ‘transparent’ vowels. *Journal of Phonetics* 35: 271–300. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2006.11.002>
- Blaho, Szilvia – Szeredi, Dániel (2013), Hungarian neutral vowels: a microcomparison. *Nordlyd* 40/1: 20–40. <https://doi.org/10.7557/12.2499>
- Bolla Kálmán (1978a), A magyar beszédhangok ajakartikulációjának kísérleti-fonetikai vizsgálata. *Magyar Fonetikai Füzetek* 2: 31–50.
- Bolla Kálmán (1978b), A magyar beszédhangok képzési konfigurációinak meghatározása palato- és lingvografikus kísérletekkel. *Magyar Fonetikai Füzetek* 2: 51–65.
- Bolla Kálmán (1980), *Magyar hangalbum*. *Magyar Fonetikai Füzetek* 6: 5–169.
- Bolla, Kálmán (1981a), A conspectus of Russian speech sounds. / *Атлас звуков русской речи*. *Slavistische Forschungen*, Band 32. Akadémiai Kiadó – Böhlau Verlag, Budapest – Köln – Wien.

- Bolla Kálmán (1981b), A magyar hosszú mássalhangzók képzése (Kinoröntgenografikus vizsgálat számítógéppel). *Magyar Fonetikai Füzetek* 7: 7–55.
- Bolla Kálmán (1981c), A magyar magánhangzók és rövid mássalhangzók képzési sajátosságainak dinamikus kinoröntgenográfiai elemzése. *Magyar Fonetikai Füzetek* 8: 5–62.
- Bolla Kálmán (1981d), Az amerikai angol beszédhangok atlasza. A beszédhangok artikulációs és akusztikus sajátosságai. *Magyar Fonetikai Füzetek* 9.
- Bolla Kálmán (1985), A finn beszédhangok atlasza. A beszédhangok képzési és hangzási jellemzői. *Magyar Fonetikai Füzetek* 14: 7–249.
- Bolla Kálmán (1995), *Magyar fonetikai atlasz. A szegmentális hangszerkezet elemei.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Bolla, Kálmán – Földi, Éva (1987), A phonetic conspectus of Polish. The articulatory and acoustic features of Polish speech sounds. *Magyar Fonetikai Füzetek* 18.
- Bolla Kálmán – Földi Éva – Kincses Gyula (1986), A toldalékcsoport artikulációs folyamatainak számítógépes vizsgálata. *Magyar Fonetikai Füzetek* 15: 155–165.
- Bolla Kálmán – Valaczkai László (1986), *Német beszédhangok atlasza.* Magyar Fonetikai Füzetek 16.
- Coretta, Stefano (2020). Longer vowel duration correlates with greater tongue root advancement at vowel offset: Acoustic and articulatory data from Italian and Polish. *The Journal of the Acoustical Society of America* 147: 245–259. <https://doi.org/10.1121/10.0000556>
- Csapó et al. (2017a) = 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 (MSZNY 2017). Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged. 339–346. <http://rgai.inf.u-szeged.hu/project/mszny2017/files/kotet.pdf>
- Csapó et al. (2017b) = Csapó Tamás Gábor – Grósz Tamás – Tóth László – Markó Alexandra (2017), Beszédszintézis ultrahangos artikulációs felvételekből mély neuronhálók segítségével. In: Vincze Veronika (szerk.), XIII. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia (MSZNY 2017). Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged. 181–192. <http://rgai.inf.u-szeged.hu/project/mszny2017/files/kotet.pdf>
- Csapó, Tamás Gábor – Xu, Kele (2020), Quantification of transducer misalignment in Ultrasound Tongue Imaging. *Proc. Interspeech 2020*. 3735–3739. <https://doi.org/10.21437/interspeech.2020-1672>
- Csapó, Tamás Gábor – Xu, Kele – Deme, Andrea – Gráczki, Tekla Etelka – Markó, Alexandra (2021), Transducer misalignment in ultrasound tongue imaging. In: Tiede, Mark – Whalen, Doug H. – Gracco, Vincent (eds), *Proceedings of the 12th International Seminar on Speech Production*. Haskins Press, New Haven (CT). 166–169.

- Csapó, Tamás Gábor – Zainkó, Csaba – Tóth, László – Gosztolya, Gábor – Markó, Alexandra (2020), Ultrasound-based articulatory-to-acoustic mapping with WaveGlow Speech Synthesis. *Proc. Interspeech 2020*. 2727–2731. <https://doi.org/10.21437/interspeech.2020-1031>
- Csúry Bálint (1936), Szamosháti palatogrammok. *Nyelvtudományi Közlemények* 50: 64–70.
- de Jong, Kenneth J. (1995), The supraglottal articulation of prominence in English: Linguistic stress as localized hyperarticulation. *The Journal of the Acoustical Society of America* 97: 491–504. <https://doi.org/10.1121/1.412275>
- Deme Andrea (sajtó alatt), A magánhangzók változatossága a magyarban: eredmények a koartikulációs ellenállásról és a koartikulációs agresszióról a magánhangzók közötti koartikulációban artikulációs és akusztikai adatok alapján. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Deme et al. (2022a) = Deme Andrea – Bartók Márton – Csapó Tamás Gábor – Grácsi Tekla Etelka – Juhász Kornélia – Markó Alexandra, A magánhangzók centralizációja és produktív homogenitása az előrefelé és hátrafelé ható magánhangzók közti koartikulációban – artikulációs és akusztikai adatok. In: Mády Katalin – Markó Alexandra (szerk.), *Általános Nyelvészeti Tanulmányok* 34. Fonetikai tanulmányok. Akadémiai Kiadó, Budapest. 15–50.
- Deme et al. (2022b) = Deme Andrea – Bartók Márton – Grácsi Tekla Etelka – Csapó Tamás Gábor – Juhász Kornélia – Markó Alexandra, A koartikulációs ellenállás és agresszió hangsúlyos helyzetű magánhangzókban: artikulációs és akusztikai adatok. *Nyelvtudományi Közlemények* 118: 257–288. <https://doi.org/10.15776/NyK.2022.118.9>
- Deme, Andrea – Bartók, Márton – Csapó, Tamás Gábor – Grácsi, Tekla Etelka – Markó, Alexandra (2021), Acoustic and articulatory vowel variation as quality shift and increased variance in anticipatory and carryover vowel-to-vowel coarticulation. In: Tiede, Mark – Whalen, Doug H. – Gracco, Vincent (eds), *Proceedings of the 12th International Seminar on Speech Production*. Haskins Press, New Haven (CT). 32–35.
- Deme, Andrea – Bartók, Márton – Csapó, Tamás Gábor – Grácsi, Tekla Etelka – Markó, Alexandra (manuscript), The effect of pitch-accent on the acoustic and articulatory variability of vowels: a real-word EMA study.
- Deme, Andrea – Bartók, Márton – Grácsi, Tekla Etelka – Csapó, Tamás Gábor – Markó, Alexandra (2019a), Articulatory organization of geminates in Hungarian. In: Calhoun, Sasha – Escudero, Paola – Tabain, Marija – Warren, Paul (eds), *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences*. Australasian Speech Science and Technology Association Inc., Canberra.

- Deme, Andrea – Bartók, Márton – Gráczi, Tekla Etelka – Csapó, Tamás Gábor – Markó, Alexandra (2019b), V-to-V coarticulation induced acoustic and articulatory variability of vowels: The effect of pitch-accent. In: Gernot, Kubin – Zdravko, Kačič (eds), The 20th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2019). International Speech Communication Association (ISCA), Graz. 3317–3321.
<https://doi.org/10.21437/interspeech.2019-2890>
- Deme Andrea – Bartók Márton – Gráczi Tekla Etelka – Csapó Tamás Gábor – Markó Alexandra (2019c), A mondathangsúly hatása a magánhangzók megvalósulásának változatosságára. *Nyelvtudományi Közlemények* 115: 199–232.
<http://doi.org/10.15776/NyK/2019.115.7>
- Deme, Andrea – Greisbach, Reinhold – Markó, Alexandra – Meier, Michelle – Bartók, Márton – Jankovics, Julianna – Weidl, Zsófia (2016), Tongue and jaw movements in high-pitched soprano singing: A case study. *Beszédkutatás* 2016: 121–138.
- Deme, Andrea – Greisbach, Reinhold – Meier, Michelle – Bartók, Márton – Jankovics, Julianna – Weidl, Zsófia – Markó, Alexandra (2017), Tongue and jaw articulation of soprano singers at high pitch in Hungarian and German. Presentation at International Seminar on Speech Production. Tianjin, China, 16-19 October, 2017.
- Donáth Tibor (1983), *Anatómiai atlasz*. Medicina Könyvkiadó, Budapest.
- Dvončová, Jana – Jenča, Gejza – Kráľ, Ábel (1969), *Atlas slovenskych hlások*. Vydavateľstvo SAV, Bratislava.
- Fónagy, Iván (1954), Über die Schallfülle der ungarischen Vokale (Ein Beitrag zur Kenntnis der Verhältnisse von Akzent und Schallfülle). *Acta Linguistica Academiae Scientiarum Hungaricae* 4/3–4: 383–425.
<https://doi.org/10.2307/902264>
- Fónagy Iván (1958), A hangsúlyról. *Nyelvtudományi Értekezések* 18. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Fónagy Iván (1962), A nyomaték hangos vetülete. *Nyelvtudományi Közlemények* 64: 157–186.
- Fónagy Iván (1963), Az érzelmek kifejező mozgása a gége szintjén. Röntgenografikus vizsgálatok. *Magyar Pszichológiai Szemle* 20: 206–216.
- Fónagy Iván – Fónagy Éva (1969), Szájüregi nyomásmérések. In: Pais Dezső – Benkő Loránd (szerk.), *Dolgozatok a hangtan köréből*. *Nyelvtudományi Értekezések* 67. Akadémiai Kiadó, Budapest. 17–44.
- Fougeron, Cécile – Keating, Patricia A. (1997), Articulatory strengthening at edges of prosodic domains. *The Journal of the Acoustical Society of America* 106: 3728–3740. <https://doi.org/10.1121/1.418332>
- Glatz Ferenc (2002), Akadémia és tudománypolitika a volt szocialista országokban 1922–1999. *Magyar Tudomány* 2002/4: 494–506.
- Gombocz Zoltán (1908), *Magyar palatogrammok*. *Nyelvtudományi Közlemények* 38: 193–204.

- Gósy Mária (1976), A magyar beszédhangok ajakartikulációja. *Magyar Nyelvőr* 100: 262–268.
- Gósy Mária (1982), Az élőbeszéd hibáiról. In: Bolla Kálmán (szerk.), *Fejezetek a magyar leíró hangtanból*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 267–282.
- Gósy, Mária (2011), From stomatoscopy to BEA: The history of Hungarian experimental phonetics. In: Lee, Wai Sum – Zee, Eric (eds), *Proceedings of 17th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS XVII)*, City University of Hong Kong. Vol. 1: 172–175.
- Gósy, Mária (2022), Experimental phonetics in Hungary in the first half of the twentieth century. In: Lopes, Quintino – Braun, Angelika – Ashby, Michael (eds), *HSCR 2022. LACERDA 120. Proceedings of the Fifth International Workshop on the History of Speech Communication Research*, Porto, May 28–29, 2022. TUDpress. 51–61. <https://doi.org/10.21437/hscr.2022-5>
- Gósy, Mária (2023), On the history of palatography in Hungarian phonetics. *Journal of the International Phonetic Association* 53/3: 682–693. <https://doi.org/10.1017/s0025100321000293>
- Gósy Mária – Olaszgy Gábor (1985), A magyar kísérleti fonetika első évtizedei. *Nyelvtudományi Közlemények* 87: 109–121.
- Grácsi, Tekla Etelka – Csapó, Tamás Gábor – Bartók, Márton – Deme, Andrea – Markó, Alexandra (2020a), The realization of voicing opposition in alveolar fricatives in Hungarian: Preliminary study on articulation and acoustics. *Beszédtudomány / Speech Science* 1: 22–56. <https://doi.org/10.21437/speechprosody.2018-175>
- Grácsi Tekla Etelka – Csapó Tamás Gábor – Deme Andrea – Juhász Kornélia – Markó Alexandra (2020b), A réshangok zöngésségével összefüggő nyelvpozíciós jellemzők a megelőző magánhangzóban. *Nyelvtudományi Közlemények* 116: 155–190. <https://doi.org/10.15776/NyK/2020.116.5>
- Grácsi et al. (2021a) = Grácsi, Tekla Etelka – Csapó, Tamás Gábor – Bartók, Márton – Deme, Andrea – Markó, Alexandra, Articulatory and acoustic differentiation of /s/ and /ʃ/ in children’s speech: longitudinal case studies. In: Bóna, Judit (ed.), *(Dis)fluencies in children’s speech*. Akadémiai Kiadó, Budapest. <https://doi.org/10.1556/9789634547099.4>
- Grácsi et al. (2021b) = Grácsi, Tekla Etelka – Csapó, Tamás Gábor – Deme, Andrea – Juhász, Kornélia – Markó, Alexandra, Tongue root position in VC sequences with regard to the phonetic realization of obstruent voicing: A preliminary study on Hungarian. In: Tiede, Mark – Whalen, Doug H. – Gracco, Vincent (eds), *Proceedings of the 12th International Seminar on Speech Production*. Haskins Press, New Haven (CT). 198–201.
- Grácsi, Tekla Etelka – Juhász, Kornélia – Csapó, Tamás Gábor – Deme, Andrea – Markó, Alexandra (2023), Dynamic articulatory and acoustic features of Hungarian sibilants as a function of phonological voicing. In: Skarnitzl, Radek – Volín, Jan (eds), *Proceedings of the 20th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS)*. Garant, Praha. 1077–1081.

- Havadi-Nagy Marian (2020), Az atipikus nyelés és a beszédhangejtés vizsgálata palatográfiával gyermekeknél. In: Váradi Tamás (sorozatszerk.) – Ludányi Zsófia – Grácsi Tekla Etelka (szerk.), Doktoranduszok tanulmányai az alkalmazott nyelvészet köréből 2020. XIV. Alkalmazott Nyelvészeti Doktoranduszkonferencia. Nyelvtudományi Intézet, Budapest. 32–50.
- Hegedűs Lajos (1931), Fonetikai tanulmányok. Nyelvtudományi Közlemények 48: 266–273.
- Hegedűs Lajos (1936), Röntgenfelvételek a száj- és garatüreg változásáról. Nyelvtudományi Közlemények 50: 111–117.
- Hegedűs Lajos (1941–1943), Palatogramm-mérés. Nyelvtudományi Közlemények 51: 64–73.
- Kochetov, Alexei (2020a), Research methods in articulatory phonetics I. Introduction and studying oral gestures. *Language and Linguistics Compass* 14/1: e12368. 1–29. <https://doi.org/10.1111/lnc3.12368>
- Kochetov, Alexei (2020b), Research methods in articulatory phonetics II. Studying other gestures and recent trends. *Language and Linguistics Compass* 14/3: e12371. 1–32. <https://doi.org/10.1111/lnc3.12371>
- Liberman, Alvin M. – Mattingly, Ignatius G. (1985), The motor theory of speech perception revised. *Cognition* 21/1: 1–36. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90021-6](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90021-6)
- Lindblom, Björn (1990), Explaining phonetic variation: A sketch of the H&H theory. In: Hardcastle, William – Marchal, Alain (eds), *Speech production and speech modelling*. Kluwer Academic, Dordrecht. 403–439. https://doi.org/10.1007/978-94-009-2037-8_16
- Lotz János (1966), Egy magyar röntgen-hangosfilm és néhány fonológiai kérdés. *Magyar Nyelv* 62: 257–266.
- Mády Katalin (2008), Magyar magánhangzók vizsgálata elektromágneses artikulográfiával normál és gyors beszédben. *Beszédkutatás* 16: 52–66.
- Markó et al. (2019a) = Markó, Alexandra – Bartók, Márton – Csapó, Tamás Gábor – Deme, Andrea – Grácsi, Tekla Etelka, The effect of focal accent on vowels in Hungarian: articulatory and acoustic data. In: Calhoun, Sasha – Escudero, Paola – Tabain, Marija – Warren, Paul (eds), *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019*. Australasian Speech Science and Technology Association Inc., Canberra. 2715–2719.
- Markó et al. (2019b) = Markó Alexandra – Bartók Márton – Csapó Tamás Gábor – Grácsi Tekla Etelka – Deme Andrea, Az /i:/ artikulációs és akusztikai sajátosságai harmonikusan és antiharmonikusan toldalékolódó tövekben. *Nyelvtudományi Közlemények* 115: 233–254. <http://doi.org/10.15776/NyK/2019.115.8>
- Markó Alexandra – Csapó Tamás Gábor – Deme Andrea – Grácsi 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 – Juhász Kornélia – Bartók Márton – Csapó Tamás Gábor – Grácsi Tekla Etelka – Deme Andrea (2022), Magyar magánhangzók artikulációs és akusztikai jellemzői a fonetikai pozíció függvényében álszavakban. In: Mády Katalin – Markó Alexandra (szerk.), *Általános Nyelvészeti Tanulmányok* 34. Fonetikai tanulmányok. Akadémiai Kiadó, Budapest. 51–80.
- Meenakshi, Nisha – Yarra, Chiranjeevi – Yamini, B. K. – Ghosh, Prasanta Kumar (2014), Comparison of speech quality with and without sensors in electromagnetic articulograph AG 501 recording. *Proceedings of Interspeech 2014*. Interspeech, Singapore. 935–939. <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2014-243>.
- Meyer, Ernst Alfred – Gombocz, Zoltán (1909), *Zur Phonetik der ungarischen Sprache*. Uppsala.
- Molnár József (1969), *A magyar beszédhangok atlasza*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Molnár József (1978), A magyar fonetika története 1920-ig. In: Szathmári István (szerk.), *Tanulmányok a magyar és finnugor nyelvtudomány történetéből (1850–1920)*. Tankönyvkiadó, Budapest. 39–46.
- Narayanan, Shrikant S. – Alwan, Abeer A. – Haker, Katherine (1995), An articulatory study of fricative consonants using magnetic resonance imaging. *The Journal of the Acoustical Society of America* 98: 1325–1347. <https://doi.org/10.1121/1.413469>
- Öhman, Sven E. G. (1966), Coarticulation in VCV utterances: Spectrographic measurements. *The Journal of the Acoustical Society of America* 39: 151–168. <https://doi.org/10.1121/1.1909864>
- Percival et al. (2020a) = Percival, Maida – Csapó, Tamás Gábor – Bartók, Márton – Deme, Andrea – Grácsi, Tekla Etelka – Markó, Alexandra (2020), Tongue root and voicing in Hungarian singleton and geminate obstruents. In: 12th International Seminar on Speech Production. https://issp2020.yale.edu/S08/percival_08_15_156_abstract.pdf
- Percival et al. (2020b) = Percival, Maida – Csapó, Tamás Gábor – Markó, Alexandra – Deme, Andrea – Grácsi, Tekla Etelka – Bartók, Márton (2020), Gemination as fortition? Articulatory data from Hungarian. Presentation at LabPhon17 virtual conference. Vancouver, 2020. július 6–8. https://labphon.org/sites/default/files/previous_conferences/LP17/abstracts/LabPhon_17_paper_308.pdf
- Rousselot, Pierre-Jean (1897–1901, 1901–1908), *Principes de phonétique expérimentale*. Tome I, II. Paris – Leipzig.
- Stevens, Kenneth N. (1998), *Acoustic phonetics*. MIT Press, Massachusetts.
- Stone, Maureen (2005), A guide to analysing tongue motion from ultrasound images. *Clinical Linguistics & Phonetics* 19/6–7: 455–501. <https://doi.org/10.1080/02699200500113558>.
- Stone, Maureen (2010), Laboratory techniques for investigating speech articulation. In: Hardcastle, William J. – Laver, John – Gibbon, Fiona E. (eds), *The handbook of phonetic sciences*. Wiley-Blackwell, Oxford. 9–38. <https://doi.org/10.1002/9781444317251.ch1>

-
- Straka, Georges (1965), *Album Phonétique*. Les Presses de L'Université Laval, Québec.
- Szende Tamás (1969), A köznyelvi magyar ejtésnorma felé. *Nyelvtudományi Közlemények* 71: 343–385.
- Szende Tamás (1974a), A magyar hangrendszer néhány összefüggése röntgenográfiai vizsgálatok tükrében. *Magyar Nyelv* 70: 68–77.
- Szende Tamás (1974b), A nyelv akadályképző szerepéről (palatográfiai mérések alapján). *Nyelvtudományi Közlemények* 76: 323–357.
- Szentágothai János – Réthelyi Miklós (2006), *Funkcionális anatómia I–III*. 8. kiadás. Medicina Könyvkiadó, Budapest.
- Techmer, Friedrich 1889. Nachwort. *Internationale Zeitschrift für allgemeine Sprachwissenschaft* 5: 157.
- Vértes O. András (1959), Hegedűs Lajos 1908–1958. *Nyelvtudományi Közlemények* 61: 111–114.
- Vértes O. András (1980), *A magyar leíró hangtan története az újgrammatikusokig*. Akadémiai Kiadó, Budapest.