

ZÖNGÉTTLEN RÉSMÁSSALHANGZÓK AKUSZTIKAI SZERKEZETE

Beke András – Gyarmathy Dorottya

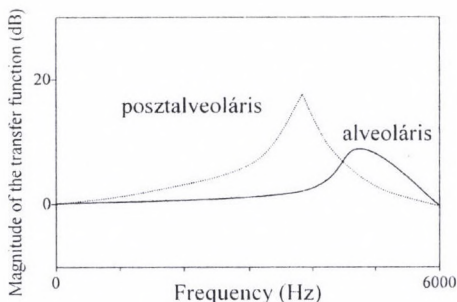
Bevezetés

A világ nyelvei hangkészletükben, hangzásukban különböznek egymástól. A különféle nyelvek hangzásbeli sokfélesége azonban nem jelenti azt, hogy az eltérő anyanyelvű beszélők beszédszervei anatómiaiailag is különböznenek. Az emberek a világ bármely részén azonos hangképző és beszédszervekkel rendelkeznek (Gósy 2004). A csecsemő beszédhang-megkülönböztető képessége a születés pillanatában még nem mutat nyelvi érzékenységet. Ekkor beszédszervei még bármely nyelv hangjainak képzésére alkalmasak, bármelyik nyelvet képes elsajátítani. A beszédképzés lehetőségei univerzálisak: az egyes hangok képzési konfigurációját a tüdő, a hangszalagok, illetve az ajkak működése, az üregrendszer sajátosságai, a nyelv mozgása és a képzés időtartama határozza meg. Az egyes nyelvek a felsorolt lehetőségekből specifikus módon válogatnak. A magyar mássalhangzók a képzés módja, a képzés helye, a zöngéesség, továbbá az időtartam szerint osztályozhatók. Fizikai jellemzőik függenek a mássalhangzó akusztikai alkatától, a hangsorban elfoglalt helyétől, a hangkörnyezettől, a hangsor terjedelmétől, illetőleg a szupraszegmentumoktól. Az egyes hangok artikulációja továbbá nagymértékben egyén- és helyzetfüggő.

Az artikulációs hibák a leggyakrabban a pergőhangot, illetve a sziszegő, susogó hangokat, vagyis az alveoláris és posztalveoláris réshangokat (zöngéseket és zöngétleneket egyaránt) érintik. A réshangok, más néven frikatívák vagy spiránsok képzésekor a szájüregben szűkület, rés keletkezik, amelyen keresztül a levegő turbulens módon áramlik. Aszerint, hogy a hangszalagok részt vesznek-e a képzésben, a réshangok lehetnek zöngések vagy zöngétlenek. A rés a szájüreg különböző pontjain keletkezhet, így a magyarban beszélhetünk labiodentális, alveoláris, posztalveoláris, palatális, illetőleg veláris és laringális réshangokról. A jelen tanulmányban a posztalveoláris és az alveoláris zöngétlen spiránsok nyelvileg rövid és hosszú változatait elemeztük spontán beszédben. A réshangok esetében a nyelvileg hosszú beszédhang a résképzés folyamatos nyújtásával hozható létre (Gósy 2004). A nyelvileg rövid és hosszú mássalhangzók fizikai időtartamai között gyakran találhatók átfedések (Kovács 2002; Olasz 2007).

A zöngétlen résmássalhangzókra a képzés módjából adódóan turbulens zörej jellemző, amely a hang egész terjedelmében van jelen. Az alveoláris zön-

gétlen résmássalhangzónál a zörejegőcök 4000–10000 Hz-es tartományban helyezkednek el. A jellegzetes éles, sziszegő hangzásért a 6000–8000 Hz közötti intenzív zörejegőc a felelős. A posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzó frekvenciatartománya alacsonyabb: a hang „tömör” hangzását adó gőcök 2200–5000 Hz között helyezkednek el. A magyar [ʃ] hang jellegzetes hangzásáért a 3500 Hz körüli fő zörejkomponens a felelős (vö. pl. Fónagy–Szende 1969; Olasz 2007; Stevens 2000) (vö. 1. ábra).

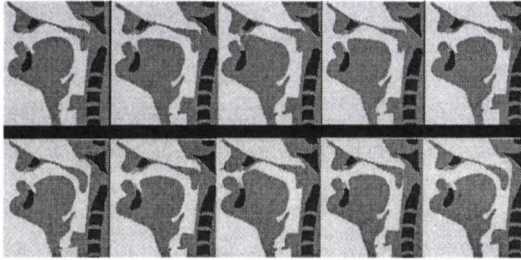


1. ábra

Az átviteli függvény karakterisztikája az alveoláris (a szájnyíláshoz közelebb képzett rés esetén) és posztalveoláris (a szájnyílástól távolabb képzett rés esetén) résmássalhangzók ejtésekor

Az alveoláris és a posztalveoláris zöngétlen spiránst három képzési jegy alapján lehet elkülöníteni: 1. a [s] esetében a rés frontálisabb, mint a [ʃ]-nél; 2. a [s] egy mély és egy keskeny hosszanti barázdával képződik a nyelv midzagittális részén, ami a [ʃ] esetében kevésbé disztinktív jegy; és 3. a [s] homorú nyelvalakkal képződik, míg a [ʃ] esetében a nyelvhát kupolás, domború alakú (Mády 2007) (vö. 2. ábra).

A jelen kutatásban két zöngétlen résmássalhangzó, a [s] és a [ʃ] nyelvileg rövid és hosszú realizációit vizsgáltuk spontán beszédben. Választ kerestünk arra a kérdésre, hogy a fonológiai időtartam a mássalhangzók fizikai időtartama alapján is elkülöníthető-e, avagy az elmúlt ötven évben tapasztalható általános beszédtempó-gyorsulás (vö. Kassai 1993; Gósy 2004) következtében ez a különbség eltűnőben van. Elemeztük továbbá az említett mássalhangzók spektrális szerkezetét, a nemtől és az egyéntől függő realizációkat. Megvizsgáltuk, hogy milyen eredménnyel lehet helyesen osztályozni a posztalveoláris/alveoláris zöngétlen résmássalhangzókat. Az osztályozásban akusztikai jellemzőként a mássalhangzók spektrális értékeit használtuk, és neurális hálózatot alkalmaztunk (Artificial Neural Network: ANN, vö. Horváth 1998).

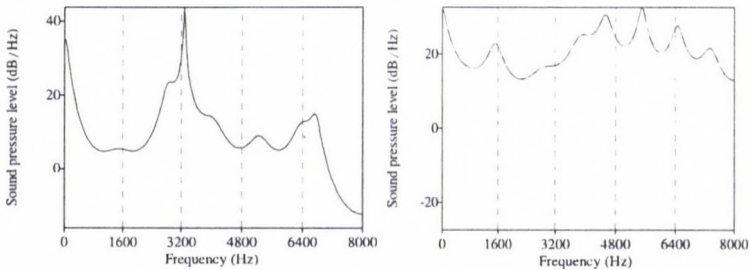


2. ábra

Az alveoláris (fent) és a posztalveoláris (lent) zöngétlen résmássalhangzók artikulációs sémája

Anyag, módszer, kísérleti személyek

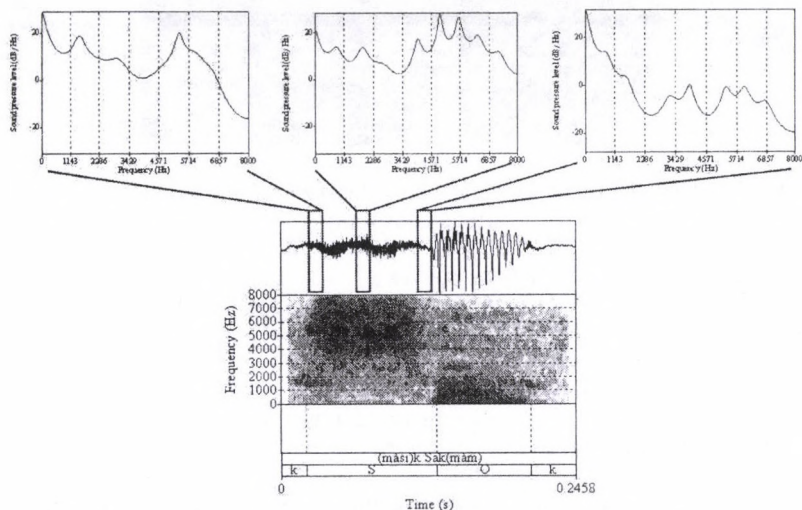
A kutatásban a BEA (Beszélt nyelvi Adatbázis, Gósy 2008) korpuszból 10 magyar beszélő spontán beszédét dolgoztuk fel (4 férfi és 6 nő). A BEA felvételei csendesített szobában készültek a GoldWave hangrögzítő programmal. A felvételeket 44,1 kHz-en mintavételezeten, 16-bites felbontással tárolták. Minden hangfájlnak elkészítettük a fonetikus átíratát. Az annotáció során a beszédhangokat automatikusan szegmentáltuk a hullámforma alapján a MAUS beszédfelismerő szoftverrel. Az automatikus annotációt minden esetben az oscillogram és hallás alapján ellenőriztük. Az alveoláris és posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzókat CV típusú hangkapcsolatokban vizsgáltuk. Fonológiai hosszúságuk szerint jelöltük rövidnek vagy hosszúnak. A mássalhangzókból az időtartamukat, spektrumukat, illetve a követő magánhangzó formánsszerkezetét automatikusan nyertük ki a Praat (Boersma-Weenink 2009) programban írt szkripttel. A mássalhangzó spektrális szerkezetét LPC-analízissel elemeztük. A beszédjelen 25 ms-os Hamming gördülő ablakfüggvényt alkalmaztunk folyamatosan, 5 ms-onként. Minden 25 ms-os részen LPC-analízist végeztünk (3. ábra).



3. ábra

A [j] (balra) és a [s] (jobbra) mássalhangzó vonalas spektruma

A résmássalhangzók időtartamában 10%-onként végeztünk spektrális elemzést (4. ábra). A spektrum elkészítése után kiszámoltuk a spektrális eloszlásuk súlypontját (centre of gravity: CoG), szórását, ferdeségét, csúcosságát.

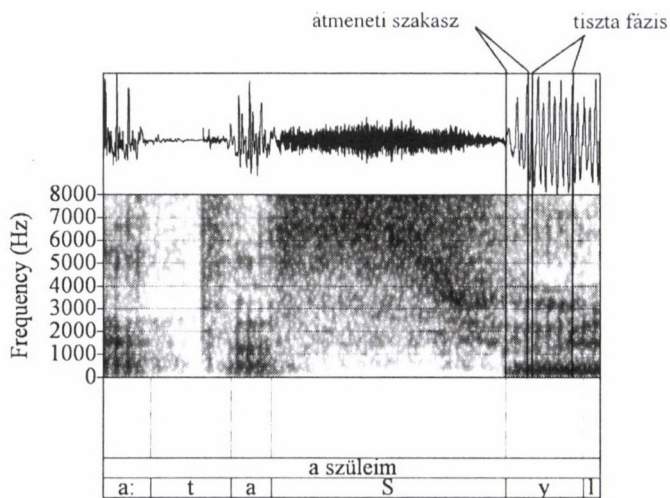


4. ábra

A beszédhang egyes időtartamában (eleje, közepe, vége) vett LPC-k

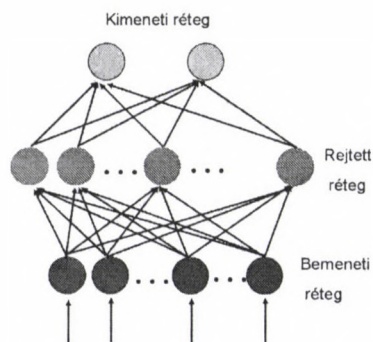
A CV hangkapcsolatban lévő magánhangzón két formánsmérést végeztünk: a tiszta fázisban a hang időtartamának felezési pontjában mértük a formánsértékeket, míg az átmeneti szakaszt a magánhangzó kezdőpontjától számított 10 ms-os részben átlagolva (5. ábra).

A **neurális hálózatok** olyan információfeldolgozó eszközök, amelyek párhuzamos, elosztott működésre képesek, lokális feldolgozást végző neuronokból állnak, képesek tanulni, és a megtanult információt felhasználni. A hálózatban a neuronok különböző rétegekbe vannak rendezve: *a)* Bemeneti réteg: azok a neuronok találhatóak itt, amelyek a bemeneti jel továbbítását végzik a hálózat felé. *b)* Rejtett réteg: a tulajdonképpeni feldolgozást végző neuronok tartoznak ide. Egy hálózatban belül több rejtett réteg is lehet. *c)* Kimeneti réteg: az itt található neuronok a külvilág felé továbbítják az információt. A feladatuk ugyanaz, mint a rejtett rétegbeli neuronoké. Egy neurális hálózat sokféleképpen épülhet fel, és sokféle eljárással tanítható. Ez a tulajdonság teszi lehetővé, hogy a neurális hálózatokat sok helyen alkalmazhassák, hiszen a felépítéstől és tanítási eljárástól függően dinamikusan tudják változtatni a hálózatok tulajdonságait. A jelen kutatásban a gyakorlatban legtöbbször alkalmazott struktúrát, az MLP-t (multi-layer perceptrons) használtuk (6. ábra).



5. ábra

A hát *a szüelim* közlésrészletben lévő CV hangkapcsolat (*szű*) rezgésképe és spektrogramja



6. ábra

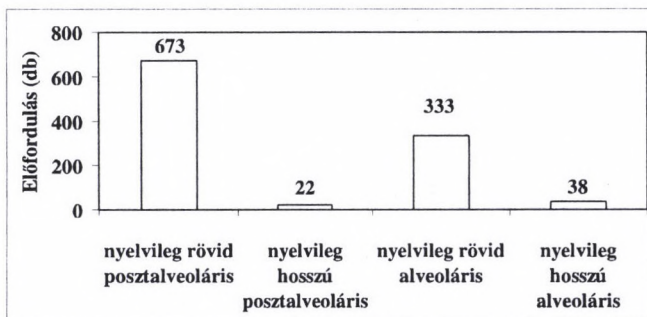
Az MLP architektúrája

Eredmények

A nyelvileg rövid és hosszú magánhangzók esetében igazolták a spontán beszédben, hogy a nagy átfedések ellenére szignifikáns különbség van a fonetikai időtartamukban (vö. Laziczius 1944; Gósy 2002; Gósy–Beke 2010). Hasonló tendenciát mutattak ki a magyar nyelv mássalhangzóinál is felolvasás-

ban: a nyelvileg rövid és hosszú mássalhangzók elkülönülnek időtartamukban de jelentős átfedés tapasztalható a két időtartam-eloszlás között (vö. Kassai 1982; Kovács 2002). Gordos és Takács (1983) szerint a rövid [s] időtartama 113–206 ms, míg a hosszúé 160–276 ms. A rövid [ʃ] esetében a megadott időtartomány 123–232 ms, míg a hosszúnál 238–265 ms. Olaszky (1989) nem közli a rövid és hosszú megvalósulások időtartamát, a [s]-re 120–170 ms-ot ad meg, a [ʃ]-re pedig 130–200 ms-ot. Más kutatások szerint a felolvasott mondatokban a [s] időtartama 103–326 ms között mozog, míg a [s:] időtartama 211–357 ms között, a [ʃ]-é 74–275 ms, hosszú párjáié 187–400 ms (Gósy 2004).

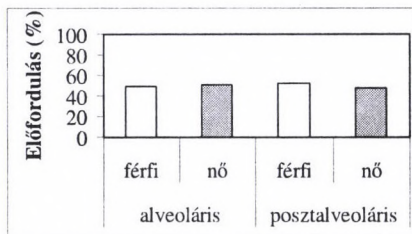
Kutatásunkban az annotált, közel 11 000 beszédhangból mindössze 1 066 zöngétlen alveoláris és posztalveoláris mássalhangzót adatoltunk (7. ábra). A hasonlósos eseteket az elemzésekből kizártuk.



7. ábra

A nyelvileg rövid és hosszú alveoláris és posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzók előfordulása

A nyelvileg hosszú mássalhangzók előfordulása igen alacsony; mindössze az összes elemzett mássalhangzó 7%-a. A férfiak és a nők által ejtett alveoláris és posztalveoláris mássalhangzók előfordulása kiegyensúlyozott (8. ábra).

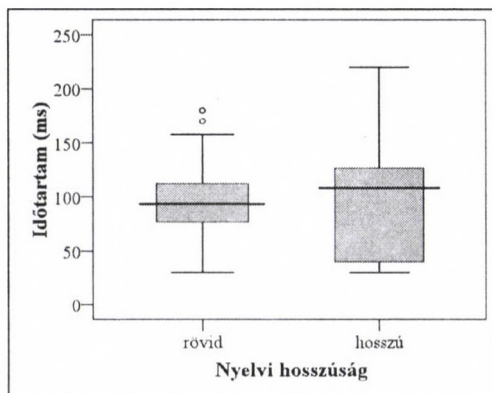


8. ábra

A mássalhangzók előfordulása férfiak és nők ejtésében spontán beszédben

Az alveoláris zöngétlen résmássalhangzó

A nyelvileg rövid és hosszú alveoláris résmássalhangzó időtartama között szignifikáns különbséget adatoltunk. A rövid [s]-realizációk átlagos időtartama 91 ms (szórás 33 ms), míg a nyelvileg hosszúiaké 120 ms (szórás 57 ms) [ANOVA: $F(1, 693) = 15,76$; $p < 0,001$], (vö. 9. ábra).



9. ábra

A nyelvileg rövid és hosszú alveoláris zöngétlen résmássalhangzók időtartama

A nem tekintetében nem mutatható ki szignifikáns különbség a [s]-realizációk időtartamában. A férfiak átlagosan rövidebb (99 ms) [s] hangokat ejtenek, mint a nők (102 ms). Az egyes beszélők között az ejtési időtartamban azonban jellegzetes különbség van (10. ábra).

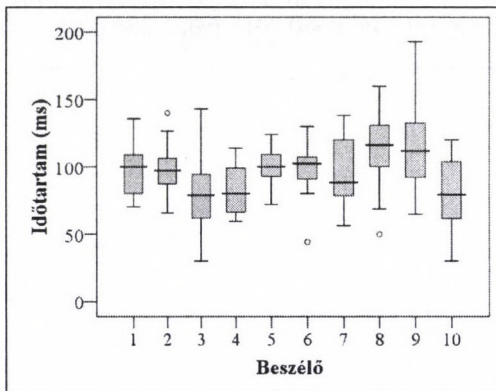
Elemeztük a megelőző magánhangzó hatását a zöngétlen résmássalhangzó időtartamára. A mássalhangzót 617 esetben követte magánhangzó. Azokkal az esetekkel, amelyekben a vizsgált résmássalhangzó frázisvégi helyzetben fordult elő, illetve mássalhangzó követte, a jelen tanulmány nem foglalkozik. A statisztikai elemzések azt mutatják, hogy a követő magánhangzónak nincs hatása az alveoláris résmássalhangzó időtartamára.

A [s] spektrális szerkezetét tekintve a teljes időtartamának felénél éri el a rá jellemző célkonfigurációt (11. ábra).

Megvizsgáltuk, hogy a követő magánhangzó hogyan befolyásolja az alveoláris mássalhangzó képzését. Több időszakaszban is szignifikáns hatást találtunk. A 40%-os és a 70%-os időintervallumban módosítja a követő magánhangzó minősége a mássalhangzó spektrális szerkezetét: $F(12, 262) = 3,394$, $p < 0,000$; $F(12, 262) = 2,868$, $p < 0,001$.

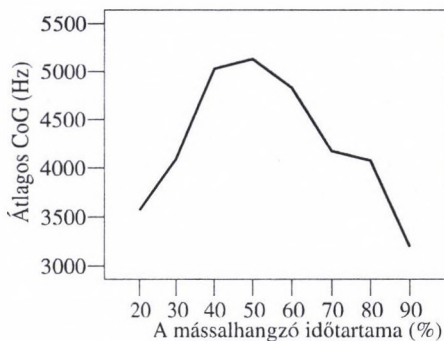
A magánhangzó előlségi jegye (vízszintes nyelvvállás) meghatározza az előtte álló zöngétlen résmássalhangzó képzési helyét. Ha a megelőző magán-

hangzó elől képzett, akkor az alveoláris résmássalhangzó résképzési helye előrébb tolódik. A zörejtűcok ebben az esetben az átlaghoz képest alacsonyabb frekvenciákon jelennek meg (12. ábra).



10. ábra

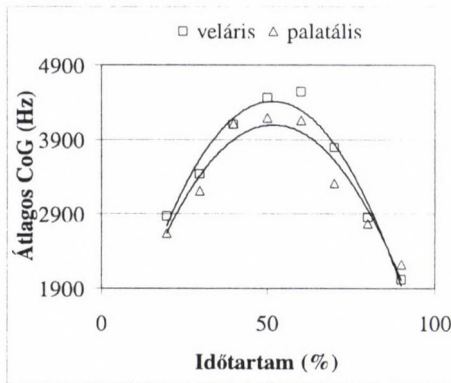
Az egyes beszélők [s] mássalhangzóinak időtartamai



11. ábra

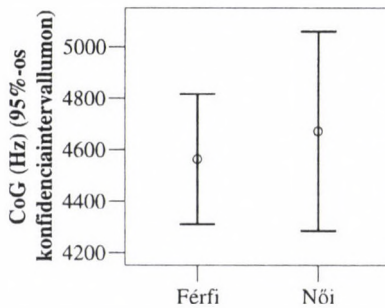
A nyolc időpontban mért CoG értéke a mássalhangzó időtartamában

Az alveoláris zöngétlen résmássalhangzók spektrumában tendenciaszerűen a nemtől függően jelennek meg a tipikus zörejtűcok. Spektrumuk súlypontja a férfiak esetében közel 4,5 kHz-en van, míg a nők esetében ez magasabb frekvencián jelenik meg (közel 4,6 kHz), a különbség nem szignifikáns (vö. 13. ábra).



12. ábra

Az alveoláris zöngétlen résmássalhangzó átlagos CoG-értéke a követő magánhangzó függvényében



13. ábra

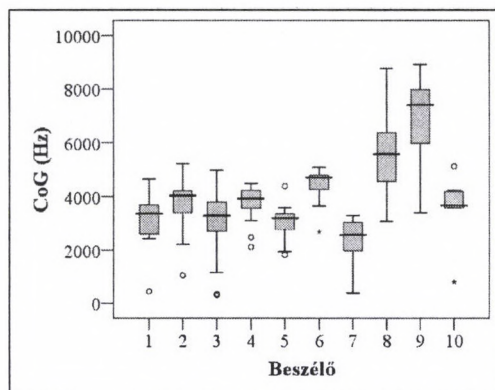
Az alveoláris CoG értéke a nem függvényében (medián és szórás)

Az időtartamhoz hasonlóan, a CoG-értékek is függenek az egyes beszélőktől [egytényezős ANOVA: $F(10, 290) = 52,237$; $p < 0,001$] (14. ábra).

A posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzó

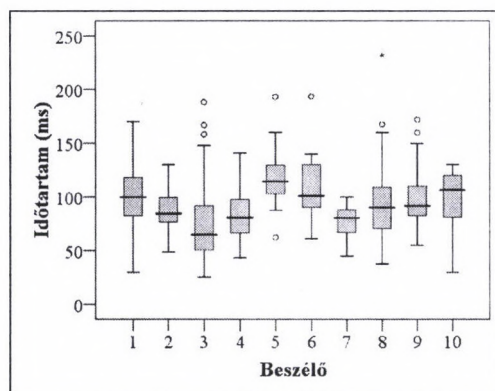
A [ʃ] mássalhangzó időtartamában szintén különbség van a nyelvileg rövid és a hosszú beszédhangok között [egytényezős ANOVA: $F(1, 258) = 14,56$; $p < 0,001$]. A rövid [ʃ]-realizációk átlagos időtartama 89 ms (szórás 28 ms), míg a nyelvileg hosszúaké 130 ms (szórás 42 ms).

A nem tekintetében a férfiak által ejtett [ʃ] hangok átlagosan rövidebbek (83 ms), mint a nők felvételeiben adatoltak (99 ms); a különbség szignifikáns [egytényezős ANOVA: $F(1, 260) = 26,39$; $p < 0,001$]. A [ʃ] időtartamában az egyes beszélők között is különbség mutatkozik (15. ábra).



14. ábra

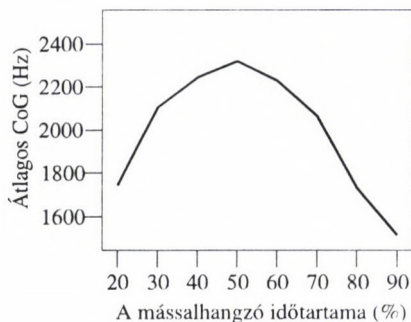
A személyfüggő realizációk a zöngétlen alveoláris résmássalhangzók esetében



15. ábra

Az egyes beszélők [j] mássalhangzóinak időtartamai

A követő magánhangzónak nincs hatása a posztalveoláris résmássalhangzó időtartamára. A több időpontban mért CoG-értékek hasonló tendenciát mutatnak, mint az alveoláris résmássalhangzó esetében. Az érték kezdetben alacsony, majd a mássalhangzó képzési idejének felénél eléri a célkonfigurációt, ezt követően lecsökken (16. ábra).

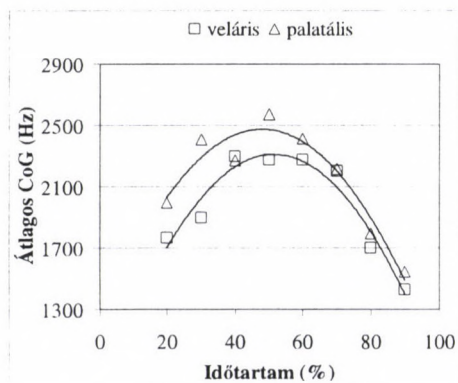


16. ábra

A nyolc időpontban mért CoG értéke a posztalveoláris mássalhangzó időtartamában

A [ʃ] esetében a 60–70%-os időintervallumban tudunk a követő magánhangzó tekintetében függőséget kimutatni [$F(12, 376) = 2,729; p < 0,001$].

A magánhangzó előlségi jegye (vízszintes nyelvállás) meghatározza az előtte álló zöngétlen résmássalhangzó képzési helyét. Ha elől képzett magánhangzó követi a posztalveoláris résmássalhangzót, akkor a mássalhangzó képzési helye a szájnnyílás felé tolódik. A zörejcócok ebben az esetben az átlaghoz képest magasabb frekvenciákon jelennek meg (17. ábra).

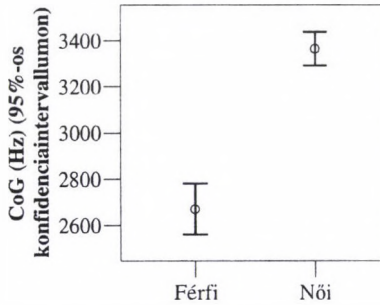


17. ábra

Az posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzó CoG értékei a követő magánhangzó függvényében

A CoG értéke, ahogy az alveoláris esetében is, szintén függ a beszélő nemétől. A férfiak [ʃ] beszédhangjának CoG-értéke alacsonyabb frekvencián jele-

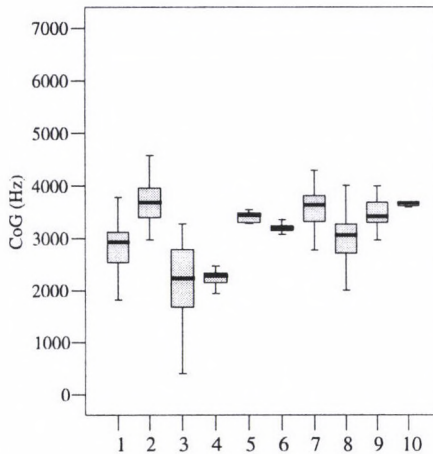
nik meg (átlagosan 2,6 kHz), mint a nők (3,3 kHz) (18. ábra). A két csoport közötti különbség szignifikáns [egytényezős ANOVA: $F(1, 353) = 112,6$; $p = 0,000$].



18. ábra

A posztalveoláris résmássalhangzók CoG-értéke a nem függvényében

A posztalveoláris zöngétlen réshang esetében is szignifikáns különbségeket tudunk kimutatni a CoG értékében az egyéni ejtések között [egytényezős ANOVA: $F(10, 360) = 36,210$; $p < 0,001$] (19. ábra).



19. ábra

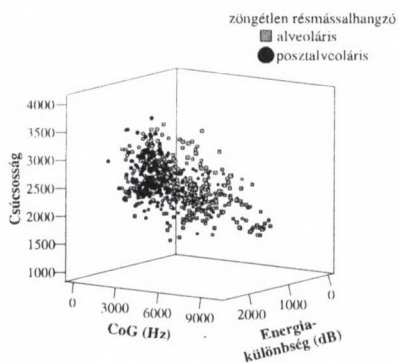
A személyfüggő realizációk a posztalveoláris mássalhangzó esetében

Az alveoláris és posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzó elkülönítése a spektrum alapján

A kutatásban elemzett alveoláris zöngétlen résmássalhangzóknál a jellegzetes zörejtócot 4,5 kHz-nél adatoltuk, míg a posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzók esetében ez a zörejtócot 2,9 Hz-nél jelentkezett [egytenyezés ANOVA: $F(1, 617) = 224,829$; $p < 0,001$]. A spektrális súlyponton kívül a magas szeparációs képességű jellemzőket használtuk az osztályozásban. Ezek kiválasztásához ROC-analízist (Receiver Operating Characteristic) alkalmaztunk. A ROC-analízis lehetővé teszi az egyes jellemzők szeparációs képességének a választott küszöbtől független vizsgálatát és számszerűsítését a jellemzők eloszlásával kapcsolatos előfeltevések nélkül. A ROC-analízis szerint a CoG-nek, az energiakülönbségnek és a csúcosságnak van a legnagyobb szerepe az alveoláris és a posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzók megkülönböztetésében. Ezekkel a jellemzőkkel a két mássalhangzót – háromszoros ún. keresztvalidációval (cross-validation) és MLP neurális hálózattal – 81,1%-os eredménnyel tudtuk automatikusan osztályozni (1. táblázat, 20. ábra). Az alveoláris résmássalhangzó osztályozása biztosabb, a helyes döntések száma jelentősen magasabb, mint a posztalveolárisok esetében. Ennek valószínűsíthetően az az oka, hogy az előbbinek stabilabb a spektrális szerkezete.

1. táblázat: Az alveoláris és posztalveoláris réshangok helyes osztályozási eredménye (%)

	Posztalveoláris	Alveoláris
Posztalveoláris	66,5	33,5
Alveoláris	6,5	93,5

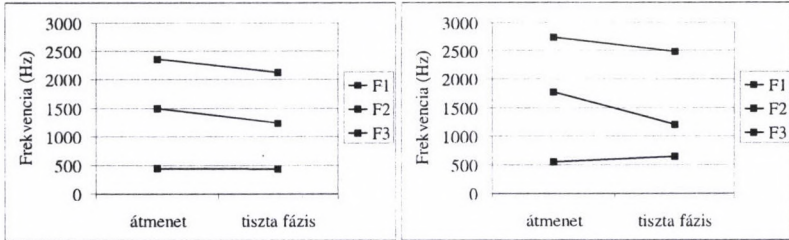


20. ábra

Az alveoláris és posztalveoláris résmássalhangzók a csúcosság, az energiakülönbség és a CoG dimenzióiban

A CV hangkapcsolatban lévő magánhangzó formánsszerkezete

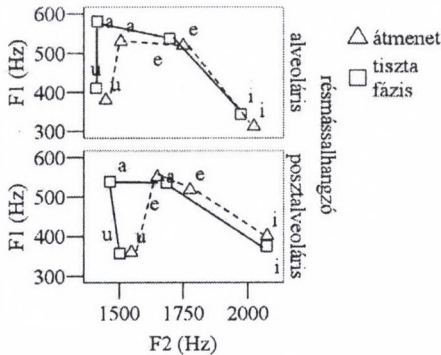
A nemzetközi és a hazai szakirodalmi adatok szerint a [ʃ] és a [s] mássalhangzók jellegzetesen befolyásolják az utánuk álló magánhangzó formáns-szerkezetét (Magdics 1965; Hardcastle–Hewlett eds. 1999; Jongman et al. 2000). A mássalhangzó hatása csak a CV átmeneti szakaszában mutatható ki; a magánhangzó tiszta fázisában mért formánsértékek függetlenek a zöngétlen résmássalhangzó képzési helyétől (21. ábra).



21. ábra

Az [ɔ] magánhangzó formánsértékei CV hangkapcsolatban, ahol a C a [s] (fent), illetve a [ʃ] (lent)

Mindkét elemzett résmássalhangzó esetében az átmeneti szakaszban jelentősen csökken a magánhangzók artikulációs tere (22. ábra). A nyelv vízszintes mozgásában tendenciaszerű elmozdulás látható; az alveolárist követő magánhangzók átmeneti szakaszában az F_2 értékek centralizáltabb képzésre utalnak.



22. ábra

A magánhangzó első és második formánsának értéke a tiszta fázisban és az átmeneti szakaszban

Ha a magánhangzó előtt posztalveoláris résmássalhangzó áll, akkor a magánhangzó átmeneti és a tiszta fázisában mért formánsértékek szignifikánsan különböznek az [ɔ], [a:], [ɛ], [e:], [i:], [o], [ø:] magánhangzók esetében. Ugyanez a hatás az alveoláris résmássalhangzó esetében csak az [a:], [ɛ], [i:], [o:], [ø] hangoknál érvényesül (2. táblázat).

2. táblázat: A magánhangzók átmeneti szakaszában és a tiszta fázisában mért formánsok a megelőző mássalhangzó függvényében

		F ₁			F ₂		
		átmeneti szakasz	tiszta fázis	<i>p</i>	átmeneti szakasz	tiszta fázis	<i>p</i>
posztalveoláris	[ɔ]	514	507	> 0,05	1448	1514	< 0,05
	[a:]	524	657	< 0,05	1659	1865	< 0,05
	[ɛ]	490	533	< 0,05	1686	1666	> 0,05
	[e:]	382	417	< 0,05	2000	1984	> 0,05
	[i]	339	340	> 0,05	2049	2044	> 0,05
	[i:]	308	342	< 0,05	2066	1957	< 0,05
	[o]	563	476	> 0,05	1349	1566	< 0,05
	[o:]	440	439	> 0,05	1195	1244	> 0,05
	[ø]	537	485	> 0,05	1548	1648	> 0,05
	[ø:]	387	437	< 0,05	1600	1581	> 0,05
	[u]	387	349	> 0,05	1589	1650	> 0,05
	[u:]	367	378	> 0,05	1416	1594	> 0,05
[y]	340	346	> 0,05	1604	1634	> 0,05	
alveoláris	[ɔ]	514	507	> 0,05	1448	1514	> 0,05
	[a:]	524	657	< 0,05	1659	1865	> 0,05
	[ɛ]	490	533	< 0,05	1686	1666	> 0,05
	[e:]	382	417	> 0,05	2000	1984	> 0,05
	[i]	339	340	> 0,05	2049	2044	> 0,05
	[i:]	308	342	> 0,05	2066	1957	< 0,05
alveoláris	[o]	563	476	> 0,05	1349	1566	< 0,05
	[o:]	440	439	> 0,05	1195	1244	> 0,05
	[ø]	537	485	> 0,05	1548	1648	> 0,05
	[ø:]	387	437	> 0,05	1600	1581	> 0,05
	[u]	387	349	> 0,05	1589	1650	> 0,05
	[u:]	367	378	> 0,05	1416	1594	> 0,05
	[y]	340	346	> 0,05	1604	1634	> 0,05

4. táblázat: A posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzóból kinyert paraméterek alapján történő osztályozás eredménye (%)

Beszélők	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a	46	0	36	0	0	9	0	9	0	0
b	0	83	0	0	0	0	17	0	0	0
c	0	4	79	13	0	4	0	0	0	0
d	0	0	7	86	0	0	0	7	0	0
e	0	0	12	0	75	0	0	13	0	0
f	0	0	40	0	0	20	20	0	0	20
g	0	12	12	0	0	0	38	0	0	38
h	0	0	0	0	0	0	0	90	10	0
i	0	0	0	0	0	0	0	19	81	0
j	0	17	0	0	0	0	0	0	0	83

A posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzó esetében 75%-os az eredmény, amit 11 rejtett réteggel működő neurális hálózattal értünk el. Az eredmények azt mutatják, hogy a kutatásunkban szereplő tíz beszélőnél átlagosan 70%-os osztályozási eredményt tudtunk elérni a mássalhangzó spektrumából számított jellemzőkkel és neurális hálózattal. Jobb eredményt kaptunk a posztalveoláris zöngétlen résmássalhangzók esetében.

Következtetések

A kutatásban a zöngétlen alveoláris és posztalveoláris résmássalhangzók akusztikai szerkezetét elemeztük magyar spontán beszédben. Az eredmények szerint mindkét elemzett réshang esetében szignifikáns különbség van a nyelvilleg rövid és hosszú beszédhangok időtartama között. Az időtartamok nagymértékű beszélőfüggő realizációkat mutatnak. A női és férfi beszélők ejtésében ugyancsak szignifikáns különbség van az elemezett réshangok átlagos időtartamában; a nők hosszabban ejtik mindkét mássalhangzót.

A réshangok spektrális szerkezetét elemezve megállapítottuk azokat a különbségeket, amelyek mentén az alveoláris és posztalveoláris mássalhangzók elkülöníthetők egymástól. Az alveoláris zöngétlen résmássalhangzó tipikus zörejkomponensei magasabb frekvencián realizálódnak (4,5 kHz), mint a posztalveolárisoké (2,9 Hz). A kapott értékek közel azonosak a Fónagy és Szende (1969) tanulmányában megadottakkal. A két résmássalhangzó közötti különbséget a spektrum súlypontjában, eloszlásuk csúcosságában és az energiakülönbségekben tudtuk kimutatni. A két hang ejtésvariációi meglehetősen stabilnak látszanak mind a felolvasott beszédben (Vicsi–Szaszák 2002), mind pedig a spontán beszédben. A spektrális szerkezetüket befolyásolja a követő magánhangzó; ezt a tendenciát anyagunkban mindkét mássalhangzóra statisztikailag igazoltuk. A nemzetközi szakirodalom eredményeihez hasonlóan (Hardcastle–Hewlett eds. 1999) a mássalhangzót követő magánhangzó hat a zöngétlen réshangra. A posztalveoláris esetében az elől képzett magánhangzó

előtt a résmássalhangzó résképzése előrébb tolódik a szájnyílás felé, míg a hátul képzett magánhangzó előtt a résmássalhangzó résképzése hátrébb tolódik. Fordított tendenciát adatoltunk az alveoláris résmássalhangzónál. Mindkét réshang artikulációja nem- és beszélőfüggő. A nők CoG-értéke az alveoláris és posztalveoláris réshangok esetében átlagosan magasabb frekvenciákon jelenik meg. Igazoltuk, hogy a mássalhangzó hatással van a követő magánhangzó akusztikai megvalósulásaira. A hatást az F_2 értékében tudtuk kimutatni. A zöngétlen résmássalhangzók automatikus osztályozása 70%-os eredménnyel járt.

Irodalom

- Boersma, Paul – Weenink, David 2009. *Praat: doing phonetics by computer* (Version 5.1) [Computer program]. http://www.fon.hum.uva.nl/praat/download_win.html
- Fónagy Iván – Szende Tamás 1969. Zárhangok, réshangok, affrikáták hangszinképe. *Nyelvtudományi Közlemények* 71. 281–343.
- Gordos Géza – Takács György 1983. *Digitális beszédfeldolgozás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Gósy Mária 2002. Magánhangzók változása az idő függvényében. In Hunyadi László (szerk.): *Kísérleti fonetika – laboratóriumi fonológia 2002*. Debreceni Egyetem Kossuth Egyetemi Kiadója, Debrecen, 7–20.
- Gósy Mária 2004. *Fonetika, a beszéd tudománya*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Gósy Mária 2005. *Pszicholingvisztika*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Gósy Mária 2008. Magyar spontánbeszéd-adatbázis – BEA. *Beszédkutatás* 2008. 194–208.
- Gósy Mária – Beke András 2010. Magánhangzó-időtartamok a spontán beszédben. *Magyar Nyelvőr* 134. 140–165.
- Hardcastle, William J. – Hewlett, Nigel (eds.) 1999. *Coarticulation. Theory, data and techniques*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Horváth Gábor 1998. *Neurális hálózatok és műszaki alkalmazásaik*. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Jongman, Allard – Wayland, Ratee – Wong, Serena 2000. Acoustic characteristics of English fricatives. *Journal of the Acoustical Society of America* 108. 1252–1263.
- Kassai Ilona 1993. Gyorsult-e a magyar beszéd tempója az elmúlt 100-120 évben? *Beszédkutatás* 1993. 62–69.
- Kovács Magdolna 2002. *Tendenciák és szabályszerűségek a magánhangzó-időtartamok produkciójában és percepciójában*. Debreceni Egyetem Kossuth Egyetemi Kiadója, Debrecen.
- Laziczius Gyula 1944. *Fonétika*. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest.
- Magdics Klára 1965. *A magyar beszédhangok akusztikai szerkezete*. Nyelvtudományi Értekezések 49. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Mády, Katalin – Beer, Ambros 2007. Articulatory parameters in consonant production after tumour surgery: a real-time MRI investigation. *Archives of Acoustics* 32. 77–94.
- Stevens, Kenneth 2000. *Acoustic phonetics*. The MIT Press, Cambridge.

- Ladefoged, Peter 2003. *Phonetic data analysis: An introduction to fieldwork and instrumental techniques*. Blackwell Publishing, Malden.
- Olaszy Gábor 1989. *Elektronikus beszédelőállítás. A magyar beszéd akusztikája és formánsszintézise*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Olaszy Gábor 2007. *Mássalhangzó-kapcsolódások a magyar beszédben*. Tinta Kiadó, Budapest.
- Vicsi Klára – Szaszák György 2002. A magyar nyelv kiejtésvariációi és felhasználásuk a beszédfelismerésben. *Beszédkutatás 2002*. 163–176.

A kutatást az OTKA 78315 számú pályázata támogatta.