

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
BÖLCSÉSZETTUDOMÁNYI KAR
NEVELÉSTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA
OKTATÁSELMÉLET DOKTORI PROGRAM

ALTORJAY TAMÁS

**KLASSZIKUS ÉNEKESI HANGKÉPZÉS EMPIRIKUS KUTATÁSA,
AZ ORR ÉS MELLÉKÜREGEI BEKAPCSOLHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATÁRA**

Ph.D-értekezés

Témavezetők:

Csíkos Csaba, habilitált egyetemi docens, SZTE Neveléstudományi doktori Iskola, ELTE
Tanító- és Óvóképző Kar.

Osvay Károly, habilitált egyetemi docens, SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, és
az ELI Kutatási Technológiai Igazgatója



Szeged

2018

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	1
Bevezetés.....	4
1. A hangképzés kutatás története.....	4
2. Hangképzés elméleti áttekintése	10
2.1. Elméleti alapvetés.....	10
2.2. Testtartás, fejtartás.....	11
2.3. Légzés.....	16
2.4. Gégeműködés	24
2.4.1. A hangszalag felépítése.....	30
2.4.2. A hangrésműködés.....	31
2.4.3. Hangindítás	39
2.5. Toldalékcső.....	40
2.5.1. Orr és melléküregei.....	45
2.6. Szövegformálás	49
2.6.1. Énekes-formáns.....	53
2.7. Regiszterek, VRP, átmenő hangok, kiegyenlítés.....	54
2.8. Hangképzési elméletek, modellek	61
2.9. Minőségellenőrzés	62
3. Hangegészség.....	64
3.1. Összefoglaló tanulmányok hangegészségi elemzései.....	65
3.2. Különféle hangterhelések hatása	70
4. Hangbemelegítés és a képzés hatása	72
4.1. Énekmesteri tanácsok	73
4.2. Újkeletű kutatások ismertetése	75
4.3. Részben-zárt toldalékcsőves gyakorlatok.....	77
5. A Kutatási téma meghatározása	82
5.1. A kutatási téma jelentősége, a kutatás indoklása.....	82
5.2. A témával kapcsolatos nyitott kérdések	84
5.3. Kutatási kérdések, célok	84
5.4. Hipotéziseink	85

5.5. Kutatás módszerei	85
6. Kutatási mérések ismertetése	86
6.1. Előmérés	89
6.2. Első kísérleti mérés.....	91
6.3. Második kísérleti mérés.....	93
6.3.1. A második kísérleti mérés tapasztalatai	105
6.4. Harmadik kísérleti mérés.....	106
6.4.1. A harmadik kísérleti mérés tapasztalatai	124
6.5. A negyedik kísérleti mérés	128
6.5.1. A negyedik kísérleti mérés tapasztalatai	144
6.6. Az ötödik kísérleti mérés	145
6.6.1. Az ötödik kísérleti mérés tapasztalatai	174
6.7. A hatodik kísérleti mérés	175
6.7.1. A hatodik kísérleti mérés tapasztalatai	206
6.8. A hetedik kísérleti mérés	207
6.8.1. A hetedik kísérleti mérés tapasztalatai.....	238
7. Az értekezés összegzése, kísérleti eredményeink összefoglalása	239
8. A kutatás hasznosíthatósága, következtetések	245
9. Köszönetnyilvánítás	247
10. Jegyzékek	248
10.1. Ábrajegyzék.....	248
10.2. Táblázatok jegyzéke	251
10.3. Irodalomjegyzék	257
11. Mellékletek.....	266

Bevezetés

Jelen kutatást a személyes énekesi és tanári tapasztalatok során felmerült kérdések, a gyakorlatban alkalmazott sok egyéni módszer közötti ellentmondások, bizonytalanságok, valamint a vonatkozó szakirodalom áttekintése ihlette. Több kutatási téma, terület, kérdés is felmerült, amelyek közül a választást behatárolta az, hogy együttműködést az SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékével sikerült kialakítani. Így hozzáférhetővé vált számunkra is egy fejlett akusztikai elemző program – SIEGVIEW 2.4. - használata, amellyel hangfelvételek elemzését, részhangokra bontását tudtuk elvégezni.

A szakirodalomban nézetkülönbséget találtunk az orr és melléküregeinek énekhangba történő bekapcsolhatóságát illetően, a magánhangzók képzésénél, az orros csengés elkerülése mellett. A kérdés jelentősége nem csak hangesztétikai (egyéni hangszín, színtömörtség, messzecsengés, hangáramlás), hanem énektechnikai is (a hang pozicionálása, kiegyenlítése, regiszterek összekapcsolása). Különösen korunkban, amikor a tömegkommunikáció révén különféle énekelt zenei műfajok – rock, soul, pop, jazz, country, musical (zenés-színház), belt, szájdobos, belégzőéneklés - elterjedtek, népszerűvé váltak énektechnikai megoldásaikkal együtt, amelyek a klasszikus – operai, oratórium, dal – megoldástól eltérnek. Jelen kutatással ehhez a vitához kívántunk kísérleti eredményeinkkel hozzájárulni, különböző énekhang-bemelegítő gyakorlatok hatásának összevetésével.

Az első fejezetben röviden áttekintjük a hangképzés kutatás történetének ismert eredményeit, kiemelkedő alakjait, az ókortól napjainkig. A hangképzés elméleti áttekintésében (2.1) részletezzük az emberi hang, mint fizikai jelenség tulajdonságait. Részletesen tárgyaljuk a hangadást befolyásoló testtartással, fejtartással, állkezeléssel kapcsolatos elképzeléseket (2.2.). Az emberi hangadás energia forrása a légzés. Az énekesi légzéssel kapcsolatban több elképzelés, gyakorlat is közismert. Külön fejezetet érdemelnek az énekesi légzéstípusokkal és a légtámasszal összefüggő elméletek (2.3.). Az emberi hang forrása a gégében lévő hangrés. A gége felépítésének, a gégeporcok szerepének, a hangszalagok szerkezetének, a hangindítás módjainak áttekintése is elengedhetetlen a kutatásunkhoz kapcsolódóan (2.4.). A gégében keletkező elsődleges hang felerősítéséhez, színgazdaggá tételéhez nélkülözhetetlen a hangrés alatti és feletti léggeltelt üregrendszer, a toldalékcső szerepe. Ennek szerkezetét, működését, különös tekintettel az orr és melléküregeinek szerepére, a 2.5. fejezetben foglaljuk össze. Az éneklés szöveges zene, ezért alapvető elvárás az énekesekkel szemben, hogy az énekelt szöveg érthető, a szöveg által hordozott mondanivalót pontosan közvetítő legyen. A 2.6.

fejezetben részletesen tárgyaljuk az énekelt magánhangzók érthetőségének, kiegyenlítésének, a mássalhangzós szövegkörnyezetnek a hatását. Ehhez kapcsolódik az énekes-formáns jelensége és hangképzési jelentősége is (2.6.1.). A klasszikus hangképzés több évszázados elvárása a kiegyenlített hang. Ez az elvárás a hang minden paraméterére vonatkozik és a regiszterek összekapcsolásával, az átvezető hangok képzésével, a hangkapacitási (VRP) lehetőségekkel függ össze (2.7.), és elengedhetetlen ismertetése a hangbemelegítéssel – kutatási témánk - kapcsolatban. Szorosan kapcsolódnak kutatásunkhoz az énekhang működését leíró legfrissebb modellek (2.8.) és az énekhang minősítésére, az énekesek kategorizálására (2.9.) módszerek áttekintése.

Külön fejezetben (3.) tárgyaljuk a hangegészséggel kapcsolatos kérdéseket, különös tekintettel a hangterhelések hatásával (3.2.), mivel a hangbemelegítéseknek is célja, hogy az énekhangot teherbíróvá, a terhelések esetleges káros hatásaival szemben ellenállóvá tegye.

Kiemelten foglalkozunk hangbemelegítéssel kapcsolatos elképzelésekkel (4.) és a részbenzárt toldalékcsoves bemelegítő gyakorlatokkal (4.1.), amelyek az elmúlt évtizedek fejlesztései, és kísérleteinkben alkalmazott gyakorlatoknál is használtuk ezeket.

Az 5. fejezetben ismertetjük kutatási témánkat, céljainkat, hipotéziseinket. A 6. fejezetben részletesen ismertetjük mind a nyolc kutatási mérésünk céljait, módszereit, eredményeit. A 7. fejezetben összegezzük az elért eredményeket, és a 8. fejezetben részletesen tárgyaljuk tapasztalataink hasznosíthatóságát és az eredményeinkből levonható következtetéseket.

A záró fejezetek – 9. és 10. – a köszönetnyilvánítást és az ábrák, táblázatok, áttekintett szakirodalom jegyzékét tartalmazzák.

Az értékezést mellékletekkel (11.) zárjuk, amelyben összefoglalóan ismertetjük a kísérleteinkben alkalmazott, kifejlesztett bemelegítő gyakorlatokat.

1. A hangképzés kutatás története

Az emberiség által napjainkig megismert Univerzumban egyedül az ember használ ún. „másodlagos jelzőrendszert”. Megtalálták az artikulált hangadásért felelős génünket is a FOXP2 jelű génben (Venetianer, 2010). Elsődleges jelzőrendszert az intelligens állatok is használnak, de ők ezeket az ingertől, a helyzettől, akciótól elvonatkoztatva sosem alkalmazzák. Míg az ember kötött hangalakú hangsorozatokhoz gondolatokat, érzéseket, fogalmakat társít, és azonos kultúrájú közösségekben ez nyelv formájában egyezményessé válik. Az emberi toldalékcso, jelenlegi ismereteink szerint közel 200 féle hang képzésére képes. Ezek magán-, mással-hangzó és hangutánzó zörej formájában jelentkezhettek. Ezzel a

hangkészlettel több ezer (kb. 3000) beszélt nyelvet hozott létre az ember. Az élő nyelvek folyamatosan változnak, fejlődnek, hatnak egymásra. Ismerünk csak az emberiség írott történelme során is eltűnt kultúrákat, nyelveket, csak írásban fennmaradt vagy használt, ún. holt nyelveket is. Amit a beszélt és írott nyelvvel kapcsolatban kifejtettünk ugyanúgy érvényes annak érzelmekkel, indulatokkal, eszmékkel, hangulatokkal átfűtött, felnagyított formájára, vagyis a deklamálásra és az éneklésre is. Ez is megjelenik az „első jelzőrendszer” eszközeként az állatoknál, pl. énekes madarak, hosszúszárnyú bálna stb. de „másodlagos jelzőrendszer” elemeként csak az embernél. Az éneklés is, amennyire hiteles történelmi forrásainkból tudjuk, ősidők óta szerves része az emberi kultúrának. Már az ókori Izraelben, Görögországban és a Római Birodalomban is nagy jelentőséget tulajdonítottak a zenének, éneklésnek az oktatásban és a nevelésben egyaránt. Kiemelendő, hogy már ekkor elkezdte a római Claudius Galenus orvos (ie. 200-131) halott gégéken a hangadó szerv működését vizsgálni. A középkorban a keresztény Európában képzett éneklés templomi kórusokban, kolostorokban folyt. Az énekkultúrát itt fejlesztették tovább, de ennek fejlesztéséhez világi műfajok művelői is hozzájárultak. A XII-XVI század között az ún. „csavargó ének” („cantus planus”), a trubadúr gyakorlat, a madrigál irodalom segítette a folyamatot (*Szabadyné, 2002*). A hivatásszerű, előadói éneklés igénye a barokk kor hajnalán – a XVI-XVII. század fordulóján – keletkezett új zenés színpadi műfajok – opera, oratórium – jelentkezett. Az új műfajok fejlődésére is visszahatott az énekesek javuló teljesítménye és az énektechnika tudományos igényű tanulmányozása. Nyomtatásban is egyre több énektechnikával, énekpedagógiával, metodikával foglalkozó mű jelent meg pl. Praetorius (1571-1621), Tossi (1653-1732), Mengozzi (1758-1800). Énekes előadóművészek képzésére, nemtől függően 5-9 évet szántak. Nőknél rövidebb képzési idő is eredményesnek bizonyult. Intenzív, napi 3-4 órás képzést alkalmaztak, amelynek célja a hajlékony hangkezelés elsajátítása volt. A technikai fejlesztésen túl elengedhetetlennek tartották a jó megjelenést, a muzikalitást (zenei érzéket, érzékenységet), a képzelőerőt, az előadókészséget. Két hangképzési módot különböztettek meg, a teljes vagy természetes és csinált vagy falzett módot. Megindult a vita a regiszterekről - az énekhang színben és képzésben elkülöníthető szakaszai - és a kiegyenlítésről, vagyis a regiszterek törésmentes összekapcsolásáról. A mester-tanítvány viszony feltűnően „családias” volt. Gyakori volt, hogy a növendék a mester házába költözött, sőt a tanuló örökbefogadása is előfordult. Különösen a szép hangú fiúk kamaszkor előtti kasztrálása igényelt felelősségteljes családi, tanári döntést, jelenthetett „hosszú távú befektetést”. A barokk és a „bel canto” korszakában azonban kétségtelenül az énekesek és a kasztráltak voltak a színpadok sztárjai.

A XIX. században megindult a nemzeti operák fejlődése, és ezzel párhuzamosan az egyes nemzeti énekiskolák kialakulása és fejlődése is. A gyarapodó tapasztalatok mellett, az igazi áttörést Manuel Garcia (1805-1906) korszakalkotó felfedezése, a gégetükör (1853) jelentette. Ezzel lehetővé vált a hangadó szerv, a gége, a hangrés, működés közben, „élőben” történő vizsgálata. Ez az eszköz, jelentőségét, azóta is megtartotta, és ma is a klinikai vizsgálatok elengedhetetlen eszköze. Jean Baptiste Joseph de Fourier francia matematikus 1822-ben megjelent tanulmánya („Théorie analytique de la chaleur” Párizs), nyomán lehetővé vált az összetett rezgések fizikai elemzése, felbontása (=Fourier transzformáció). A fizika is nagyot lép előre az összetett, felhang-dús zenei hangok vizsgálata terén Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) munkássága révén, aki igazolta, hogy minden összetett zenei hang felbontható, tiszta sinusos rezgésekre. Nagy jelentőségű felfedezést tesz az angol Morell Mackenzie (1837-1892), azzal, hogy a hangrésműködési eltéréshez kapcsolja az énekhang regisztereit („long reed, short reed”, hosszú és rövid rezgő nyelv, mell - ill. fej-regiszter). Német énekmesterek a toldalékcső (garat és szájüreg) és a koponyaüregek énekhangba történő becsengetését kutatják. Friedrich Schmitt (1812-1884) az „Ansatz” elmélet (a hang becsengetése a koponyaüregekbe) kidolgozója, míg Müller-Brunow (1853-1890) dolgozta ki a gégében keletkező „primér hang” elméletét. Hazai szerzőktől is megjelentek az első elméleti munkák (*Langer János* – 1870; *Farkas Ödön* -1907). A század elején a „bel canto” (szép éneklés) korszakban, Rossini, Donizetti, Bellini hajlékony, bravúros díszítésekre képes, fénytömör hangot várt el. Később azonban Verdi, Wagner, Puccini, Richard Strauss, nagy létszámú zenekara, a hangszerek és a hangolhatóságuk fejlődése nyomán, az énekhanggal szembeni mennyiségi igény vált hangsúlyossá.

A XX. században, és napjainkban rohamosan bővült/bővül az ember tudása a szűkebb és tágabb környezetről, valamint önmagáról. Az egyes szakterületek fejlődése mellett erősödik a tudományközi, interdiszciplináris együttműködés is. Az éneklés, az emberi hangadás is annyira összetett, hogy egy-egy tudományterület képtelen lenne összetettségében megragadni. A fiziológia, az idegtudományok, az agykutatás, az akusztika, a fonetika, a lélektan, az orvostudomány közreműködése egyaránt szükséges, nem elfelejtve az éneklés esztétikai, művészi oldalát sem. Erre utal *Molnár Imre* (1964) is tanulmányában, amikor a „széphangzás” elsődleges szempontjainak érvényre juttatása érdekében, elengedhetetlennek tartja a genetikus-fonetika és fizikai hangzókutatás eredményeinek egyesítését. Az emberi hang – ének és beszéd – elemezhető tulajdonságait is részletezi (*Molnár*, 1964). Szerinte öt alapvető tulajdonság különböztethető meg, amelyet az emberi fül is azonnal elemez: hangmagasság, hangszín, hangerő, időtartam (ritmus), terjedékenységi (terjedési sebesség). Az

egyre pontosabb vizsgálati eszközök, a számítógépes programozás, elemzés megjelenésével eljutottunk a mesterséges énekes modelltől (*Kob és Jers, 2000*) - amellyel az énekhang térbeli sugárzása vizsgálható-, az emberi hangadószer, a toldalékcső digitális modellezéséig, az emberi hang egyéni jellemzőinek elemzéséig, sőt az éneklő robot megalkotásáig. A XIX. század végén felfedezett röntgen után, a réteges röntgen (CT), a mágneses rezonancián alapuló MRI, az ultrahang is megjelent. A gége működés közbeni megfigyelését a gégetükrön túl száloptikás eszközök (endoscop, fiberoscop) is segítik. Az orron át vezetett hajlékony száloptikás megfigyelések esetleges mellékhatásait is vizsgálták már. Hivatásos énekeseknél sem az orrjárat érzéstelenítése, sem a száloptika vezetése nem okozott a hanggi teljesítményben semmiféle mérhető eltérést. A profik valószínűleg képesek a zavaró körülmények hatásait ellensúlyozni (*Jacobs és Kenny, 2005*). A mechanikus testrengéseket elektromos jellé alakító oszcillográf, glottográf, EEG bővíti a kínálatot. A többmikrofonos, sokcsatornás, különböző zajszűrőkkel ellátott hangrögzítés minősége messze meghaladta a századfordulós viaszhengert használó fonográfét. Megfigyelhető továbbá, hogy az állatkísérletek és kimetszett gégén történő vizsgálatok sem szűntek meg. Kimetszett kutyagégén vizsgálták a hangrésalatti nyomás, a hangerő és a felhangok összefüggését. A „szép éneklés”, és az emberi hangadás mindenféle formája továbbra is fontos kutatási terület világszerte. A hangképzés kutatás történetéhez szorosan kapcsolódik a *PEVOC* (Össz-Európai Hangi Értekezlet angol nevéből képzett mozaikszó) konferencia története is. Az elsőt Londonban, majd a továbbiakat az alábbi városokban szervezték: Regensburg (1997), Utrecht (1999), Stockholm (2001), Graz (2003), London (2005), Groningen (2007), Drezda (2009), Marseille (2011), Prága (2013), Firenze (2015), és 2017-ben, a belgiumi Gent-ben volt a legutolsó. A világ minden tájáról érkeztek/érkeznek a PEVOC-ra szakemberek (Ausztrália, Kína, Japán, USA, Brazília, Közel-Kelet stb.). Nagyon sokirányú kutatás folyik Európa és Világszerte az emberi énekhang, mint különleges fiziológiai, akusztikai, kinetikai, pszichológiai, érzelemkövetítő-előadói jelenségről. Fül-orr gégészek, hanggyógyászok, hangképző tanárok, hangelemző fizikusok, hangmodellezők, pszichológusok, profi hanghasználók elhivatottan vizsgálják, elemzik e különleges emberi jelenséget. A fejlődő ismeretek, eszközök birtokában egyre árnyaltabb képünk lesz, e csak az emberre jellemző tevékenységről. Kiderül ugyanakkor, hogy csupán a tudomány kevés a megfejtésére. A számszerűsíthető általánosságokon, szabályokon túl az egyedi, személyre szabott szabálytalanságoknak, alkati és személyiségi eltéréseknek is megkerülhetetlen jelentősége van (*Altorjay, 2012e, 2013e, 2014a; Altorjay és Bihari 2015c*).

A történeti áttekintés végén pontokba szedve felsoroljuk a hangképzéssel kapcsolatban a szakirodalomban jelentkező nyitott kérdéseket, amelyekből a fejezet elején indokoltuk a kutatásunk tárgyát képező téma választását is.

- Helyes-e a sokat emlegetett „légtámasz” kifejezés? Ha igen, melyik változat a helyes?
- Milyen további tanulságokkal szolgál a „légzéstípus” finomított meghatározása énekeseknek?
- Hány regisztere van a női és a férfi énekhangnak?
- Mennyire pontosíthatók az átvezető hangok helyei az egyes hangfajoknál?
- A teljes és falzett, a fisztula és a kontratenor éneklésmódok hangrészműködési eltéréseinek tisztázása?
- Mi a vibrato forrása? Tanítható-e?
- Énekelhetők-e az egyes hangfajok csúcshangjai a magánhangzók torzulása, torzítása, formánshangolása nélkül?
- Az „énekes formáns” képzése kiterjeszhető-e magasabb női hangokra is?
- Bekapcsolhatók-e az orr és melléküregei a magánhangzók képzésébe énekléskor, bántó orros csengés nélkül?
- Milyen a hosszú távú képzés hatása az énekhangra?
- Milyen a részben zárt toldalékcsoves gyakorlatok hangképzési hatása?
- A „forrás-szűrő” és a „forrás-toldalékcso tehetetlenség” működési modellek hogyan pontosíthatók?
- A toldalékcso és az arcfelépítés összefüggése a hangfajokon belüli további osztályozásra alkalmas-e?
- Hangfaj és testalkat között van-e összefüggés?
- Hangfaj gyakoriság és földrajzi, éghajlati, kulturális és etnikai környezet között van-e összefüggés?
- Hangegészség képzett, gyakorló énekeseknél milyen életkorig tartható meg, és hogyan?
- A népi énekmódok feltérképezése világszerte milyen tanulságokat ígér?
- A rock, a jazz, a musical műfajokban elfogadott ún. „belting” (torokfogásból szakított hangadás) technika károsítja-e a hangot, a hangadó szervet?

A felsorolásból látható, hogy több nyitott kérdés van az emberi énekhanggal kapcsolatban, ami jelzi a téma összetettségét és komplikáltságát. Az általunk választott kérdést – dőlt formázású – a célirányosan fejlesztett, összeállított bemelegítési gyakorlatok kipróbálásával igyekeztünk megválaszolni.

2. A hangképzés elméleti áttekintése

Az alábbiakban részletezett témák áttekintése elengedhetetlen a hangbemelegítő gyakorlatok szakszerű összeállítása, alkalmazása érdekében.

2.1. Elméleti alapvetés

Az emberi hang öngerjesztett rezgés eredménye. Ez azt jelenti, hogy a rezgő rendszer energia utánpótlást belülről kap. Az kényszer-rezgéseknél külső energiaforrás biztosítja az energia utánpótlást. Az emberi hangadó rezgő rendszer elemei: energiaforrás (tüdő), rezgésforrás (gége), csatolt rezonátor üregek (toldalékcső), közvetítő közeg (levegő, víz, szilárd testek pl. koponya-csont), érzékelő (emberi fül). A hangrés zárt állapotánál megnő alatta a légnyomás. Emiatt megnyílik a hangrés, az állandó tömegű hangszalagok rezgésbe jönnek. A hangrésen át kiáramló levegő, rezgésbe jön, és az elsődleges hang keletkezik. Ezzel párhuzamosan csökken a hangrés alatti nyomás, és emiatt a hangrés újra zár. Ezek a műveletek ciklikusan ismétlődnek a hangadás során. A hangrésen átáramló levegő hangszalag-élekre gyakorolt Bernoulli-féle, szívó hatása nem jelentős, a gége keresztmetszeti viszonyai – kis keresztmetszeti különbségek - miatt. A keletkező hang hangmagassága a hangszalagok feszültségétől, míg a hangerő a hangszalag-élek kilengésétől függ. Nagyobb hangerőhöz tehát nagyobb hangrés alatti nyomás és nagyobb hangszalagkilengés, magasabb hang képzéséhez nagyobb hangszalag feszültség és megnyúlás szükséges. A hangrésben keletkező hang, a hangszalagok tehetetlensége, 3D-s kiterjedése, és a működésük ciklikussága miatt már összetett. Az alaphang mellett felhangok is keletkeznek. A zöngés magánhangzók és zöngés mássalhangzók hangjaiban a felhangok aránya a döntő, míg a zöngétlenekben, és a suttagásban a zajtartalom. A zenei hangok mindig szinuszos összetevőkre bonthatók. Az emberi fül érzékenysége nem lineáris. Ez azt jelenti, hogy a hangerővel és hangmagassággal nem egyenesen, hanem logaritmikusan arányos az érzékelésünk, mivel a belső fülünkben is logaritmikus az érzékelő receptorok eloszlása. A hangok – energiaingadozások – légnemű és folyékony közegben longitudinális – haladási iránnyal egyező - hullámok alakjában terjednek tova. Szilárd testekben a hanghullám haladási irányára merőleges – transzverzális – hullámok is keletkeznek. Az emberi hang képzésében közreműködő testrészeket, velük végzett műveleteket a továbbiakban részletesen tárgyaljuk. A hang minőségét az öröklött alkati adottságokon, a hormonális állapoton, a céltudatos gyakorlatozáson túl pszichés tényezők is befolyásolják, jelezve, hogy rendkívül összetett jelenségről van szó (*Sundberg, 1987*).

2.2. Testtartás, fejtartás

A testtartás és a fejtartás az énekhang bemelegítése során alapvető fontosságú, mivel visszahatnak a nyaki, törzsi, váll és mellkasi izmok feszültségére. A gége receptorai érzékelik a testhelyzet változásait, így a testtartás és fejtartás hatnak a hang minőségére is.

A fej helyzete hatással van a garat átmérőjére, melynek öblössége a 3. nyakcsigolya magasságában a hang formáns-gazdagításánál lényeges (formáns fogalma =hangnyomás kiugrást jelent a hangképben). A fej helyzete befolyásolja az arc hangsugárzó képességét is. Álljon itt egy idevágó idézet Giovanni Battista Lamperti-től, aki ugyan a XX. század elején halt meg, de énekmesteri tevékenysége az előző századra esik, és szemlélete a „bel canto” énekhagyományában gyökeredzik. „Minden izom a deréktól felfelé ellenőrzi az indulását, a megállását és a mértékét a vibratonak (=hanglűktetés). A medence az alapja ennek a szabályzásnak.” (*Brown-Lamperti*, 1931).

A hazai szakirodalomban *Kerényi* (1985) az álló helyzetű légzésgyakorlat kapcsán fejt ki álláspontját. Kis terpeszállást, fesztelen, feszültségmentes, könnyed testtartást javasol. *Miller* (2004) tanulmányában „tengelyes-nemes” tartásként írja le az énekes számára helyes változatot. Ennél a fejtető, a külső hallójárat, a vállcsúcs, a medence lapát csúcsa, a térdízület csuklópontja és a talp-boltozat csúcsa egy, függőleges vonalra esnek. *Nádor* (2004) kétféle légzéstípusba sorolhatónak látja az embereket (a légzés tárgyalásánál részletezzük), amely a születésük idején fennálló Nap és Hold mágneses hangsúlya szerint dől el. A kétféle légző-típus testtartásában is alapvető eltéréseket talál. A „kilégzők” (Nap mágneses túlsúlyakor születettek), a bal oldalukra terhelten, fokozott gerincgörbülettel, enyhén behajlított térddel, magas sarkú cipőt hordva szeretnek állni, míg a „belégzők” (Hold mágneses túlsúlya idején születtek), a jobb oldalukra terhelnek, fejüket felemelve, egyenes térddel, hasukat kidomborítva, lapos sarkon. Mindkét csoportnál a szokások megfigyelését, tudatosítását, erősítését javasolja.

Chapman (2006) részletesen tárgyalja a témát. *Kerényivel* (1985) és *Millerrel* (2004) egyezően írja le a helyes énekesi testtartást, valamint összefoglalja a leggyakoribb testtartási hibákat is. Részletezi a katonás (homorú hát, kidüllesztett mellkas, felfeszített fej), a lordos (roggyant térd, leeresztett vállak), a púpos (túlzott hátgörbület), a féloldalas (ferde válltartás, a lábak egyenlőtlen terhelése) és a nyegle (tónustalan) változatokat. Külön figyelmet érdemel, hogy a cipősarok magassága és a színpad vagy pódium hajlásszögének, meredekségének összefüggését is elemzi, ami lejtős pódiumon viselt magas sarkú cipő esetén a test

egyensúlyának fenntartása érdekében többletfeladatokat ró a lábizmokra. Ez pedig az éneklés szempontjából előnytelen feszültséget eredményez a felsőtestben.

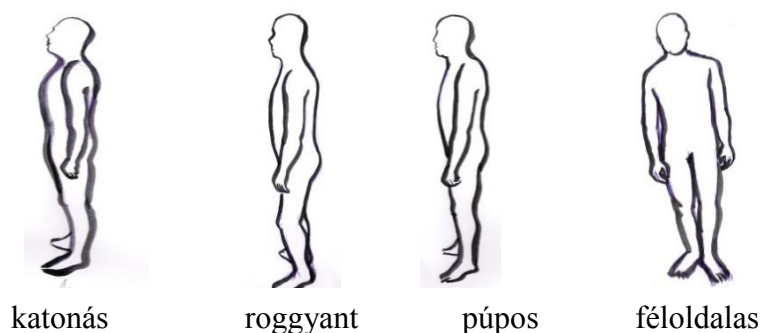
Arboleda és Frederick (2008) a három leggyakoribb tartáshibát (katonás, lordos, púpos) a négy természetes gerincgörbület (nyaki, háti, deréktáji, farkcsigolyás) torzulásaként – túlzottak vagy elégtelenek - írják le. Ismertetnek még tartásjavító gyakorlatokat is, mivel a tartáshibákból keletkező izomfeszültségek károsan hatnak a hangadásra.

McHenry, Johnson és Foshea (2009) testtartást javító gyakorlatokat javasolnak. Az aerobikkal vegyített hangbemelegítésnél, nőknél a hangadáshoz szükséges hangrés alatti nyomás, előnyös csökkenését igazolták. Itt említjük meg, hogy a XIX. század végén ausztrál színész (F. M. Alexander) által kidolgozott „Alexander-technika” (gyakorlati módszer a testtartási és mozgási hibák kijavítására) már felhívta a figyelmet a testtartásnak az általános egészségre gyakorolt hatására. Korunkban a mozgásszegény városi kultúrával összhangban a távol-keleti energiaösszpontosító technikák (jóga, pilates, spinning, taicsi, csikung) különféle sportok, fitnesz, meditáció, egyéb lélektani módszerek, stb. tapasztalatai felértékelődtek. A helyes légzés és testtartás hangképzésre gyakorolt hatását már kimutatták (*Dayme, 2009*). Testünk mindenkor a tömegvonzás hatásával szemben egyensúlyoz, és így könnyen belátható, hogy a legenergiatakarékosabb testtartás – amikor a gravitáció irányával párhuzamos tengelyre rendezzük testrészeinket - lehet csak az éneklés számára is a legelőnyösebb.

Staes, Jansen, Vilette, Coveliers, Daniels és Decoster (2011) egy énekes-növendék – 26 éves hölgy - négy hónapig tartó testtartás javító kezelésének eredményeiről számolnak be. A résztvevő ez alatt 9 kezelésben részesült. A kezelések időtartama egyenként 30 perces volt. Minden gyakorlatot otthon is naponta sokszor megismételt utána. A gyakorlatok kiterjedtek a hátizom, a lapocka, a medence, a nyak és az állkapocsizület működtetésére is. A gerinc-, a nyak-, a lapocka-stabilitás helyreállítása nyomán javult a légkezelése, a bordakosár oldalsó kiterjesztésének tartása. A garatüreg tágas, falainak rugalmas tartása révén, a hangterjedelme és hangjának vivőereje is nőtt. A hangzi zavarokat jellemző paraméterek – hangmagasság lüktetés (jitter), hangerő ingadozás (shimmer) – értékei csökkentek.

Traser, Burdumy, Richter, Vicari és Echternach (2012) 9 profi tenor énekest vizsgált. Középfekvéstől, magas fekvésig énekeltek [á] magánhangzót állva és hanyatt fekve. Fejlesztett „rotating MRI”-vel vizsgálták a toldalékcsövük alakváltozását. Az álljásban, ajaknyitásban, nyelv helyzetben, a lágy szájpad kezelésében nem találtak eltérést a két testhelyzetnél. Hanyattfekvésnél a gége magasabban állt és az áll előre tolódott. Azt találták, hogy a hangadást nem befolyásolta a testhelyzet.

Fachinatto és *mtsai* (2015) 29 profi férfi énekesnél – „Herald of the Gospel” énekegyüttes tagjai - vizsgálták kétszer 14 napig tartó, napi 10 perces gerincgyakorlat hatását az énekhangra. Korábbi vizsgálatok eredményei nyomán azt feltételezték, hogy a gerinctorna és masszázs javítja a testtartást, és így visszahat a hang minőségére is. A kezelés előtt és után is készítettek az énekesekkel hangfelvételt. A mikrofontól 10cm-re, lazán állva 1 percen át énekeltek részletet a „Hail Mary” gregorián imából. A kezelésnél két csoportra osztották a résztvevőket. Az egyik csoport hason fekve napi 10 perces hátgerinc-masszázst kapott 14 napon keresztül. A másik csoport tagjai, hason fekvés közben - a nyaki és mellkasi csigolyáikra elektródokat illesztve - alacsony intenzitású elektromos ingerlést kaptak. 4Hz sűrűséggel, 40 msec hullámhosszon. Ők is napi 10 percig, 14 napon át. Az elektromos ingerlésnek tényleges gyógyhatása nem volt, de ezt a csoport tagjai nem tudták (placébó hatás). 14 nap után a csoportokat felcserélték és mindkét csoport a másik kezelési módban is részesült. *Eredmény:* a kétféle kezelés hatásában nem találtak különbséget, és egyiknek sem volt hatása a hang minőségére. A hatást a hangfelvételeket meghallgató szakértői csoport értékelte.



1. ábra

Testtartási változatok (Altorjay 2013a)

Összefoglalóan megállapítható, hogy az éneklés szempontjából akkor helyes a testtartás, ha a testben fölösleges feszültségek nem keletkeznek és a rugalmas légkezelést, akadálytalan légáramoltatást nem akadályozza. Az énektechnikán túl a színpadi megjelenést, az előadói kisugárzást is alapvetően befolyásolja (1. ábra). Énekes növendékek között is előfordul a gerincferdülés. Ezen orvosi útmutatás nyomán torna, úszás, esetleg átmenetileg fűző viselete segíthet, ami természetesen előnyösen hat az énekesi teljesítményre is.

A testtartástól elválaszthatatlan a fejtartás. *Miller* (2004) szerint helyes tartás esetén a hátsó nyakizmok kissé megnyúltak, míg az elsők összehúzódnak. Ekkor valósul meg az olasz

énekiskola által emlegetett helyes tarkótartás, amelyet „apoggio della nuca” (= tarkó támasz) kifejezéssel határoztak meg. *Dayme* (2009) a nyakizmok megerősítésére fejbiccentő gyakorlatokat énekesek számára. *Arboleda* és *mtsai* (2008) az elégtelen nyaki gerincgörbület javítására 10-12 cm átmérőjű könnyű (karton, vagy üres ásványvizes palack) henger tarkóval tartását tartja célravezető gyakorlatnak, közvetlenül fal előtt állva. A féloldalas fejtartás okait részletesen elemzi *Chapman* (2006), ami kialakulhat már gyerekkorban nehéz iskolatáska egyoldali cipelésével. Elképzelhető oka lehet az, hogy eltérő érzékenységűek az egyén fülei, és csak a jobbik oldallal „fülel”, hallgatja a saját hangját. Oka lehet az izmok féloldalas fejlettsége is. A már emlegetett esztétikai hátránya mellett a toldalékcső, mint rezonátor torzulását, a gége és gégekönyéki izmok aszimmetrikus igénybevételét eredményezheti. A fej „leszegése” a gége rugalmas „függeszkedését”, valamint a benne képződő elsődleges hang lüktetésének, gége általi tompítatlan átvételét akadályozza. A fej „felszegése” a nyakizmokban keletkező többletfeszültségek gégeműködést rontó, merevítő, és az orr és melléküregeinek becsengetését akadályozó volta miatt előnytelen (2. ábra). Az áll, az adott személy alkati adottságaitól eltérő előre meresztése, kiakasztása vagy hátra tolása szintén előnytelen a gége rugalmas függeszkedésének, működésének akadályozása, valamint a szájüreg alakjának torzulása miatt (3. ábra). A kialakult rossz szokások elfogadása, kijavításának elmulasztása idővel a rezonancia torzulását, az izomműködés „féloldalasságát” csak rögzítik, konzerválják, amely fokozódó hangigénybevétel esetén csak erősödik.



hátra emelt

leszegett

ferde

2. ábra

Fejtartási hibák (Altorjay, 2013a)

Johnson és *Skinner* (2009) kutatásukban 18 énekes hallgató fejtartását vizsgálták nyugalmi helyzetben és általuk ismert mű éneklése közben. 12 nő és 6 férfi, hallgató volt köztük. A gerincoszlopra illesztett függőleges tengely és a koponya aljára a 4. csigolya magasságába illesztett vízszintes tengely szögének változását mérték. Az éneklés közben a 3. nyaki csigolya magasságában jelentkező garati légút tágulása miatt, a tengelyek szögváltozását tapasztalták.

Mautner (2015) 85, négy életkori csoportba sorolt nőt és férfit vizsgált. Az életkori csoportok: 35 feletti, 50 feletti, 60 feletti, 70 feletti. Először [á] magánhangzót tartatott velük háromféle hangmagasságon – mély, közepes, magas – majd egy angol mondatot – We saw two cars („láttunk két autót”) mondatott velük. Hangfelvételt és EEG felvételt készített. A magánhangzók „beállt”, állandósult hangerejű középső szakaszát elemezte, mind a tartott, mind a szöveges mintából. Az állajtás fokozásának a hangminőségre gyakorolt hatását, a nemekkel és életkorokkal összefüggésben figyelte. Eredmények: megállapította, hogy az állajtás fokozásával emelkedett a magánhangzók F0 (alaphang) és F1 (első formáns) hangmagassága, és csökkent a hangmagassági remegése (jitter) és a H1 (1. felhang) H2 (2. felhang) hangereje közti különbség. Fokozódott a magánhangzókat formáló szájüreg térfogata, javult a szövegerthetőség. A nőknél nőtt, míg a férfiaknál csökkent a hangrés nyitottsági hányadosa. Ezek a változások a szöveges feladat magánhangzóinál a mássalhangzós környezet és magánhangzók sorrendje szerint módosultak. Összességében előnyösnek mutatkozott az állajtás. Az idősödő nőknél általános beszéd alaphang-süllyedés ellen is hatott az állajtás, míg a férfiaknál a hangrészár – hangszalagokat összetartó erő - erősödése okozott hangminőség javulást.

Nair A., Nair G. és Reishofer (2016) 5 profi énekesnél élőben, és énekes sztárok DVD felvételeinél, figyelték működés közben az áll kezelését. A fejtartással közvetlen kapcsolatban lévő állajtást vizsgálták éneklés közben MRI és Ultrahang segítségével, valamint a felvételek hangképét is elemezték. Az állító leeresztése által süllyed a gége, tágul a garat és a szájüreg, változik a nyelv alak is. Erősödik a hangképben az első harmonikus (H1), az énekes-formáns (=felhang csoportosulás és kierősödés) és a hangerő is. Az áll elejének ejtésével a szájüreg tágul, változik a nyelv-alak és nő a hangerő. A nagyobb szájnyílás fokozza a hang térbe sugárzását, mint ahogyan azt a hangszóró vagy fonográf tölcser teszi. A megfigyelt énekeseknél az áll ejtése 0,7 → 3,1cm között változott. Az 5 énekes áll-helyzetét nyugalmi állapotban, nyeléskor, [á, i] magánhangzókat mondva és énekelve egyéni középfekvésben háromszor, olasz frázist mondva és énekelve, valamint anyanyelvi (német) frázist mondva és énekelve vizsgálták. Megállapították, hogy a profik az állító és az áll elejének leeresztését is alkalmazzák hangjuk gazdagítása érdekében, bár vannak egyéni eltérések is. A klasszikus, hívatásszerű éneklés jelentősen eltér a beszédétől. Egyrészt nagyobb a hangereje, rezonancia tartalma, hogy „átszóljon” akár egy kísérő zenekaron is. Másrészt felhangokban gazdagabb, minden toldalékcsöbéli rezonátor üreget bekapcsolva a felhangok kierősítésére. Harmadrészt nagyobb a hangterjedelme, mint a beszédnek, vagy mint egyéb műfaji éneklési stílusoknál. Az eltérés különösen az anyanyelvi éneklés és beszéd összehasonlításánál feltűnő. Ezért is

alkalmazták a kísérletben is az olasz és az anyanyelvi frázist, mert a vizsgált énekesek egyikének sem volt anyanyelve az olasz.



- durva állejtés



- erőltetett mosoly



- fogak ajaktakarása.

3. ábra

Az áll és ajkak használati hibái (Altorjay 2013a)

Összefoglalóan megállapítható, hogy a fejtartás az éneklés szempontjából is akkor előnyös, ha a nyak és a fej is a testre ható gravitáció függőleges tengelyére illeszkedik. Így kerülhetők el a többletfeszültségek. Az áll kezelésénél az a szerencsés, ha az áll töve és az eleje párhuzamosan mozdul. Így a szájüreg magánhangzókat formáló térfogata alaktartóan változik, és az alaphang és a felhangjai egyaránt erősödnek.

2.3. Légzés

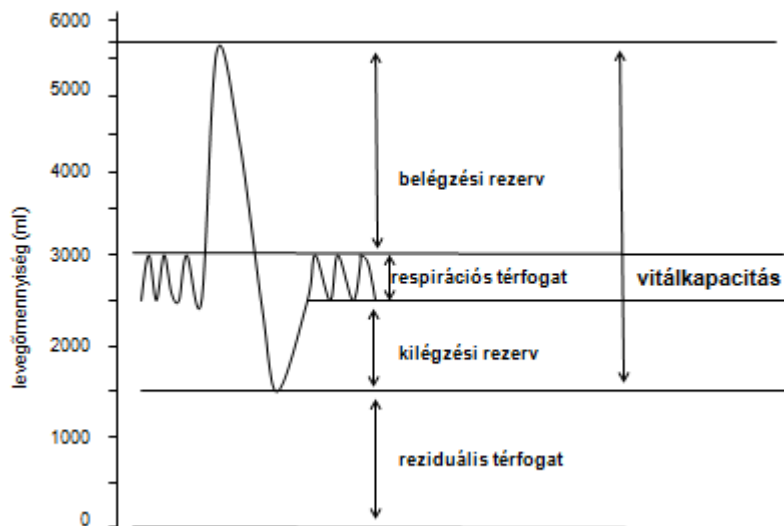
A légzés tárgyalása elengedhetetlen az énekhangot bemelegítő gyakorlatok kapcsán, és kutatási témánkkal összefüggésben is fontos szempontként jelenik meg, mivel a kísérleti méréseinket is mindig légzésgyakorlatokkal kezdtük.

Az emberi légzés összetett rendeltetése jól ismert. Elsődleges feladata a szervezetünk anyagcseréjéhez elengedhetetlen O_2/CO_2 légcseré biztosítása, de másodlagos feladatként elengedhetetlen a közreműködése a különféle emberi hangadáshoz is. Élettani légzésünk automatikus, a vér kémiai összetétele a nyúlt-velőn keresztül irányítja, míg az akaratlagos légzés irányítása az agykéregben van. A légzést a mellüreg és a külső légtér közti légnyomás-változások tartják fenn. A mell-üregben nyugalmi állapotban 2-4 Hgmm-el kisebb a nyomás, mint a külső légnyomás. Ez tovább csökken belégzéskor és túlnyomásra vált kilégzéskor. Automatikus légzésnél a kilégzés mindig hosszabb, mint a belégzés. Felnőtt ember percenkénti légzesciklusa 16-19. Tudatos levegőkezelésnél a bordaközi izomzat, a háti fűrészigyom és a haránthasizom működtethető. A rekeszigyom működése – lelapul belégzéskor és feldomborodik kilégzéskor – nem akaratlagos. Tudatos levegő felhasználásnál – pl. beszédnél vagy énekléskor – a be és kilégzés időaránya 1: 6-20 változtatható. A teljes tüdőkapacitásunkat (totál kapacitás) – nőknél 3,5-4 liter, férfiaknál 5-5,5 liter – nem tudjuk

kihasználni, teljesen kicserélni. Élő ember tüdejében mindig marad kb. 1- 1,5 liternyi „élettani tartalék” (reziduális levegő), ami nem cserélődik (Hirschberg, Hacki és Mészáros, 2013).

A hazai szakirodalomban használt kifejezések (4. ábra):

- totál kapacitás (3,5-5,5 liter), a tüdő teljes üregtérfogata
- respirációs levegő (normál, nyugalmi légcserével cserélt mennyiség, 0,5-1 liter)
- komplementer vagy belégzési rezerv levegő (erőltetett belégzési kapacitás, 1,5-2,5 liter)
- kilégzési rezerv levegő (erőltetett kilégzési kapacitás, 1,5-2 liter)
- reziduális levegő (maximális kilégzés után is a tüdőben maradó levegő, amit nem tudunk légzéssel cserélni; ez világba jöttünk után közvetlenül kerül a tüdőnkbe, 1-1,5 liter)
- vitálkapacitás (a respirációs és a reverz mennyiségek együtt, 3,5-4,5 liter).



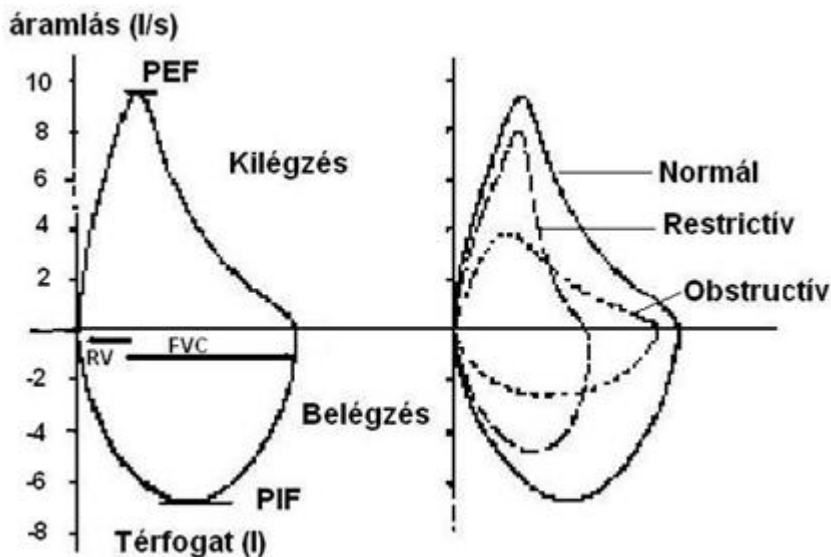
4. ábra

Tüdőtérfogatok (statikus légzési paraméterek)

(www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0019_1A_Elettani_alapismeretek/ch04.html)

A spirometriás mérésekkel, nem csak a tüdőkapacitás, hanem a ki és belégzés sebessége, tehát a dinamikus légzési paraméterek is felmérhetők. Ezek láthatók a hurokgörbéken (5. ábra). A függőleges tengelyen a légcsere sebessége, a vízszintesen a cserélődő légmennyiség figyelhető meg. A kilégzés sebessége minden esetben nagyobb, mint a belégzésé, míg a levegő mennyisége értelemszerűen azonos. Az obstructív változat az akadályozott légutak esetét mutatja (pl. asztma), amikor a légcserével cserélődő légmennyiség alig kisebb, de a légcsere sebessége jelentősen lassabb az egészséges állapotnál tapasztalttól. A restrictív

(megszorított) változatnál, amikor a tüdőszövet rugalmassága sérült, éppen fordított a helyzet. A légsere sebessége alig lassabb, míg a cserélődő légmennyiség jelentősen kisebb, mint az egészséges esetben. A légzés egészségi állapotát jól mutatja a Tiffenau-index, ami az erőltetett belégzési mennyiség az első másodpercben (FEV1: forced expiration volume in the first sec.) és a vitál kapacitás (VC) hányadosa ($=FEV1/VC$). Ez egészséges embernél átlagosan 80%-os, míg beteg embernél jelentősen lecsökken (*Hirschberg és mtsai 2013*).



5. ábra

Hurokgörbék. Normál-egészséges, obstruktív-akadályozott, restriktív-megszorított
www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0019_1A_Elettani_alapismeretek/ch04.html

A hangadáshoz is csak a respirációs és a reverz mennyiségekkel – vitálkapacitás - gazdálkodhatunk. Különösen igaz ez az éneklésre, amely az első fejezetben tárgyalt, egyedül az emberre jellemző másodlagos jelzőrendszer, a beszéd felnagyított formája. Mivel az éneklés során a beszédhez képest szélsőségesebb hangerőt és hangterjedelmet használunk, ezért belátható, hogy a levegő igényünk, és annak kezelési intenzitása is szélsőségesebb. Míg a hangrés alatti nyomás beszédnél 50-100 mm/H₂O között ingadozik, addig éneklésnél 200-400 mm/H₂O között. A megfelelő énekesi légzéssel a hangrés alatti nyomást is szabályoznunk kell és így légzésünk a hangrés működésére is hat. Az élettani légzésünket motorikusan, vegetatív idegrendszeri irányítással végzik, egymással ellentétes működésű izomcsoportok. Ezek az alábbiak: bordaközi izmok, a háti fűrészizom, a rekeszizom és a haránthasizom. Ezek közül a rekeszizmot kivéve, mindegyik működését tudjuk akaratilag szabályozni, ami az éneklés szempontjából felértékeli szerepüket. Ezek tudatos, begyakorlott működtetésével

tudjuk az énekléshez elengedhetetlenül gyorsan és olykor szélsőségesen változó hangrész alatti légnyomást szabályozni (Kerényi, 1985).

A tüdőkapacitás jobb kihasználására, a bordalégzésnek és az alsó-mellkasi-hasi légzésnek is akadnak hívei. Az énekesi légzés évszázadok óta vita téma. Ennek igazolására idézzük egy XX. század eleji énekmester - Farkas Ödön – gondolatait. A felső vagy váll-légzést, az oldal vagy bordalégzést és a rekeszizom légzést egyaránt előnytelennek tartja az énekléshez, mivel egyik sem biztosítja a teljes légkapacitás kiaknázását. A váll-légzésnél a vállak megemelkednek, a szívüreg hátraszorul, és a gége rugalmas függeszkedése is megmerevedik. Emiatt a hang is merev, vibratoban szegény és kifejezés-nélküli lesz. A bordalégzésnél a bordakosár ugyan körbe tágul, de a tüdő alja üres marad és a hasfal is behúzódik és megfeszül. A rekeszlégzés a bordakosár körkörös tágulását nélkülözi, mivel hátra nem tágul. Az énekes számára az egyetlen jó légzésnek a „teljes-légzést” tartja, amely a borda és a rekeszlégzés kombinációja (Farkas, 1907). Nagyobb tábora van a hazai és a külföldi szakirodalomban is az ún. „mélylégzésként” emlegetett „alsó-mellkasi-hasi” légzésnek (Kerényi, 1985; Jelenik, 1991; Adorján, 1996; Miller, 2004; Chapman, 2006; Dayme, 2009).

Ezzel a megközelítéssel értünk mi is egyet. Ilyenkor a tüdő feltöltését az alján kezdjük, és a tüdőcsúcsokat nem töltjük fel. A tüdő alsó részének feltöltéséhez feltétlenül szükséges, hogy a hasi szerveink – gyomor, hasnyálmirigy, lép, máj, vesék – lehetővé tegyék rugalmas kitérésükkel a tüdő alsó részének tágulását. Ehhez természetesen elengedhetetlen, hogy a gyomor ne legyen, a még csak részlegesen emésztett táplálékkal vagy folyadékkal tele. A tüdőcsúcsok „túltöltése” azért előnytelen éneklésnél, és beszédnél is, mert a szegycsont környékén idéz elő feszültséget, és ez akadályozza a szegycsont és gége közti izom működését, és a gége hangadás közbeni rugalmas függeszkedését, mozgását (Altorjay, 2013a). A tüdő aljának feltöltését orron át történő belégzéssel közvetlenebbül tudjuk biztosítani, mint szájon át. Ez azonban, egyéb előnyei – légszűrés, a belélegzett levegő felmelegítése, párasítása – mellett, az orr szűk járata miatt, különösen éneklés közbeni gyors légcsere-igény esetén, nehézkes. A gyakorlatban a vegyes megoldás bizonyult legmegfelelőbbnek. Ekkor az orron át kezdjük a belégzést – így először a tüdő alját feltöltve - és szájon át fejezzük be. A legfontosabb, azonban, hogy a hangadás folyamán végig rugalmas maradjon a bennünk működő „légszak”, „légtartály” fala, és így lehetővé tegye a változó légáramlás és a változó hangrész alatti nyomás biztosítását. Ez a rugalmas egyensúlyi állapot a belégzési és kilégzési állapota között jelenti – véleményünk szerint – a helyes „támasz”-t.

Természetesen a „légtámasznak” (appoggio) is számos elmélete alakult ki az évszázadok során. Már említettük a haránthisizom jelentőségét a légadagolásnál. Az éneklés alatti hasfalkezelés két elmélete is a „támaszt” célozza. Az egyik a „hasfalkitámasztás” (Bauchausseusstütz), amikor a belégzést követően a hasfalat határozott mozdulattal kitoljuk, és az éneklés során folyamatosan kint is tartjuk. Ezzel az állapottal a „légtartály” teljes, feltöltött térfogatát igyekeznek fenntartani az éneklés alatt, ezzel „megtámasztva” a hangot. A német énekiskolában terjedt el ez a megközelítés. A másik megoldás szerint, éppen ellenkezőleg, a hasfalat a belégzés végén berántják, a bordakosarat tágultan, belégzési állapotban tartják. Ezzel ugyanúgy az éneklés közben a hang „megtámasztását” igyekeznek elérni. Könnyen észrevehető, hogy mindkét megoldásnál a hasfal rugalmatlan, levegő-adagolásra képtelen állapotba kerül, ami nem szolgálhatja az izom-görcsmentes éneklést (Kerényi, 1985). A hazai szakirodalomban, az általunk helyesnek ítélt „légtámasz” fogalmával leginkább *Jelinek* (1991) véleménye egyezik. Szerinte az énekes támasz a folyamatos és egyenletes levegő-adagolást biztosító kilégzésben rejlik, amelynek alapja a hasizom és a rekeszizom együttműködése. Ehhez a légzést működtető izmok – rekesz, bordaközi, haránt-hasi, fűrészizom, szegycsont-pajzsporc - összehangolt tevékenysége, a kilégzés során is a belégzési-felsőtesti állapot fenntartása szükséges. A „támasz” egyébként is megtévesztő kifejezés, hiszen felülről lefelé történő erőkifejtést sugall, ami az énekhang működtetésével ellentétes irányú levegőkezelést jelentene. Véleményünk szerint csak addig van létjogosultsága és nem félrevezető, amíg az éneklés közben a tüdő alsó részébe lélegzett levegő kényelmes, „elnehezült” nyugalmát jelenti. Azonban ha a levegő erőszakos lefelé nyomását jelenti, akár a hasfal kitarásával, vagy berántásával, szerintünk vitandó és téves. A helyes állapot valóban leginkább az ellazult mélyalvásra hasonlít, ami lehetővé teszi a felsőtest és a gégekönyék feszültségmentes állapotát. Semmilyen kemény, merev, kötött levegőkezelés nem szolgálhatja a hang szabad csengését, áramlását és a hangrés alatti nyomás, hangmagassághoz és hangerőhöz alkalmazandó változtatását. A hangsúly a rugalmasságon van. A mélylégzés jelentősége többirányú. A tüdő alsó részének feltöltése mindenképpen gazdaságos. Több levegő tárolására nyílik lehetőségünk. Másrészt a tüdő felső részének esetleges túltöltésével a nyakon és a gége környékén keletkező előnytelen izomfeszültségek is jobban elkerülhetők. Harmadsorban nyugalmat kölcsönöz a felsőtestnek, amely a rugalmas levegőkezelést, és az idegrendszeri kiegyensúlyozottságot is szolgálhatja (Altörjay, 2013a).

A légzés tárgyalása során megkerülhetetlen Nádor tanárnő által képviselt kilégző-belégző csoportosítás részletezése. Német kutatóktól átvett - Erich Wilk és Charlotte Hagen:

Typenlehre, Magnetismus (Dr Francis Ining kiadó, 1949) - és általa továbbfejlesztett elmélet szerint az emberek két csoportba sorolhatók a szerint, hogy a belégzés vagy a kilégzés a légzési ciklusuk aktív szakasza. A csoportosítás pontos eldöntésében a légzési szokásokon túl a személy születésekor kiszámítható Nap és Hold mágneses „erőviszonya” a meghatározó. Amennyiben a köldökzsinór elvágásakor a Nap mágneses hatása volt döntő, akkor kilégzővé válik az illető. Amennyiben a Holdé, akkor belégzővé. A légzési és életmódbeli szokások alapján esetleg eldönthetetlen, bizonytalan esetekben naptári számítás segít. Az elmélet szerint végső soron nincs eldönthetetlen eset. Az énekes képzésben jól beváltak a fenti csoportosításra alapozott légzési és testtartási gyakorlatok, amelyek alapja a tevékeny légzési szakasz tudatosítása, erősítése. A testtájak hőmérsékleti zónákra osztása is kapcsolódik ehhez az elmélethez, és ezek alapján életmódra, étkezésre, ruházkodásra vonatkozó tanácsokat is kidolgozott a szerző (Nádor, 2004).

Szamosi Lajos énekesi légzéssel kapcsolatos elképzeléseit a XX. század 30-50-es éveiben közölt tanulmányainak újrakiadásából ismerhetjük meg. Az éneklés számára, szerinte a görcsmentes, alvás-közbeni légzés „újratanulása” az egyedüli út. A túl sok levegő belégzését, és a has-prés alkalmazását is károsnak tartja, mert lehetetlenné teszi a lágy hangindítást. Ez utóbbihoz a légző-izmok reflexszerű együttműködésén, gazdaságos levegő felhasználáson túl, az énekelendő zenei frázis „előre elképzelésére”, gondolati és érzelmi beállítódásra is szükség van Szamosi szerint. Az éneklés folyamatában a légzésnek négy szakaszát különíti el, amelyek reflexláncolatként kapcsolódnak és hatnak egymásra. Ezek a következők: 1. belégzés – 2. átmenet a belégzésből a kilégzésbe – 3. kilégzés – 4. átmenet a kilégzésből a belégzésbe. Szamosi elképzeléseiből különösen a zenei frázis „előre elképzelése”, és a gondolati, érzelmi beállítódás nagyon találóak (Szamosi, 2005).

Hangadó szervünk leginkább fűvós hangszerre hasonlít, amelynek tehát a fokozott légzés az alapja. Rögtön kiemelendő azonban a légkezelés eltérése is a fűvósoknál és énekeseknél. A többlet levegő felvételhez mindkét esetben „mélylégzésre”, vagyis a tüdő aljának feltöltésére is szükség van. Az eltérés ezután jelentkezik. A fűvósok az ajakra összpontosítják a légáramlást, a légnyomást, arra fűjják a levegőt, mivel a rezonátor üreg a testükön kívül, a hangszerben található. Az énekesnek a hangrésre kell a légnyomást koncentrálni, és utána a toldalékcsőbe nem fűjni, hanem áramoltatni a rezgő levegőt, hogy annak üregei rezonátorként a gégeben keletkező „elsődleges” hang részhangjait felerősítsék. Amennyiben az énekes „fűjja” a hangját, akkor a hangrésen át túl sok levegő távozik, a hang fénytelen, tompa, „levegős” lesz. Nem cseng tömören, ami klasszikus hangképzésnél természetesen kerülendő, sőt elfogadhatatlan (Altorjay, 2013a).

Az énekesi légzéssel összefüggésben néhány friss kutatást is áttekintünk. A vizsgálatok nagy egyéni eltéréseket találtak képzett és nem képzett énekeseknél is a haránthasfal és a bordakosár működtetésében, légzéskor. A tüdő telítettsége hat a légcső átmérőjére, a hosszirányú megnyúlására, és ezen keresztül a gégére is. A mély belégzéskor a kitáguló haránthasfal feszültségtől mentesíti a gégét és így segíti a hangrés rugalmas hangolását. A behúzott haránthasfal emeli a rekeszt is, csökkenti a légcső hosszirányú megnyúlását, növelve a hangrés alatti nyomást. Nagy tüdőteltettségnél a gégére is nagyobb húzóerő hat, ami miatt a hangrés is nyitottabb lesz. Képzetlen énekeseknél megfigyelték, hogy a hangrészár nőtt, amikor csökkent a tüdőtartam. Ezzel ellentétben a képzett énekeseknél a hangrészár változása a tüdőtartam változásától függetlennek mutatkozott, ami jelzi a légkezelés és gégeműködés összehangolhatóságának elsajátíthatóságát (*Iwarsson és Sundberg, 1998a*).

Iwarsson, Thomasson és Sundberg (1998b) 24 hangképzést tekintve képzetlen személyt vizsgált. Különböző hangmagasságon, hangerővel és különböző tüdőtartalommal adtak hangot. A hangrés alatti nyomást és további hangrészárlati tényezőket figyeltek. Tüdőtartalom csökkenésekor nőtt a hangrészárlati erő, de a résszivárgás és a hangrés alatti nyomás is csökkent. Nagy tüdőteltettségnél a gége alatti és feletti üregek is tágasabbak, öblösebbek, és a gége mélyállásba kerül, képzetlen énekeseknél is. A hangrészárlati erő és a hangrészárlati hányados (zárt és nyitott fázis időaránya) viszont kisebb. Ez a megfigyelés megerősíti azt, hogy az énekes számára különösen fontos a levegő-gazdálkodás ellenőrzése, hiszen a nagy tüdő telítettségnél és nagy hangrés alatti nyomás alkalmával könnyen „szökhet” a levegő a hangrésen át, mivel a hangrészárlati erő ugyanakkor kisebb.

Thomasson és Sundberg (2001) 5 hivatásos énekes (2 szoprán és 3 bariton) éneklés közbeni légzését vizsgálták, lassú és gyors belégzésnél. Ismert áriákat énekeltek velük háromszor. Lassú belégzésnek a minimum 3 másodperc időtartamút, míg gyorsnak a maximum 1 másodperc időtartamút tekintették. A lassú belégzés az áriák indításakor, tudatosan történt, míg a gyorsakból csak a zenei frázisok közbeni belégzéseket elemezték. A felsőtestükön két mérőpántot helyeztek el, a bordakosár és a haránthasfal mozgásának követésére. Eredmények: a nagy egyéni eltéréseken túl a lassú belégzésnél a haránthasfal erőteljes mozgása domborodott ki, míg a bordakosár tágulása mindkét belégzési módnál erőteljes volt. Tehát a tüdőtartam változásának állandó jelzője, kísérője a bordakosár működése.

Meglepő eredményre jutott *Edgar (2007)*, amikor a gyomor telítettsége és az énekesi légzés összefüggését vizsgálta. Nem talált szignifikáns összefüggést, azzal magyarázva ezt, hogy ha a telített gyomor akadályozza ugyan, a tüdő alsó részének feltöltődését a bordakosár oldal irányú kitérése kompenzálja ezt. Magyarázatában felfedezhető az énekesi légzésemlekek

párhuzamos fennmaradása („bordalégzés”, és „alsó mellkasi-hasi”). Érdeemes lenne jelen vizsgálatot kiterjeszteni a Nádor-féle légző csoportokra, külön-külön.

Lam-Tang, Boliek és Rieger (2008) képzettebb és kevesebb hangképzési múlttal rendelkező énekesek – 9 nő - légzését és gégeműködését vizsgálták emelkedő skála éneklése közben. A tüdőtelítettség és a gégeállás között ők is szoros összefüggést találtak. A nagy tüdőtelítettséghez mély, míg a csökkenő tüdőtelítettséghez emelkedő gégeállás társult. A képzettebbek gazdaságosabban használják fel a belélegzett levegőt és a hangszalag lineáris nyújtása helyett annak belső feszültségét szabályozzák inkább, emelkedő skála éneklésekor, ellentétben a képzetlenekkel. A hangadó szerv összetettebb együttműködését képesek megvalósítani. A képzetlenek már az éneklés megkezdéséhez is magasabb tüdő-telítettséget használnak. Ezek a vizsgálatok is igazolták az éneklésben közreműködő szervek szoros belső összefüggését, egymásra hatását.

N.A. Miller, Gregory, Semple, Aspden, Stollery és Gilbert (2012) nyugalmi állapotban és nyugodt légzés közben vizsgálták MRI-vel (Magnetic Resonance Imaging), 5 nő és 5 férfi részvételével a koponya-alap, toldalékcsőbeli szervek és a légút méretösszefüggéseit. A koponya-alap és a nyakcsigolyák nagyobb szögéhez tágasabb gégebejárat és hosszabb légút tartozik. Ilyen esetben a koponya-alaptól nagyobb a gége, a nyelvcsont, a gégefedő és a nyelvcsap távolsága is. Szélesebb garatbejáratához rövidebb és magasabb helyzetű lágyszájpad tartozik. Kisebb koponya-alap és nyakcsigolyák szögénél szűkebb a légút. A vizsgált méretek fontosak a légzés és így a hangadás szempontjából is.

Hirschberg és mtsai (2013) tanulmányukban a „légtámaszt”, mint a kilégzés fékezését, szabályozását, ellenőrzött adagolását írják le. Különösen a belégzési tartalék-volumen felső szakaszán kell fékezni a kilégzést, mert ez szeretné hirtelen növelni a hangrés alatti nyomást, ami hangerő és hangmagasság növekedést gerjeszt, valamint felgyorsítaná a kilégzési légáramlást. Szerintük, szemléletesen két éneklési légzésváltozat, „támasz” van: (1) „fordított körte” (pear-shape-up), ami a mellkas, a bordák emelését, kitartását jelenti. (2) „körteforma” (pear-shape-down), ami a hasfal kidomborítását, a légcső és a gége mélyen tartását jelenti. Szerintük, azonban az egyéni eltérések, változatok figyelembe vétele is fontos.

Pettersen és Westgaard (2004) a felsőtest izmainak – háti trapéz (HT), szegycsont (SzCs), bordaközi (BK), haránt hasizom (HH), oldalsó hasizom (OH) – működését, aktivitását vizsgálták éneklés közben. 4 profi énekest és 16 énekes hallgatót vontak be a vizsgálatba. Hangfajuk számára megfelelő, ismert áriát kellett énekeljenek, majd tartott hangot középfekvésben és szélsőséges fekvéseikben. Mindhárom feladatot háromszor ismételték, eltérő hangerővel. Az éneklés közben az izomaktivitást EMG (Electromyogram) felvételekkel

rögzítették. A kísérlet után megnézték a résztvevők a saját EMG felvételeiket és felkérték őket, hogy a teljes feladatsor azonos jellegű megismétlése során mérsékeljék a HT és az SzCs izmok működtetését. Megállapították, hogy a profiknál nagyobb volt a HT, a BK, a HH, és az OH izmok aktivitása, mint a hallgatóknál. A felvételek megismétlésénél nem tapasztalták, hogy a HT és az SzCs izmok működtetésének mérséklése befolyásolta volna a többi izom működését. Az igazolódott, hogy a felsőtesti izmok éneklés során összetett együttműködéssel vesznek részt a légzésben. A kilégzésnél a BK, HH, OH izmok tevékenysége mellett a HT működésének fontossága is igazolódott. Ez felértékelési szerepét az éneklésnél is, nemcsak a testtartásnál. A HT működése a fej forgatásánál, oldalra hajlításánál a nyakkörüli izmokra is hat. A felsőtest izmainak aktivitása a hangerő növekedésével nőtt, mivel ehhez nagyobb hangrész alatti légnyomást is kellett produkálni.

A hangtartás időtartama (MPT=maximal phonation time) is fontos ismérve a légzésnek és a hang állapotnak. Függ a vital kapacitástól, a testméretektől, a testarányoktól (BMI=Body Mass Index), a tartott magánhangzótól, a hangerőtől, hangmagasságtól és az életkortól. Felnőtteknél középhangon és közepes hangerővel átlagban 20→25 sec, míg képzett énekeseknél 40→50 sec is lehet. Túlzott lecsökkenése hangképzési zavart jelez (*Hirschberg és mtsai 2013*).

Összefoglalva megállapítható, hogy az énekes számára a hangadás energia-forrása a tüdő, a benne lévő levegővel. Alapvető fontosságú a be és kilégzés tudatos szabályozása, és a közreműködő izmok rugalmas működtetése. Egyedül üdvös, minden személyre érvényes megoldás úgy tűnik, hogy nincs, de az egyéni eltérések, alkati különbségek figyelembe vétele, alkalmazása a légkezelés rugalmasságát, a felsőtest görcsös feszültség-mentességét kell, hogy segítse. A helyes légtámasz mibenléte évszázadok óta és most is vita téma.

2.4. Gégeműködés

A gége és az abban lévő hangszalagok az emberi hang elsődleges forrásai. Működésének alapos ismerete elengedhetetlen az énekes hangképzés megértése, fejlesztése, kutatása, művelése, tanítása érdekében.

A gége rugalmasan ízesül a légcső végére. Porcai egymáshoz viszonyított helyzetüket változtatni tudják. A gége porcai: két kannaporc, a gyűrű és a pajzsporc. A porcok között feszülő izmok hozzák létre a hangrész zárását (addukció) és nyitását (abdukció). A hangszalagok közelítését a kannaporcok közti, a pajzs-kannaporc külső, a gyűrű-kannaporc oldalsó, szegycsont-kannaporc és a hangszalag saját (belső pajzs-kannaporc) izma végzi. A hangszalagok távolítását a kétoldali hátsó gyűrű-kannaporc izmok végzik. A gyűrűporc

hátrabilenése fokozza, a pajzsporc hátrabilenése csökkenti a hangszalagok feszülését. A nyelvcsonthoz kapcsolódó gégefedő mozgását a nyelv is befolyásolja. A gége függőleges irányban föl-le, és előre-hátra is mozoghat. Ebben páros külső izmok segítik, mint a pajzsporc-nyelvcsont, a gége-garat, a nyelvcsont-szegycsont, valamint pajzsporc-szegycsont izmok. A gége mozgása a garatüreg alakjának és méretének változását eredményezi, ami hangszínváltozást is okoz. Általában megállapítható, hogy mély hangoknál süllyed, magas hangoknál és magas magánhangzók ejtésekor (i, é, e, ü, ö) emelkedik. A gégetest mozgásában azonban nagy egyéni eltérések tapasztalhatók (*Frint és Surján, 1982*). A gégefedő ráborulhat a gégére, elzárva a légcsövet, valamint a nyelvtő előre hátra mozgatása révén felnyílhat vagy lecsukódhat (*Sundberg, 1987; Dayme, 2009*). A gége porcai között feszülnek a hangszalagok. A kifejezés megtévesztő, mert háromdimenziós kiterjedésű izomból, porcból és nyálkahártyából felépülő, többrétegű, összetett képződmények, amelyek bonyolult működését, mozgását eltérő térbeli méretei – hossz, szélesség, vastagság – okozzák. A hangrés ritmikus lüktetése, vibrálása okozza a tüdőből kiáramló levegő rezgését, amelyet a porcok falú légcsőben és a toldalékcsőnek nevezett – a külvilággal közvetlen vagy közvetett kapcsolatban álló fejben, nyakban, szájban lévő – üregekben található levegő, rezgésbe jöve felerősít. A hangszalagok fölött helyezkedik el, a gégén belül, az ún. Morgani tasak, amely a gégebemenet egy kiöblösödése, és ezt határolják felülről az ál-hangszalagok. Ezek csupán nyálkahártya redők, amelyek azonban betegség esetén átvehetik a hangszalagok szerepét, rekedt, zörgő hangot képezve (*Kerényi, 1985*).

A hangrés hangadási működésében, lényegében három hibalehetőség adódik. Az egyik a hangrés túlzott, a másik az elégtelen összenyomása, míg a harmadik a két hangszalag nem egyforma megfeszítése. Az első eset következménye a fojtott, vibrato-szegény hangadás és a kemény, ütésszerű hangindítás (*Farkas, 1907; Kerényi, 1985*). Ilyenkor a hangadáshoz túl nagy erőfelfejtés, fokozott hangrés alatti nyomás kell. A hangszalag élek kilengése gátolt, ezért a hangerő csökkent. A hangrés nyitása hirtelen, lökésszerű, ezért a hangszalag élek záraskor összeverődnek, és ez hosszú távon hangszalag-csomó kialakulását eredményezheti. A második esetben a hangrés zárlat nem teljes, hangindítás előtt a részben nyitott hangrésen már szökik a levegő, levegős, „szőrös” lesz a hang. A hangképen az alaphang melletti harmonikus felhangok erőtlenekek, „hamar lecsengenek”. A hangereje ugyan növelhető, de tompa, fénytelen marad. A harmadik esetben intonációs pontatlanságon túl örvényleválások is keletkeznek a hangrésben, amelyek a hang zörgését eredményezik. Ilyenkor a hangképben a felhangok között felerősödnek a szabálytalan rezgések, a zörejek (*Altorjay, 2013a*).

Mivel a gége függőleges irányban helyzetváltoztatásra is képes, ebből is adódhatnak hangképzési hibalehetőségek. Ha lenyomjuk a gégét, akkor a toldalékcső hossza – az ajkak és a hangrés közötti távolsága - megnő, sötétedik a hang. Ha ezt erőszakos nyelvtű, nyelvcsont lenyomással és túlzott ásítással fokozzuk, akkor a lágyszájpad is erősen a garatfalhoz zár, kizárva a fejrezonancia lehetőségét. A garatfal meghúzódik, megkeményedik, rontva együttrezgési képességét, és a gégefedő lefelé csukódva, merev sípnyelvként működik a hang útjában. A gége alatti légcsőszakasz is öblösödik, zömítődik és a hangszalagok oldal irányú feszítést is kapnak. Ekkor keletkezik a zörgő, kemény, mély torokhang, mely felhangokban szegény, nem szól telten, dúsan. A gége erőszakos felnyomása a toldalékcső rövidülését, a légcső karcsúbbá válását, mély felhangok gyengülését, a magasak aránytalan kierősödését, esetleg a hang orros csengését is eredményezheti. A hang éles, egyenes lesz. A hang „egyenessége” fokozott feszültséget okoz a hangszalag hámszövete alatti rétegében is, előidézve a sejtek közti kóros folyadék-felhalmozódást, idegen szóval ödémát. Tartós jelenléte véglegesen károsítja a hangszalagokat. Mindkét változat hangminősége elfogadhatatlan a dal, oratórium és operaéneklés számára, továbbá hosszútávon a gégeizmok és a garatfal rugalmasságának elvesztését eredményezhetik. Mindkét hibás gégepozíció vibratóban szegény, kemény, merev énekhangot eredményez (Kerényi,1985).

Sundberg, Iwarsson és Bilström (1995) a hangrés alatti nyálkahártyában lévő nyomásérzékelők szerepét vizsgálták énekeseknél. Ezeknek fontos szerepet tulajdonítanak a gégeizmok működtetésében és a hangrés alatti nyomás érzékelésében. Éneklésnél a hangrés alatti nyomás a hangmagassággal és a hangerővel is változik. Három énekesnél – egy alt és két bariton - szilikon oldatot fecskendeztek a légcsővükbe a gyűrű és a pajzsporc közti elülső részen át, a nyálkahártya érzéstelenítése céljából. Az érzéstelenítés közben a hangrés csukva volt, hogy a hatás a légcsőre korlátozódjon. Egy oktáv és egy kvint hangterjedelmű dúr hármashangzat felbontást énekeltettek a résztvevőkkel, [pá] szótagon, minden hangmagasságot kétszer megszólaltatva. A feladat hangfekvését a személyek adottságaihoz igazították. Az egész feladatot 20-szor ismételték érzéstelenítés előtt, és 20-szor érzéstelenítés után. A [p] mássalhangzó képzésekor mérték a szájnyomást az ajkaknál, és ebből következtettek a hangrés alatti nyomásra, valamint hangfelvételek alapján vizsgálták az F0 (alaphang) intonációjának alakulását. Eredmény: az érzéstelenítés az intonációs pontosságot lerontotta – feltehetően a hangrés működés befolyásolása által - annak ellenére, hogy a résztvevők nem panaszkodtak erre, mert nem érzékelték. A hangrés alatti nyomás ellenőrzéséhez a légcsőbeli receptorok nem bizonyultak legfőbb érzékelőknek.

Több kutatásban vizsgálták a légzés, a tüdőtartam változás és a gégeműködés összefüggését (Iwarsson és mtsai 1998a). Képzetlen énekeseknél a nagyobb tüdőteltettség mélyebb gégeállást eredményezett. Ugyanakkor a megszólaltatott hang magasságának növelésével párhuzamosan a gége is felfelé mozgott. Középhangon és közepes hangerővel hosszan tartva a [pe] szótagot, a tüdőtartam csökkenésével párhuzamosan emelkedett a gége függőleges helyzete. Ezek az összefüggések férfiaknál erősebben jelentkeztek, mint nőknél. A képzetlen énekesekre azért esett a kísérletezők választása, hogy a gége természetes, automatikus viselkedését tudják megfigyelni, hisz köztudott, hogy az énekesi tanulmányok során fontos cél a gége éneklés közbeni rugalmas lent tartása. Ezt az ásítást, és a sóhajtás érzett fenntartásával érik el – csökkentve ezzel a garatfal kemény feszülését, létrehozva a gégebemenet átmérője és a garat méretei (hossz, átmérő) közti nagyarányú eltérést. Ez az eltérés hozza létre az énekelt magánhangzók hangképében „énekes formáns” – felhang csoportosulás és kierősödés - jelenségét (lásd később, Sundberg, 1987). A gégesüllyesztés az egyik eszköze az ugyancsak később tárgyalásra kerülő „fedésnek” is. Mivel a tüdő és a gége között a légcső rugalmas kapcsolatot jelent, ezért érthető a fent tárgyalt szoros egymásra hatásuk.

Másik kísérletben (Iwarsson és mtsai 1998b) a tüdőtartam változásával (TTV) párhuzamosan figyelték a hangrés alatti nyomás (HANY), a hangrészárlati hányados (HZH=a zárt és nyitott hangrésfázis időaránya), a hangrés zárlati erő (HZE), a hangrés-légáramlási kilengés (HLK), és a hangrésszivárgás (HSZ) összefüggéseit. Ismét képzetlen énekesekkel dolgoztak. *Megállapították*, hogy ha magas a TTV, akkor a HZH és a HZE kisebb, de a HANY, a HLK, és a HSZ nagyobb, mint alacsony TTV esetén. Magas tüdőteltettség és TTV esetén a gége alatti és feletti üregek tágasabbak, öblösebbek, mint alacsonynál. Ez a vizsgálat is igazolta, hogy az emelkedő és ereszkedő skálák közben a gége működése és a levegő kezelése is eltérő. Míg emelkedő skálánál nő a TTV és csökken a HZE, addig ereszkedő skála esetén a HZE már a magas hangoknál is megemelkedik, mint egy megelőlegezve, megsejtette, hogy a tüdőtartam-változás csökkenni fog.

Lam-Tang és mtsai (2008) a légzés fejezetben már említett vizsgálatukban 9 énekesnő hangszalagműködéséről száloptikás felvételeket is készítettek egy oktávos emelkedő és ereszkedő skála éneklése közben. Eredmények: kétféle hangszalag-kezelést tapasztaltak. A képzetlenebb énekesek hangmagasság változásakor a hangszalag hosszát statikusan változtatták. Hangmagasság emelésekor nyújtották, süllyedésekor rövidítették a hangszalag hosszát. A képzettebbek kisebb hosszváltoztatással és inkább a hangszalag belső feszültségének szabályozásával oldották ezt meg. Hangmagasság növelésekor a hangszalagok

szélessége is csökken, karcsúsodnak. A pajzs – kannaporc izmok összehúzódása a hangszalagok merevségét fokozza hosszváltozás nélkül. Magas fekvésben a hangszalag hosszváltozása már nem volt lineáris, jelezve, hogy a különböző regiszterekben és átvezetéseknel más mechanizmusok is bekapcsolódnak. A képzetebbek tehát a hangszalagok összetettebb működtetésére válnak képessé.

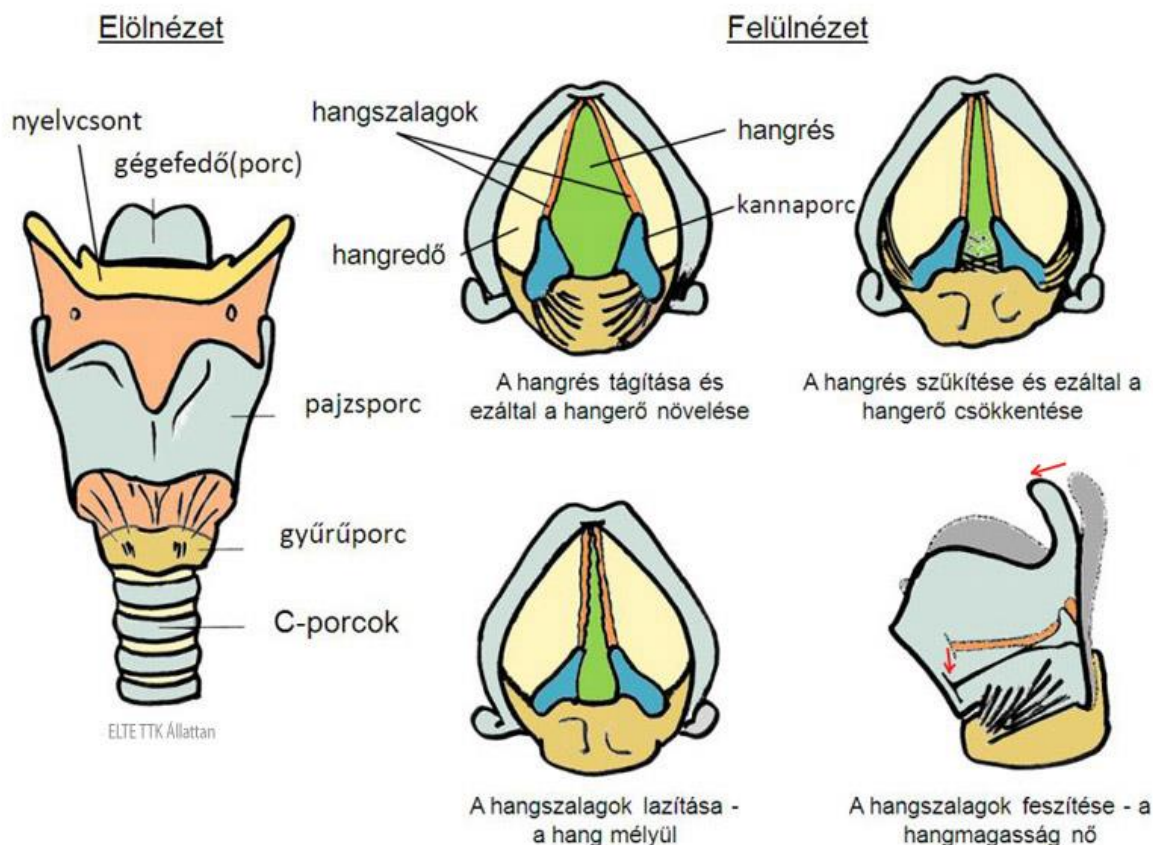
Hamdan, Husseini, Halawi és Sibai (2011) a gége kannaporcainak aszimmetriáját, és az énekhangra gyakorolt hatását vizsgálták. Korábbi vizsgálatokban is feltűnt a kannaporcok aszimmetriája. Az énekeseknél, és idősebbeknél nemtől függetlenül gyakoribbnak találták. Az aszimmetriával összefüggésbe hozható hangzi zavart azonban nem találtak. Azt feltételezték, hogy az énekléshez elengedhetetlen pontos hangszalag él beállítás, és a gége porcok fokozott működtetése, igénybevétele miatt, alakul ki a kannaporcok aszimmetriája. Mások ugyanakkor hangzi problémákkal küszködőknél általánosan előfordulónak találták. Jelen kutatásban 110 énekes száloptikás hangrészfelvételét elemezték. A kannaporcok aszimmetriáját a többi gégeporchoz és a gégefedőhöz viszonyították. Eredmények: a vizsgáltak 53,6 %-nál találtak aszimmetriát. A férfiaknál 74,6 %-ban fordult elő. A jobb oldali kannaporcnál jelentkezett az aszimmetria 76,2 %-ban. Hangzi problémák – rekedtség, hangfáradtság, hangterjedelem zsugorodás – azonban csak a résztvevők 25 %-nál jelentkezett. Tehát jelen vizsgálatban nem találtak szignifikáns összefüggést a kannaporcok aszimmetriája és a hangzi problémák között.

Érdekes megfigyelést közölt *Hiramatsu, Tokashiki, Nakamura, Motohashi és Sakurai* (2011). 14 hormonkezelt, átoperált férfinél vizsgálták a gégeporcok mozgását magas beszédhangok – 143 Hz - képzésekor 3D-s Computer Tomographyával (CT). Figyelték a pajzsporc alsó csúcsának vízszintes csúszását, valamint a kannaporcok helyzetét. Korábban halott gégén, és féloldali hangszalag-bénulásban szenvedőknél vizsgálták csak a kannaporcokat. Hormonkezelt férfiakra magas beszédhangjuk miatt esett a választás. Eredmények: a gyűrűporc és a pajzsporc közti elülső rész szűkült. A pajzsporc előre és lefelé billent és alsó csúcsa előre csúszott. A hangszalagok megnyúltak. A várttal ellentétben a kannaporcok nem fordultak el a gyűrűporchoz ízesülő csuklójukon, és nem csúsztak hátra. A kannaporcok oldalra húzódnak és kissé előre csúsznak a hangszalagok megnyúlásával összhangban. Ez a vizsgálat is megerősítette, hogy a hangrész működése nagyon összetett és további vizsgálatokat igényel.

Bakhsahae, Moro, Kost és Mongeau (2013) az emberi gége 3D-es modelljét készítették el. Ehhez nyolc résztvevő gégejét vizsgálták CT-vel (rétegröntgen) hangadás és légzés közben. A résztvevők egészséges vagy műtét utáni gégevel rendelkeztek. Az alaktani adatokat

kimetszett gégekkel is összevetették. Eredmények: azt tapasztalták, hogy a hangszalagok és a toldalékcső alaktani méretezése jóval egyszerűbb, mint a gégeporcoké. A pajzsporcnál ellipszis vázlatokkal közelítették az alakot. A gyűrűporc modellezése viszonylag egyszerű volt. A kannaporcok modellezése kényes, különösen a hangszalag-tartó/fogadó csúcsuk. A nyelvcsontot kihagyták a modellezésből, mert a hangadásban minimális a szerepe. Az általuk készített modellt igazolta a valóság, így tehát alkalmas szabványosításra.

Tanulságos vizsgálatot végeztek *Sandage, Connor és Pascoe* (2013) a fizikai terhelés, a légzés és a gégeműködés összefüggésének megfigyelésére. A résztvevőkre - 9 nő és 9 férfi - 8 perces, maximális terhelést közelítő terembiciklizés várt. A terhelés előtt 20 percig nyugodtan ültek egy szobában és csak az orrukon keresztül lélegezhetek. Ez után mérték a kontrollt. A szobabicikli pedállenállását 50 W-ról indították, és a kívánt légzéssűrűség eléréséig fokozták. A fizikai terhelés közben a résztvevők orrcsipeszt viseltek, és így csak szájon keresztül lélegezhetek. Mindkét állapotban „The blue spot is on the key again” („A kék pont ismét a kulcson van”) példamondatot ismételtették a résztvevőkkel, személyre szabottan kényelmes hangmagasságon. Azt feltételezték, hogy a fokozott légzés miatt csökken a garat hőmérséklete és nő a gégeműködés, ami a hangadási küszöbnyomás és a hangadáshoz szükséges erő növekedésében jelentkezik. Eredmények: A gégeműködés és a hangrészar fokozódása szignifikánsan ($p=0,019-0,001$) igazolódott. Ez a vizsgálat nem csak a légzés és a gégeműködés szoros összefüggését bizonyította újra, hanem segíthet a hangbetegségekre – pl. reflux, allergia - hajlamos egyének kiszűrésében, munkahelyi ártalmak miatti hangrehabilitációban stb.



6. ábra

A gége porcai (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_bevezetes_allattanba/ch09s03.html)

Összefoglalva: a gégeműködés elválaszthatatlan a kapcsolódó szervek – légcső, tüdő, gégefedő, garat, nyelvcsont, szájüreg, orr és melléküregei állapotától és működésétől. Ugyanakkor megállapítást nyert az is, hogy a gége és a hangrés működése képzett énekeseknél, beszélőknél gazdaságosabb, hatékonyabb, mint a képzetleneknél (6. ábra).

2.4.1. A hangszalag felépítése

A hangszalag többrétegű, pontosabban ötrétegű szervünk. Belső magja a hangszalag saját izma (musculus vocalis), melyben a hangszalag élekkel párhuzamos erek futnak. Ezt fedi három – belső (deep) középső (middle) és felső (superficial) – porcréteg (lamina propria). A felszínét hámszövet (laphám, epithelium) és nyálkahártya (mucus tissue) borítja.

Egészséges állapotban csont-fehér színű, mert a vékony hámszöveten és a nyálkahártyán – amelyeknek vérellátása szegényes - átüt a porclemezek színe. A felszíne alacsonyabb hőmérsékletű, mint a tüdőből kiáramló levegőé. Emiatt a kilégzés során, a hangrésen átáramló levegő páratartalma a hangszalagokon kicsapódik, és biztosítja, hogy a szalagok rugalmasak,

nedvesek maradjanak. Hangi bemelegítés során az izommag vérellátása javul, vérbővé, rugalmasabbá válik. Megerőltetett állapotban, kemény, rugalmatlan, rideg lesz. Szorított, „egyenes” (felhangszegény) éneklés esetén, vagy fertőzéskor a hámszövet fellazul, a sejtek közötti térben kóros mennyiségű folyadék halmozódik fel, ödéma keletkezik. A hámszövet vérellátása bővül, erezetté válik, ami a hangszalag gégetükri képén is erezettségként, a csontfehér szín árnyalódásaként megjelenik. A nyálkahártya váladékot termel. A hangszalag felületi hőmérséklete megnő, emiatt a kilélegzett levegő páratartalma már nem csapódik ki a felületén, nem nedvesíti azt. A kiszáradt hangszalagok keménnyé, rugalmatlanná, az ének és beszédhang is rekedtté válik. (Kerényi, 1985)

Megemlítendő, hogy gyermekkorban a gégeporcok közötti izmok, kivéve a hangszalag saját izmát, feszítik meg hangadáskor a hangszalagokat. Az így képzett gyermekhang erőtlen, átlagosan egy oktáv hangterjedelmű, világos színű. A kamaszkorban meginduló hormonális változások hatására hangszalagok megnyúlnak, lányoknál kevésbé (9-10 mm-ről 12-13 mm-re), fiúknál jelentősen (9-10 mm-ről 18-20 mm-re), és a hangszalag saját izma is megerősödik. Ez az izom a pajzsporc és a kannaporcok között feszül. A megnyúlt hangszalagok miatt mélyül a hang színe, nő a hangterjedelem. Ez a jelenség a fiúknál szembetűnőbb, hisz a gyermek és férfihang között oktávnyi hangfekvés különbség keletkezik. A kifejlődött hangszalagizom miatt hangadási helyzetben a hangrés ellenállása nagyobb lesz, hangindításhoz nagyobb hangrés alatti nyomás szükséges. Ennek következtében a felnőtt hang hangereje, részhangtartalma nagyobb, mint a gyermekhangé. A hangszalagok megnyúlásával párhuzamosan a testmagasság is olykor ugrásszerűen megnő. Emiatt természetesen a toldalékcső - a hangadásba bekapcsolható testüregek – minden szakasza is nagyobbá, öblösebbé válik. A nagyobb üregek a gégében keletkező összetett, elsődleges hang mélyebb részhangjait, felhangjait is képesek kierősíteni, aminek következtében a hang dúsabbá, testesebbé, „mellesebbé” válik. (Kerényi, 1985; Hirschberg és mtsai, 2013)

Összefoglalva: az összetett, többretegű hangszalagok rezgésükkor is bonyolult, térbeli mozgásra képesek. Hosszuk, szélességük, vastagságuk, feszültségük is változhat a képződő hangok nagy változatosságát biztosítva.

2.4.2. A hangrésműködés

A hangrésműködéssel kapcsolatos elképzelések az elmúlt évtizedekben, a működése közbeni megfigyelés eszközeinek fejlődésével párhuzamosan sokat alakultak. Korábban rugalmas, szélességében és vastagságában is egyenemű szövetnek tekintették a hangszalagokat. Tarnóczy (1982) részletesen tárgyalja a hangszalagerek felfelé domborodását

nyitás előtt, és lefelé boltozódását zárás előtt, ami jelzi, hogy nem egynemű szövetként működnek. *Frint* és *mtsai* (1982) összefoglaló tanulmányukban a hangszalagrezgés három alapismérvét különböztetik meg: (1) a rezgésszámot (frekvencia), az (2) amplitúdót és a (3) fázist. A hangmagasságot a rezgésszám határozza meg. Minél nagyobb, annál magasabb a hang. Magas hangok képzésekor a hangszalagok megnyúlnak és megfeszülnek. Az amplitúdó a hangszalagélek a hangrés középvonalától számított oldal irányú kitérését jelentik, és a hangerőt határozzák meg. Nagy hangerőnél és mély hangok képzésekor nagy az élek kilengése, az amplitúdójuk. Nagy hangerőhöz nagyobb hangrés alatti nyomás, nagyobb kilégzési erő szükséges. Magas hangok hangerejének fokozásához a légáram sebességét is fokozni kell. A hangerő rugalmas változtatási képessége, vagy hiánya a hang állapot fontos paramétere.

A fázisnak (3) három szakasza van: a nyitási (a), a zárási (b) és a befejező vagy végfázis (c). A nyitási fázisban fokozatosan nő, a zárásban fokozatosan csökken a hangrés tágassága, míg a befejező szakaszban zár a hangrés. Akkor szabályos a rezgés, ha egy fázison belül az alapismérvék állandóak, és szabálytalan, ha nem. Halk hangadásnál a zárási fázis hosszabb, mint a nyitási, és a végfázis elmarad. Közepes hangerőnél a nyitási fázis lesz hosszabb, mint a zárási, és megjelenik ezeknél rövidebb végfázis. Nagy hangerőnél lerövidül a nyitási és zárási fázis, és közel egyforma hosszúságúak lesznek, míg a végfázis időben kiterjed és hangsúlyosabbá válik. A fázisok a hangszint határozzák meg. Minél hangsúlyosabb a végfázis (c), annál gazdagabb a hang felhangokban, továbbá a felhangok száma a hangmagasságtól és a hangrés alatti nyomástól is függ. Mély hangok képzésekor a hangszalagok teljes hosszban és szélességben rezegnek, de a hangrés nem zár teljesen. Elölről hátra haladva – a hangrés - nagyon keskeny, hosszított háromszög alakot vesz fel, amelynek alapja a kannaporcok közötti rés. Középhangokon teljesen záródik a hangrés. Magas hangoknál a nagy szalagfeszültség miatt, már nem a teljes tömege, hanem csak az élei rezegnek. A falzett vagy fejhangok képzésekor a hangrés megint nem zár teljesen, hanem egy vékony, orsó alakú középső szakaszon megnyílik. A rezgő hangszalag éleken hosszában végigfutó, majd kétoldalra kifutó és elsimuló nyálkahártya hullámzást is észrevettek – először Perello 1962-ben - amelyet a nyálkahártya és az alatta lévő izomszövet rugalmasságának tulajdonítanak. (*Hirschberg* és *mtsai* 2013)

Az „inverse filtering” („leszűrési vagy fordított szűrési”) technika régóta használt, jól bevált módszer a hangrés működés vizsgálatára. *Löfqvist* (1991) részletesen elemzi ezt a módszert. Az emberi hang forrása a hangrés. Ebben összetett hang keletkezik, majd a toldalékcső üregei, mint „szűrők” felerősítik az elsődleges hang részhangjait és másodlagos hangokkal,

zörejekkel is gazdagíthatják. A hangrés hangadás közben nyit és zár, emiatt időben változó légáramlás és nyomásesés is bekövetkezik, mely a hangerő ingadozását is okozza. A toldalékcső szűrő hatását a nyelv, az áll, az ajkak, a légyszájpad, a gége függőleges és a garatfal tágító mozgásával lehet befolyásolni. A hangsugárzás a szájnyílásnál indul, mint hangszóró tölcsernél, és +6 dB/oktáv-emelkedéssel fokozódik. A toldalékcső hatásától függetlenül a hangrés működését élőben vizsgálni lehetetlen, vagy nagyon körülményes, ezért fejlesztették ki az „inverse filtering” módszert. Ezzel a toldalékcső hatását „gépi” úton „leszűrik” a hangról. Tartott hangok és folyékony beszéd is elemezhető ezzel. A légáramlásból származtatott résáramlás nyomásváltozásait dróthálóval borított maszkkal veszik fel. A maszk törli a száj hangsugárzó hatását, és „leszűri” a mély hangok nyomásingadozását és a hang zajtartalmát is. Olyan magánhangzó felvételeknél alkalmazható jól, ahol az F0 (alaphang) és az F1 (első formáns=felhangkierősítés a hangképben) hangmagasságban jól elkülönülnek. Ilyenek a magas magánhangzók pl. [á, ö]. A mélyebb hangfajú személyeknél az F0 és F1 elkülönülése mindig megvan, de a szopránoknál – akiknél az F0 gyakran megközelíti, esetleg meg is haladja az énekelt magánhangzó F1-ét – az „inverse filtering” használata nehézkes. A résáramlás hangrészár idején sem szűnik meg teljesen - az egészséges hangnál sem - mert a hangajkaknak függőleges mozgásuk is van. Az „inverse filtering” résáramlási ábránál is elkülöníthető a hang túl működés, a hang alul működés és a levegős hang is az egészségestől, ahogy szüretlen résáramlási ábránál is. A hang túl működésnél kisebb a résáramlás, de nagyobb a hang zajtartalma és a hangrészár alatt a nyomásingadozás is. Levegős és alul-működéses hangnál a résáramlás nyitott hangrésnél és zártnál is nagyobb, összevetve az egészséges hanggal.

Granvist, Hertegard, Larsson és Sundberg (2003) a hangrés működését, lüktetését EGG-vel, nagy gyorsaságú filmfelvétellel, a szájnyomást és a szájüregi légáramlást „inverse filtering” módszerrel vizsgálták. Készítettek hangfelvételt is. A kísérletben egy nő és egy férfi énekes énekelt különböző hangmagasságon, hangerővel és hangadási móddal [pe] szótagot. Köztudott, hogy a hangadás függ a hangszalag hosszától, tömegétől (méreteitől), merevségétől (vagyis a feszültségétől), a hangrés alatti légnyomástól és a hangrészár erejétől (vagyis a hangadási módtól). Az emberi hangadásnál döntő fontosságú a hangszalag-lüktetés és a résáramlás összefüggése, viszonya. Eredmények: jelen vizsgálatban megállapították, hogy hangadáskor a résáramlás a hangrésnyitáshoz képest késik és függ a hangadási módtól is. A késedelem oka az áramló levegő tehetetlensége. Nyitáskor késve lódul meg a levegő, míg záráskor a levegő tehetetlensége késlelteti az áramlás befejeződését. Levegős hangadásnál a hangszalagok nyitása nem szimmetrikus és a nyílás tágas. Normál, tömör,

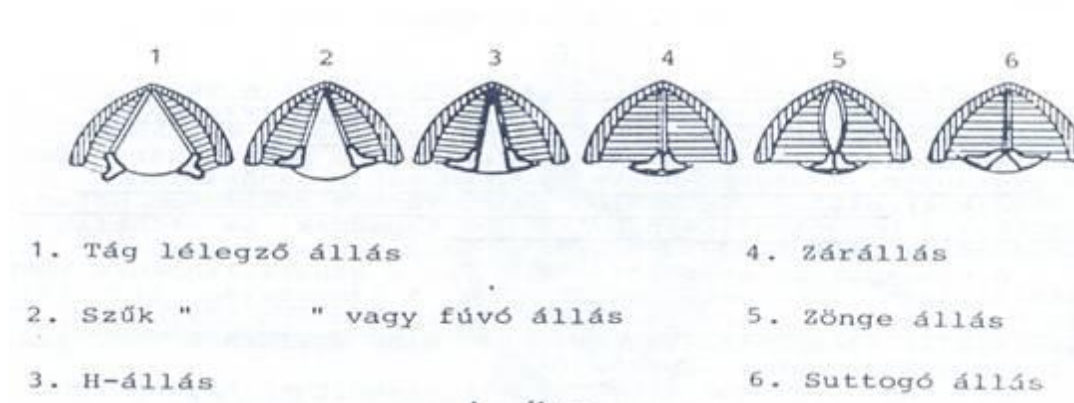
áramlásos hangadásnál a hangszalagok nyitása szimmetrikus, a nyitáskép karcsúbb, a résáramlás és nyitáskép összehangolt. Nyomott hangadás esetén ugyancsak szimmetrikus a nyitás, de a nyitáskép szűk, a résáramlást a nyitás irányítja. Ebben az esetben itt a két jelenség között – résáramlás és hangrésnyitás - időeltolódás nincs. Nőknél kisebb a résáramlás és szűkebb a nyitáskép is, mint a férfiaknál.

Sundberg, Thalén, Alku és Vilkmán (2004) a hangrés-légáramlási ábrából (flow glottogram) számítható NAQ (normalized amplitude quotient= normalizált hangrés kilengési hányados) használhatóságát vizsgálták a hangrésműködés jellemzésére. A hangrés viselkedése változik a hangmagassággal, a hangerővel, a hangrés alatti nyomással, a hangszalag hosszal, a hangszalagok merevségével (feszültségükkel) és a hangrészár erősségével. Az erős hangrészár nyomott, túlműködéses hangot, a gyenge hangrészár levegős, alulműködéses hangot eredményez. Erős hangrészár esetén csökken a hangrés-légáramlás, csökken a légáramlás kilengése és nő hangrés zárlati hányados (closed quotient, CQ=a zárt és nyitott hangrésfázis időaránya). A hangrészár értelemeszerűen hat a hangrés alatti nyomásra és a hangrésbeli légáramlás hullámalakjára is. A nyomott hangadásnál a két legmélyebb felhang közti hangnyomás különbség is csökken. A szélsőségesen erős hangrészár, és az erős hangindítás hosszú távon hangszalagcsomót okozhat. A vizsgált NAQ képlete: $NAQ = (P-t-p/dU/dt)/T$. A T a résáramlás periódus idejét, a P-t-p (=peak-to-peak) a kilengését, míg a dU/dt a résáramlási ábra deriváltjából megállapítható negatív kilengési csúcsot jelenti. Azt feltételezték, hogy ezzel a számított mennyiséggel jellemezhető a levegős, a nyomott, az áramoltatott és a semleges hangadás, valamint az eltérő zenei műfajok – klasszikus, pop, jazz, blues - énekesi hangadási eltérése is. A kísérletben egy profi énekesnő énekelt dúr szeptimakkord felbontást (A3, C#4, E4, G4) minden, fent felsorolt változatban kétszer-kétszer, háromféle hangerővel (halkan, közepesen és erősen), [pe] szótaggal. A hangadási módok és stílusok beazonosítását 10 szakértővel végeztették a hangfelvételek esetlegesen megkevert sorrendű meghallgattatásával. Hangfelvételen kívül mérték a szájnyomást a [p] mássalhangzó képzésekor - amiből következtettek a hangrés alatti nyomásra - és áramlási maszkkal (flow mask) a résáramlás változását hangadás közben. Ez utóbbi mérés értékeit fordított szűréssel (inverse filtering= a toldalékcső hatásának leszűrése) elemezve kaptak adatokat a hangrés közvetlen működéséről. Megállapították, hogy 73 %-ban az NAQ kapcsolatba hozható a nyomott hangadással, tehát helyes volt a feltételezésük az NAQ hasznosíthatóságával kapcsolatban.

Pulakka (2005) értekezésében különböző hangrésműködést vizsgáló módszereket hasonlított össze. A fordított szűrés, IF (inverse filtering= a toldalékcső hatásának leszűrése az áramlási

maszkkal készített légáramlási felvételtől) ábráit vetették össze a hangfelvétellel, a hangrészről készített nagy-sebességű képfelvételekkel (HSDI= high speed digital imagine) és a gége külső oldalaira helyezett elektródok EEG jeleivel. Azt tapasztalták, hogy az IF jó becslést ad a hangrész légáramlási működéséről hangadás közben. Tapasztalatok az IF elemzéseknel: levegős hangadásnál nem zár a hangrész. Nőknél hangos és nyomott hangadásnál sem zár a hangrész. Működésében minden hangadásnál a zárt szakasz hosszabb, így a légáramlási ábra hulláma mindig jobbra dől. A hangrész zárlati szakasza alatt is van részáramlás, ami a hangszalag élek függőleges mozgásának, hullámzásának a következménye. Ezt résszivárgásnak (glottal leakage) nevezik. Megfigyelhető továbbá a zárt szakasz elején egy rövidebb, és a végén egy hosszabb szivárgásfokozódási szakasz is. Az EEG jel kiugrása a hangrész légáramlásával összhangban van, és fordítottan arányos. Az EEG jel lecsengése és az IF görbe zárt szakasz előtti lecsengése között fáziskésést tapasztaltak. Ennek is a hangszalag élek függőleges hullámzása az oka.

Lehto, Airas, Björkner, Sundberg és Alku (2007) az „Inverse Filtering” (IF) hangrészműködés vizsgálati módszer két változatát vetették össze. Hat nő és hét férfi tartott [á] magánhangzót levegős, normál és nyomott beszédhangon. A hangadás minőségét három szakértő a felvételek alkalmával hitelesítette. A hangrész-záródási hányadosát (CIQ=closing quotient) és normalizált kilengési hányadosát (NAQ=normalised amplitude quotient) elemezték kézi és részben automatizált IF módszerrel. A hangrészáramlást jellemző paraméterek képletei: $CIQ = T_{cl}/T_o$ (T_{cl} : záródási szakasz időtartama, T_o : teljes részáramlási periódus időtartama). $NAQ = f_{max}/f_{dmin}/T_o$ (f_{max} : maximális áramlási érték, f_{dmin} : áramlási érték deriváltjának minimuma). Az elemzést mindkét módszernél három-három szakértő végezte. A kézi változatnál DECAP programot alkalmaztak, és az elemzők a cursor-t kézzel mozgatták. A részben automatizált változatnál a programot minden-tengely (all-pole) irányú szűréssel is kiegészítették. Ez lehetővé tette, hogy a toldalékcső és az ajaksugárzási modellt is finomítani tudják. Eredmények: kézi módszernél enyhén nagyobb változatosságot mutattak a paraméter értékek. A levegős hangadásnál volt legmagasabb és a nyomottnál a legkisebb mindkét paraméter értéke, mindkét IF módszernél. A nőknél a vizsgált paraméterek értékei, következésképpen enyhén magasabbak, mint a férfiaknál. Egyébként mindkét módszer eredménye szoros korrelációt (r) – CIQ-nál 0,9 az NAQ-nál 0,96 - mutatott a paraméter értékekben. Az alábbi ábrán (7.) a hangrész 6 jellegzetes állását mutatjuk be.



7. ábra

A hangrés jellegzetes állásai (miniretorika.hu)

(https://www.google.hu/search?q=www.miniretorika.hu&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwizhJL06vXVAhWJNJoKHb39B4YQ_AUICigB&biw=1366&bih=638#imgrc=bkGtmq0daLYHcM)

A tág lélegző állásnál 45 fokos, a fúvó állásnál 30 fokos, a H-állásnál 10 fokos a hangrés nyílásszöge. Zár-állásnál a hangrés zárt. Zöngé állásnál a hangrésen kiáramló levegőt a hangrés - időben szabályos nyitódása, záródása - rezgésbe hozza, zöngé keletkezik. A suttogó-állásnál rés a kannaporcok között létesül csak, és így zöngétlen hang keletkezik.

A legújabb kutatások azonban folyadékkal átítatott porózus szövet viselkedéseként modellezik a hangszalagok működését (Tao, Jiang és Czerwonka, 2010). Az átítató folyadék a szalag rezgésszámával és kilengésével arányosan mozog, áramlik és felhalmozódik a hangszalag él középső szakaszán, a középső porcrétegben. Tehát a hangszalagnak, kis amplitúdójú rezgésekor, hossza mentén is a benne lévő folyadék eloszlása egyenlőtlen. A szalag két végéről a közepére vándorol, koszinuszos eloszlást véve fel. A korábban is emlegetett kóros folyadék felhalmozódások a hámszövetben, mint ödéma, polip, csomó is csak a középső harmadában jelenhetnek meg a szalagnak, igazolva az új működési modell helyességét.

Laukkanen és Sundberg (2008) kilenc női és kilenc férfi énekessel énekeltek glissandot a legmélyebb hangjuktól a legmagasabbig és emelkedő és eső skálát is [pá] szótagon. Hangfelvételt készítettek, szájnnyomást, hangrés-légáramlást mérték, IF szűréssel. A hangrés-légáramlási kilengés (P-t-p=peak-to-peak) összefüggését vizsgálták más hangadási paraméterekkel - lásd később. A P-t-p maximuma csökken, ha emelkedik az F0 és nő, ha az

egyéb hangadási paraméterek értékei emelkednek. A nyomott és túlműködés hangokhoz alacsony P-t-p tartozik. Az alulműködés, a levegős és az áramoltatott hanghoz magasabb P-t-p értékek tartoznak. A P-t-p a hangrés alatti nyomással, hangerővel, a hangmagassággal, hangszalagok feszültségével és hosszával, a hangrészár erősségével, a hörgők átmérőjével, a toldalékcső ellenállásával, és a hang lüktetésével (vibratojával) is összefügg, de az összefüggések összetettek. Minél erősebb a P-t-p kilengése, annál erősebb az alaphang (F0). Ha az alaphang megközelíti valamely magánhangzó formáns hangmagasságát, akkor lecsökken a P-t-p, lecsökken a hangrés-légáramlás, mert megnő a toldalékcső ellenállása. A hangrés-légáramlás lecsengése a toldalékcső gerjesztését befolyásolja. Minél lassabb a lecsengés annál több felhang kieroősítésére gerjeszti a toldalékcsovet. Ha nő az F0, nyúlik a hangszalag, emelkedik a hangrés alatti nyomás, nő a P-t-p. Ha nyúlik a hangszalag, akkor merevebbé is válik, ami viszont csökkenti P-t-p-t. Az F0 növekedésével az F1-hez is közelít, ami a toldalékcső ellenállását is fokozza, ami P-t-p csökkenését eredményezi. Ha a hang vibratojának lüktetése (gyakorisága) lassú, a kilengése nagy, akkor a hangrés-légáramlása is, és annak kilengése (P-t-p) is megnő. Ha emelkedik az F0, akkor a hangrészár is erősödik, ami a hang lüktetésének kilengését is mérsékli, ami a hangrés-légáramlást is csökkenti. A fentiekből is nyilvánvaló, hogy a hangrés-légáramlás összefüggése a többi hangadási változóval nagyon komplex, és további kutatásokat igényel.

Alku (2011) tanulmányában az „Inverse Filtering” (fordított szűrés, IF) vizsgálati módszer lehetőségeit, korlátait és a módszerrel eddig szerzett több évtizedes tapasztalatot tanulmányozta. Ezzel a módszerrel akár hangadás közbeni légáramlási-felvételnél, beszéd és énekhangnál is a hangforrás (hangrés) működését és a hangszalag-tömeg hullámzási gyorsaságát is vizsgálhatjuk, a toldalékcső és az ajkak sugárzásának módosító hatása nélkül.

Eddigi megfigyelések: a beszéd hangnyomása a hangrés nyitásakor a minimális és a hangrés zárása után közvetlenül a maximális. IF-fel a [hangrésműködés = hangnyomás \times (1/ajaksugárzás) \times (1/toldalékcső szűrő-hatása)] képlettel értelmezhető. A gége működés EEG jeleinek maximuma a hangnyomás minimumánál, és minimuma a hangnyomás maximumánál vannak. Ez érthető, mivel az EEG - jelek a hangszalagok érintkezését jelzik, a hangrés szöveteinek elektromos vezetőképességével. A hangrés működésének zárt szakasza így az EEG szomszédos minimum és maximum jele közé esik. A hangrés működésének szakaszai egy perióduson belül: T_c (zárt)+ T_o (nyitott)+ T_{cl} (záródó)= T (periódus). Ezekkel az időmennyiségekkel különféle értékek számíthatók. OQ (nyitott hányados)= $(T_o+T_{cl})/T$. SQ (sebességi hányados)= T_o/T_{cl} . CIQ (záródási hányados)= T_{cl}/T . A teljes periódus idő: $T=T_o+T_c+T_{cl}$. Az IF ábrákat vizsgálva megállapítható, hogy a hangrés zárt szakasza alatt

sem szűnik meg teljesen a légáramlás. Ilyenkor is van résszivárgás. Levegős hang esetén hosszú a T_0 és a T_{cl} , valamint nagy a H_1 és H_2 (felhangok) hangnyomás különbsége. Nyomott hangnál rövid a T_0 és a T_{cl} is, a H_1 és H_2 hangnyomás különbsége közel 50%-al kisebb, mint a levegős hangnál. A hangkép sok felhangra tagolt. Magas beszédhangnál, ha mély az F_1 (magánhangzó első formánsa), rövid a T_{cl} , emiatt ritka a felhangszerkezet is a hangképben, és ezért a magánhangzó formánsok beazonosítása is nehézkes. Eredmények: az IF mérés-elemzés előnye, hogy külsődleges, nem igényel testi beavatkozást, elég hozzá egy hangnyomást rögzítő mikrofon és légáramlást rögzítő maszk. Hátrányai: értékei a hangmagasságtól lineárisan függnének. A szűrési együttható fix, pedig a toldalékcső üregek akusztikai hangoltsága, zengető szerepe hangmagassággal és a szöveggörnyezettel állandóan változik. Magas, orros hangoknál sem képes az orr és melléküregeinek hatását kiszűrni a felvételtől. Javítható a megbízhatósága, ha EEG-vel és/vagy video-stroboszkóppal együtt alkalmazzák.

Deguchi, Kawahara és Takahashi (2011) gyűrű-pajzsporc és a pajzs-kannaporc izmok közvetlen hatását vizsgálták a hangszalag működésére. Azt találták, hogy a két izom együttműködve szabályozza a hangszalagok alakját és feszültségét. Ha a gyűrű-pajzsporc a tevékeny, akkor a hangszalag pajzsporc felőli csúcsa elvékonyodik, a hangszalag élek felkunkorodnak és a hangszalag belső rétegei között megnő a feszültség. A pajzs-kannaporc izmok viszont szabályozzák és korlátozzák a hangszalagok alakváltozását, belső feszültségét és a hangszalag-élekre korlátozzák a mozgását. A hangszalagok alakja, vastagsága és belső feszültsége befolyásolja a lüktetési (vibrálási) képességét, a lüktetés ütemét (gyakoriságát), a szövetvibrálás mélységét, és ezen keresztül a képzett hang minőségét. Megállapították, hogy az említett izmok tevékenyen, míg a hangrés alatti nyomás passzívan szabályozza a hangrés lüktetését. Jelen vizsgálat különlegessége, hogy nem csak a hangszalagok hosszanti, hanem térbeli alakváltozását, működését is elemezte.

Hirschberg és mtsai (2013) részletesen tárgyalják a hangajak keresztmetszeti, és működési eltéréseit a nemeknél és hangadási módoknál. A nőknél a hangajak keresztmetszete háromszög, míg a férfiaknál négyszög alakú. A mélyebb hangok képzésekor a vastagabb férfi hangszalagok szabad élükénél – hangajak – középső és alsó rétegükben is zárni, érintkezni tudnak. A férfiak hangszalagja hosszabb és vastagabb, mint a nőké. Hangadáskor a férfiaknál a hangrés zárlati fázisa fajlagosan hosszabb, több rétegben, időben eltoltan zár, emiatt felhangokban gazdagabb a hangjuk.

Millgard, Fors és Sundberg (2015) a szájüregi légáramlás vizsgálatából következtettek a hang nyomottságára. A klinikai gyakorlatban a nyomott hangadást jelenleg hallási megfigyeléssel

ellenőrzik, azonosítják. A nyomott hangadás fokozza a hangbetegségek kialakulásának kockázatát, és befolyásolja az érzékelhető hangminőséget is. Szakértő hallgatókkal való értékelése hosszadalmas és szubjektív. Ezért fizikai paraméterekre alapozott értékelés lenne kívánatos. Nagyobb hangrészár fokozza a hangrés alatti nyomást és emeli az alaphang hangmagasságát is. Változik a magas és mély felhangok eloszlása. Csökken az első és második felhang (H1, H2) közti hangnyomás különbség, és nő a hangrés zárlati erő. Igazolt, hogy az arc elé tett maszkkal felvett áramlási-lüktetési grafikonnal, a hangfelvétellel és a szájnnyomás változásának felvételével jellemezhető a hangrés működése. Jelen vizsgálatban ezt a magánhangzó formánsok és a hangforrás vizsgálatával próbálták nyomon követni. Ebben a kísérletben öt nő és hat férfi mondott [pe] szótagot semleges, áramoltatva, és nyomottan háromféle hangmagasságon, háromféle hangerővel. Hangfelvételt, arc elé helyezett maszkkal szájnnyomás változást, és a géget borító bőrfelületre helyezett elektródokkal EEG felvételt készítettek. A hangfelvételtől IF-fel (Inverse Filtering) nézték a hangrés zárlati hányadost (CIQ), a normalizált kilengési hányadost (NAQ - képleteit lásd Sundberg, 2004; Lehto, 2007), az F0-t (alaphang hangmagassága), a formánsok hangmagasságát és hangnyomását, az alfa-arányt (= a hangkép energia eloszlása 1 kHz fölött /alatt). A szájnnyomásból a hangrés alatti nyomást származtatták. Eredmények: megállapították, hogy a nyomott hangadás 70 %-ban kimutatható a vizsgált fizikai paraméterekkel. A nyomott hang jellemezhető a hangrés alatti nyomással, a zárlati hányadossal, és a két legmélyebb formáns – F1, F2 – hangmagasságával és hangnyomásával.

Összefoglalva: a hangrés működés tárgyalásából kiemelnénk a hangszalagrezgés három alapismervét, a rezgésszámot, az amplitúdót és a fázist. Fontos hangsúlyozni, hogy a legújabb működési modell 3D kiterjedésű, folyadékkal átitatott porózus szövetként értelmezi a hangszalagokat, és így magyarázza összetett működésüket.

2.4.3. Hangindítás

A hangrés működés minőségének fontos ismérve a hangindítás. Ez a hangszalagok középső szakaszának záródási módját jelenti. Két elkülöníthető fázisa van: (a) hangadás előtti hangrészár növekedés, hangrés alatti nyomás emelkedése, (b) hangszalag lüktetés beindulása, él-ütközés, hangindulás.

Ezt jellemzi az ún. „hang-támadási idő” (vocal attack time), rövidítve VAT, ami a hangindításkor mért EEG jel változása, növekedése és a hangnyomás emelkedése közti időeltolódást jelenti. A hangindítás minősége a hang állapotát és használatának hatékonyságát is jellemzi. Három fajtáját különböztetik meg: kemény (1), összehangolt (2), levegős (3). Az

ideális az összehangolt, vagy lágy változat, amikor a hangrés alatti nyomás növekedése és a hangszalagregzés fokozódása egymással arányos (2). A kemény (1) hangindításkor túl erős a hangrészár, ami miatt a hangrés alatti nyomást túl kell fokozni (alacsony VAT érték). Emiatt a hangrés nyitása és zárása is durvává, erőszakossá válik. A hangszalag éleket a légáram súrlódása károsíthatja. A keletkező örvénylések zörgéssel, zajjal rontják a hang minőséget, és a hangrés zárásakor a hangszalagok keményen összeütődnek (coup de glotte), ami hosszú távon hangszalagcsomó kialakulását is eredményezheti. A kemény hangindítás levegő pazarló is. Kb. a lágy hangindítás levegőigényének kétszeresét használja. A levegős (2), vagy hehezetes hangindításkor a hang megszólalása előtt súrlódó levegő zaját halljuk (magas VAT érték). Ez ugyan nem károsítja a hangrészt, de hangesztétikai szempontból hibás, mivel a hang tompa, fénytelen. Értelemszerűen a hang befejezésének is három – kemény, lágy, levegős – módja lehetséges, amelyek közül a lágy a legjobb (Hirschberg és mtsai 2013).

Watson, Baken és Roark (2016) kutatásukban 55 nő és 57 férfi hangindítását vizsgálták. Felvételre mondtak [á] magánhangzót és két angol szót: „always” (mindig) és „hallways” (folyosók). A VAT (vocal attack time) értéke a levegős indítású „hallways” szónál szignifikánsan hosszabb volt, mint az [á] és az „always” kiejtésekor. Ez utóbbi kettő VAT értéke között nem volt szignifikáns különbség. Így bebizonyosodott, hogy a VAT alkalmas paraméter a hangindítás minősítésére. Összehangolt (2) hangindításkor a VAT átlaga=0,06 msec. A nemeknél a különböző hangindítások azonos eltéréseket mutattak. A levegős (3) hangindításnál a nők VAT átlaga 6msec, míg a férfiaké csak 2,2 msec volt.

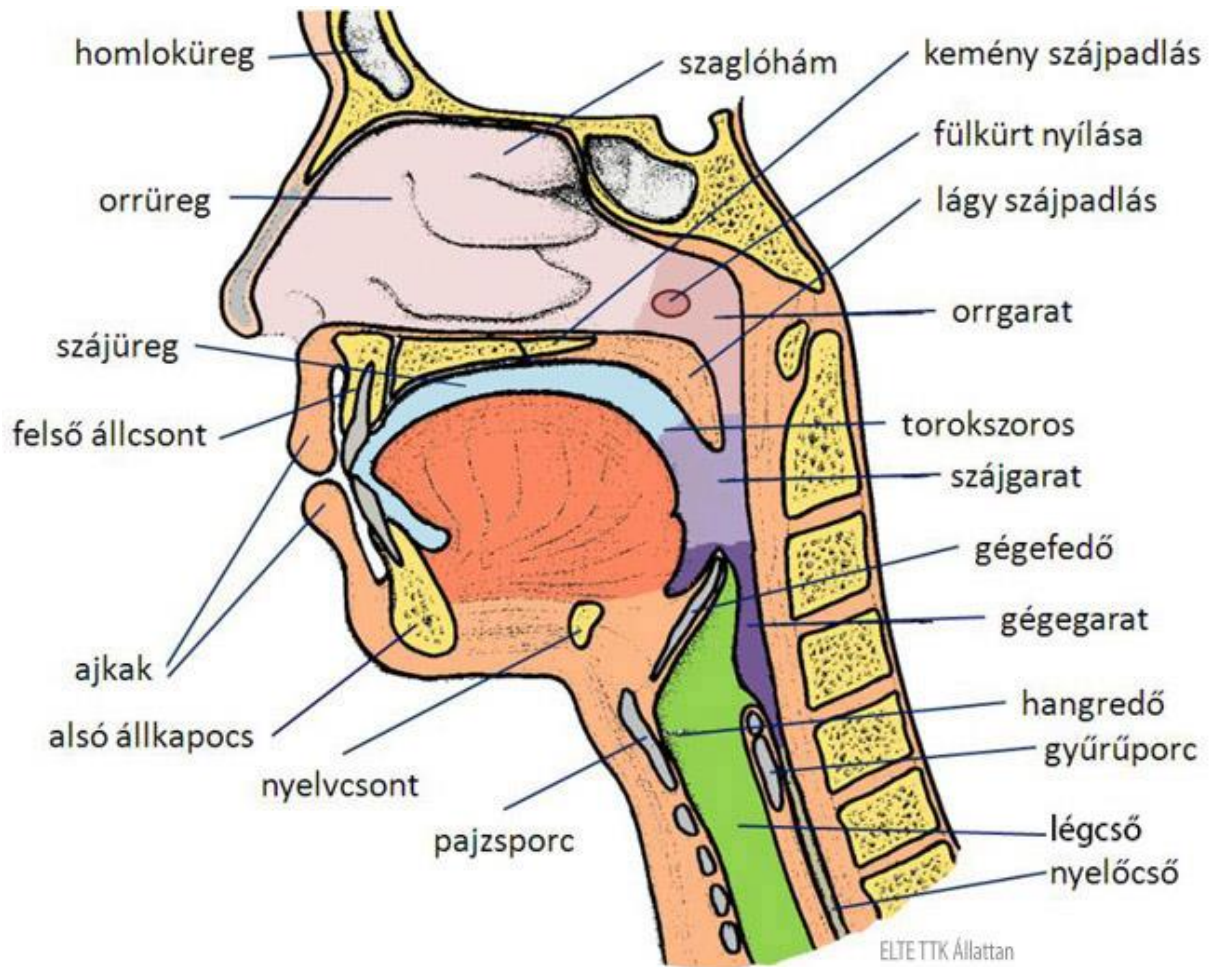
Összefoglalva: a fejezetből kiderült, hogy a hangrés működésének vizsgálata komplikált, mivel a toldalékcső tehetelensége is visszahat a működésére, továbbá a hangjakak 3D-s kiterjedése is bonyolítja viselkedésüket. A különböző hangadási módok a hangrés működésében, a hangindítás módjában is eltérnek. A hangindítás jellemzésére alkalmas a VAT paraméter.

2.5. Toldalékcső

A hangrés alatti és fölötti azon üregek és szervek együttesét, amelyek egyéb rendeltetésük mellett a gégeben keletkező elsődleges hang, hangjellé, beszéd és énekhanggá alakításában közreműködnek, nevezzük toldalékcsőnek. Az összetett gégehang – több, kevesebb sinusos hangra bontható - különböző részhangjait (felhangjait, harmonikusait) rezonátorként felerősíti. A hangszint a hangképben lévő felhangok száma, erőssége, viszonyai

és eloszlása határozzák meg. A toldalékcső részletes tárgyalása - a fentiek miatt - elengedhetetlen az énekhang képzésével és bemelegítésével összefüggésben.

A toldalékcső részei: hörgők, légcső, gége belső üregei, állhangszalagok, gégefedő, garat (gége-, száj-, orr-), fülkürt, orrüreg, arcüregek, homloküregek, ékcsoni üreg, rostalabirint, orrkagyló, szájüreg, kemény és lágyzájpad, nyelv, fogak, ajkak, és az áll (8. ábra). Ezen az orrüreg feletti ékcsoni üreg megnevezése hiányzik. Eddigi vizsgálatok kimutatták a garat előtti üregek jelentőségét az egyéni beszédhang formálásában és az egyéni átlagos F0 beszédhangmagasságban is. A légcső és a hörgők fala porcos és ezért rezonátorként működhetnek. Belégzéskor megnyúlnak és szűkülnek, míg kilégzéskor rövidülnek és öblösödnek. Megfigyelték, hogy az egyén természetes beszéd-hangmagassága azonos a légcsövének önhangjával. A hangrés és az állhangszalagok közti gégetér a Morgáni tasak. Ennek mérete és alakja hangképzés közben változik. Képzett énekeseknél, az átlagosnál nagyobb a mérete, de a hangképzésbeli szerepe még nem tisztázott. Az orrüreg alakja, mérete hangképzés közben nem változik, de az egyéni hangszín kialakulásában fontos szerepe van. *Roers* (2009) alaktani eltéréseket is talált a toldalékcsőnél, különböző hangfajú énekesek között. A beszéd és énekhang akkor zeng dúsan, ha a garatüreg alakja, mérete az F0-ra, valamint a H1 és H2 felhangokra hangolt. A regiszterváltásoknál ugyanakkor a toldalékcső szerepe még nem tisztázott (*Altorjay, 2012b*).



8. ábra

A toldalékcső metszete a függőleges szimmetria síkban (http://ttktamop.elte.hu/online-tananyagok/bevezetes_az_allattanba/ch08s03.html.)

Sundberg és mtsai (1995) a hangrés alatti nyálkahártyában vizsgálták a nyomásérzékelő receptorok szerepét. Azért utalunk erre a gégeműködés fejezetben részletesen tárgyalt kutatásra vissza, mert bár a kutatók arra következtettek, hogy a nyálkahártya nyomásérzékelői nem az egyedüli, és döntő eszközök a hangrés alatti nyomás ellenőrzésére, de a hangrés alatti üregek hangképzésben betöltött fontos szerepe ezzel a vizsgálattal is igazolódott.

Cabrera, Davis és Conolly (2011) azt vizsgálták, hogy énekeseknél szűk csóvában előre, vagy térben minden irányba sugárzódik-e a hang? Van-e egyéni eltérés, és változik-e a teremakusztikával? Az énekes hangsugárzást előnyösen befolyásolja, ha nagy arca és nagy felsőteste van, valamint ha száj-tölcsérét nagyra nyitja. Az emberi hangterjedelem átlagos végpontjainak hullámhosszai: 125 Hz (3,44 m) és 8 kHz (0,043 m). Ha a hang hullámhosszánál szűkebbre nyitjuk a szájunkat – magas fekvésben, 2 kHz fölött (0,172 m) – leárnyékoljuk a hangsugárzást. Ha a szájba a teljes hullámhossz befér, akkor erősíti a

hangot. Ha a szájat a hang hullámhosszánál nagyobbra nyitjuk, akkor „imbolyog” benne a hang, nem erősíti a sugárzást. A mély hangok sugárzásában a felsőtest méretének van szerepe. A fej előre sugároz, hátra árnyékol, méreténél kisebb hullámhosszú hangoknál. Jelen kutatásban hat nő és két férfi operaénekeskel énekeltek ugyanazt a dalt három helyszínen (süketszoba, visszhangos szoba, előadóterem), és négyféleképpen (intonációra összpontosítva, érzelmileg fűtötten, nagy-termet képzelve, kis-termet képzelve). Eredmény: a személyek és éneklési módok közötti eltérések nem voltak jelentősek. Az énekesek jobban irányítják a hangjukat, mint a beszélők, különösen magas fekvésben. A hangirányítást a formánsok hangsúlyozásán, a toldalékcso rájuk hangolásán keresztül végzik.

Ventura, Freitas, Ramos és Tavares (2013) 3D-s MRI (rétegröntgen) készülékkel vizsgálták két énekes nő és egy férfi színész toldalékcsovének alakváltozásait, éneklés és beszéd közben, fekvő helyzetben. A szájüreg és a garatüreg alakváltozásait figyelték. Mérték az ajaknyitást, a nyelvhat és a keményszájpad távolságát, a légyszájpad nyitást, a garatátmérőt, és a gégebemenet átmérőjét. A méretekből térfogatot számoltak [mm^3] -ben. A nőekkel kényelmes beszédhangon tartatták az [á, i, u] magánhangzókat, majd énekeltek ezeket mély, közép és magas hangon, a hangterjedelmüknek megfelelően. Az egyik énekesnőnél a falzett, míg a másikonál a középregiszter volt a hangsúlyos. A színész három beszédgyakorlatot végzett. Egyrészt normál beszédhangján, majd színpadi beszédhangon magas fekvésben nagy hangerővel és mélyfekvésben, rekedtes hangon. A magánhangzók elé a beszédfeladatoknál [p] mássalhangzót mondtak, a pontos hangindítás érdekében, és hogy természetes beszédkörnyezetben szólaljanak meg. A regiszterek és a hangadási módok beazonosítását beszédgyógyász segítette. Eredmények: a szájüreg térfogata minden magánhangzónál bővült az éneklésnél (a normál beszédhez képest), mindhárom hangmagasságon. A garatüreg bővülését csak az [á] magánhangzónál tapasztalták, mindhárom hangmagasságon. A garatüreg térfogata szűkült az [i] és az [u] magánhangzók éneklésekor, mindhárom hangmagasságon. A színésznél mély, színpadi beszédénél a garatüreg bővülését figyelték meg mindhárom magánhangzónál. A szájüreg csak az [á] és [i] magánhangzóknál bővült mély színpadi beszédnél. A magas színpadi beszédnél mindkét üreg – száj és garat – szűkülését figyelték meg mindhárom magánhangzónál. A 3D-s MRI vizsgálat alkalmasnak bizonyult a toldalékcso alakváltozásainak vizsgálatára beszéd és éneklés közben is.

Hirschberg és mtsai (2013) tanulmányukban részletesen tárgyalják a rezonáns (zengő) hang keletkezését, a hangrés és a toldalékcso kölcsönhatásával összefüggésben. Az énekes vagy beszélő akkor érzi rezonánsnak a hangját, ha könnyű megszólaltatni, és az arc és arckoponya szöveteiben érzi a hang lüktetését. Fiziológiai szempontból a könnyedén, puhán záródó

hangrés és a nagy amplitúdóval (kilengés) rezgő hangjakak jelentik a zengő hangot. Tudományosan akkor beszélhetünk rezonáns hangról, ha a toldalékcső üregei segítik a hangforrást az akusztikus energia előállításában. Ez akkor következik be, ha a toldalékcsőben lévő levegő, mozgással szembeni ellenállásának (reaktancia) tehetetlenségi (inercia) összetevője nagyobb, mint a hangjakak ellenállása. A mozgással szembeni ellenállásnak van a tehetetlenség mellett alakíthatósági (compliance) összetevője is. A toldalékcsőben lévő légoszlop tehetetlensége fokozza a hangjakak kilengését. Minél több frekvencia tartományban inertív a toldalékcső, annál felhangdúsabb a hang. A toldalékcső rezonancia frekvenciái (formánsai) ott alakulnak ki, ahol az ellenállás értékei hirtelen előjelet váltanak. Az ellenállás tehetetlenségi összetevője (inercia) mindig pozitív, míg az alakíthatósági összetevője (compliance) mindig negatív. A toldalékcső formánsait a mozgó/mozgatható szervekkel tudjuk hangolni.

Jiang, Yang, Feng, You és Wang (2015) 38 résztvevővel (18 nő, 20 férfi) mondattak [i] magánhangzót kényelmes beszéd-hangmagasságon, kis és nagy hangerővel. Korábbi vizsgálatokban különböző magánhangzók, valamint zöngétlen zár és réshangzók képzésekor eltérő lágyszájpad zárlatot, ill. nyitottságot találtak. Jelen vizsgálatban a hangerő és a lágyszájpad mozgás összefüggését kutatták. A hangmagasság tartását mindig ellenőrizték. Röntgenfelvételeken figyelték pihenéskor és a kétféle hangerejű hangadáskor a lágyszájpad viselkedését. A szögelfordulási és lineáris méretek változását elemezték. *Eredmények:* a hangerő növekedésével minden vizsgált méret, és szögelfordulás szignifikánsan megnőtt, kivéve a lágyszájpad vízszintes és függőleges hosszát. A lágyszájpad és a garat hátsó fala közti érintkezési szakasz nőtt, a résztvevők döntő többségénél (34 fő) teljes hangrészárat találtak nagy hangerőnél. Nagy hangerőnél az állajtás kissé fokozódott. Ugyanakkor kis hangerőnél a résztvevők többségénél (20 fő) nem zárt hátsó garatfalhoz a lágyszájpad. A lágyszájpad zárási képessége a hátsó garatfalhoz egyéni eltéréseket is mutatott. A hangerő és a lágyszájpad zár szélessége között pozitív korrelációt találtak.

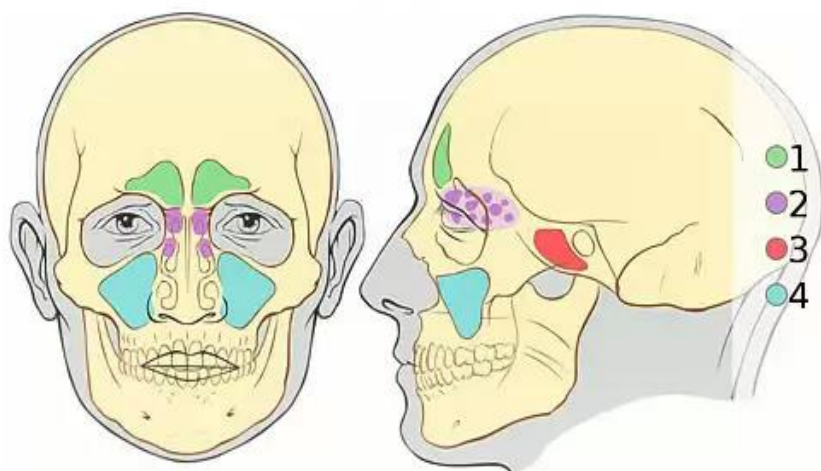
Összefoglalva: a toldalékcső üregeinek rezonátor szerepe az elsődleges gégehang felerősítésében nem vitatott. A szájüreg, a garatüreg a bennük lévő alakítható szervekkel – nyelv, ajkak, áll, lágyszájpad, gégefedő - a szövegformálás, formáns hangolás elengedhetetlen eszközei. A gége függőleges mozgása, a gégebemenet alakváltozása szintén hat a toldalékcsőre. Az orr és melléküregeinek rezonátor szerepe az egyéni hangszín kialakításában nem, de a magánhangzók képzésében még vitatott (lásd következő fejezet). Tudományosan akkor beszélhetünk rezonáns (zengő) énekhangról, ha a toldalékcső üregei segítik a hangrészt

az akusztikai energia létrehozásában. Ez akkor teljesül, ha a toldalékcső üregei minél több frekvencia-tartományban inertívek, tehetelenségi ellenállásuk pozitív. Ezzel a hangrész működésének zárlati fázisát megnyújtják, amivel fokozzák az elsődleges hang felhangdússágát.

2.5.1. Orr és melléküregei

Az orr és melléküregeinek (lásd 9. ábra) szerepe a beszéd és énekhang képzésében régóta vita téma. A nazális mássalhangzók és egyes nyelvekben – pl. portugál, francia – előforduló nazális magánhangzók képzésében jelentőségük vitán felül áll. Már a XX. század harmincas éveiben röntgenfelvételekkel igazolták, hogy a toldalékcsőbe kapcsolt, nyitott orrjárat nem hat hátrányosan az énekhang minőségére. Több kutató a fejüregeket tekintik a hangcsengés forrásának, amelyek 3 kHz körül energia csúcsként jelentkeznek a hangképben. Jean de Reszke - 1850-1925, híres tenor és tanár - is úgy tartotta, hogy az orrcsengés tudja tehermentesíteni a hangszalagokat, és teszi lehetővé, hogy a hang átcsengjen a zenekari kíséretre is. A XX. század ötvenes éveiben üres és gézzel töltött orrüreggel énekeltek profi énekest, míg William Vennard -1909-1971, híres énekmester és kutató - vízzel töltötte fel öt énekes orrjáratát. Egyik kísérletben sem tapasztalták, hogy szakértő hallgatók a felvételeket meg tudnák különböztetni. A nyolcvanas években úgy találták, hogy az énekhangba kapcsolt orr és melléküregei a toldalékcsőnek nem rezonáló pontokat tartalmazó oldalágát jelentik, melyek a magánhangzó formánsok hangmagasságát megemelik, rontva ezzel a szövegértést. Pedagógia megközelítéssel mást jelent egy növendéktől azt kérni, hogy érezzen csengést az orrnyergén, és más, ha azt, hogy vezesse át a hangot az orron. Pier Francesco Tosi - 1653-1732, híres kasztrált énekes és énekmester, a regiszterek összekapcsolásának, a kiegyenlítésnek első kezdeményezője - idevágó tanácsa: „ha mell, ha fejhag is, mindig jöjjön előre takarosán, tisztán, ne ragadjon torokba, és ne vonuljon át az orron, mert ez a két legszörnyűbb hiba, és javíthatatlan, ha szokássá válik.” (Opinioni dei cantori antichi o moderni...Bologna, 1723). Francia kutatók azt tapasztalták, hogy francia énekeseknél az orrkapu akkor is nyitva maradt, amikor nem nazális magánhangzókat énekeltek. Statisztikailag minden 300. ember kurta lágy-szájpaddal születik. Kérdés: vajon érdemes-e ilyen embereknek énekelni tanulni? Rövid áttekintésünkéből is látható, hogy az orr és melléküregeinek szerepe a hangképzésben továbbra is vitatott. A bevezetésben utaltunk rá, hogy kutatásunk is erre a problémára irányult (Kerényi, 1985; Szabadyné, 2002; Altorjay, 2012b).

Az orr melléküregei



1. homloküreg 2. rostacsont-labirint 3. ékcsonti-öböl 4. arcüreg

9. ábra

Az orr, és melléküregei elől és oldalnézetben

<https://www.google.hu/search?q=homlok%C3%BCreg&hl=hu&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1qOfP4prWAhWIVxoKHQX#imgrc=TFg1hX5TSQBPjM:>

Austin (1997) azt vizsgálta, hogy a lágyszájpad mozgása beszéd és éneklés közben lehetővé teszi-e az orr és melléküregeinek rezonátori bekapcsolását? Négy hivatásos énekesnővel mondattak, majd recitativóként énekeltek mély, közép és magas fekvésben három, átlagos hosszúságú példamondatot, miközben az orrjáratba vezetett szálóptikával figyelte az orr-kapu nyitottságát. A mondatok magánhangzókon kívül nazális és szájas mássalhangzókat is tartalmaztak. *Eredmény:* az orr-kapu, éneklésnél szignifikánsan hosszabb ideig volt zárva, mint beszédnél, sőt magas fekvésű éneklésnél alig volt nyitva, vagy úgy tűnt, hogy teljesen zárt volt.

Az orr és melléküregeinek hangképzésben betöltött szerepét csökkenteni látszik Jacobs és mtsa (2005) vizsgálata. 10 hivatásos szoprán énekessel vették fel ugyanannak az áriának (Puccini: Laretta) egy szakaszát, valamint skálagyakorlatokat és tartott hanggyakorlatot is „messa di voce”-val (erősítés majd halkítás a tartott hangon). A résztvevőket tanáraik a vizsgálat előtt bemelegítették. Felvételt készítettek velük bemelegítés után, majd az orrjárat érzéstelenítése után, végül a szálóptikás vizsgálókábel orrba vezetése után is. *Eredmények:* a hangminőségben (hangkép, vibrato, hangterjedelem, hangerő, énekes formáns, hangremegés, hangélesség, zajtartalom, orrosság) nem találtak különbséget, sem műszeres, sem szakértői

elemzésnél sem. Az eredmény természetesen az igényes hangbemelegítésnek, és a profik biztonságos hangkezelésének is tulajdonítható lehet.

Yiu, Chen, Lo és Pang (2012) kutatásának célja az volt, hogy kiderítsék, hogy van-e kapcsolat az érzékelt hangrezonancia és az arccsonton tapasztalt lüktetés között. 18 nővel és 18 férfival - akik egészségesek voltak, de nem rendelkeztek éneklési vagy hangképzési múlttal - kísérleteztek. Négy feladatot mondattak velük, ülő helyzetben, egyenes testtartással, kényelmes hangmagasságon és hangerővel. 1. [má, mi] szótagok, 2. [pá, pi] szótagok mondása 4-4 sec hosszan, 3. egy nazális mondat, 4. egy nem nazális mondat elmondása. Minden feladatot négyszer végezték el. A hangfelvételt háromszor ismételték meg. Először bemelegítés nélkül. Ezután kaptak – K. A. Verdolini-féle, (2008) – a hang zengését fokozó bemelegítést. Ezek a gyakorlatok tartalmazznak nyak-fej-törzs izomlazítást, dúdolást mély és magas fekvésben, ajaktrillát, ajak-zárhangzós szótagokkal beszédgyakorlatokat. A felvételt a bemelegítés után készítették el másodsor, majd harmadszor megfeszített nyakizmok mellett kellett hangot adjanak. A résztvevők ornyergére és a gégejükre rögzítettek rezgésérzékelőket (piezoelectronic accelerometer). Eredmények: az ornyergi lüktetés a zengzetes hangadásnál szignifikánsan erősebb ($p < 0,0001$) volt, mint a bemelegítés nélküli és a feszített/erőltetett hangadásnál. Az ornyergi lüktetés és a zengzetesség hallgatói megítélése között $r=0,6$ korrelációt találtak. A zengzetes hangadáson belül a nazális hangzóknál szintén magasabb volt az ornyergi lüktetés, mint a nem nazális hangzókból képzett szótagoknál, mondatnál. A rezgésérzékelők alkalmazása arccsonti lüktetés, hangzengés kimutatására jobban bevált, pontosabb volt, mint a szakértői hallgatókkal történő megítélés.

Gobl és Mahshie (2013) az orr és melléküregeinek hatását figyelték magánhangzók formánsaira. A kísérletben beszédhang-szintetizátort (generátort) alkalmaztak, nem embereket. Egy átlagos svéd férfi beszélt magánhangzóinak - [á, i, u, ö, rövid á] – formánsaira hangolták a készüléket. Az orrjárat bejáratának keresztmetszetét $0-100 \text{ mm}^2$ között változtatták, 10 mm^2 lépésekben növelve. $0,5 \text{ sec}$ hosszúságú hangmintákat elemeztek. „Fordított szűrés” (Inverse Filtering=IF) módszerével vizsgálták az orrjárat üregeinek hatását a hangforrás működésére. Az orrjárat bekapcsolása a toldalékcsovet egy „oldalággal” bővíti, amely újabb rezonátor üregeket és elnyelő pontokat, felületeket jelent. Az orros magánhangzóknál emiatt az F1 mindig mélyebb lesz, mint az F0, sőt a légyszájpadli nyitás fokozódásával nő az F1 és F0 közötti hangmagassági rés. A hang orrosságának hangképi jele az F1 környezetében lévő felhangok gyengesége, ami az orrjárat rezonancia-csillapító, elnyelő hatásának következménye. IF-fel értelemszerűen az orrosság kiszűrése nehézkes, mert azzal a szájüreg hatását szűrik. Agysérült, és süket embereknél megfigyelhető a fokozott orrosság a

hangban. Ebben a kutatásban vizsgált paraméterek: hangrés-nyitottsági arány (OQ), a hangrés-légáramlási görbe ferdesége (RK), a hangrés lüktetése (RG) és a résáramlás dinamikája (RA). Eredmények: az RA paramétert kivéve az orrjárat nyitottság növelésének hatása a többi mutatóra gyenge volt. A hangrés-légáramlás dinamikájára viszont előnytelenül hatott, különösen a magas magánhangzónál. Az [u] magánhangzónál a hangképben 950 Hz-nél feltűnő hangnyomás esést is megfigyeltek. A kutatás jelezte az orrjárat hangképzésbe történő bekapcsolásának jelentőségét. Az IF módszerhez pontosabb toldalékcső modellek kellenének. A kutatást emberekre és kiegészítő módszerekkel – EEG, videostroboszcop - is ki kellene terjeszteni.

Hirschberg és *mtsai* (2013) tanulmányukban megállapítják, hogy zümmögéses és nazális magánhangzós skálák gyakorlásakor valamelyest nyitva marad a lágy-szájpad zár és ez nem feltétlenül okozza orros csengését a hangnak. Ezek a gyakorlatok fokozzák a hang arc és fejrezonancia érzetét és segíthetnek a hang „pozicionálásában”. Az orrcsengés gyengíti a magánhangzók F1 formánsát, de az energiákat az F3 felé tolja el, erősítve ezzel az „énekes formáns” (lásd 2.6.1. fejezet). Tapasztalat szerint az orrcsengés segíti a regiszterátmenetek „finomhangolását” is. Természetesen az orr és melléküregei előjelet, irányt adhatnak a hangnak, de nem jelenthetnek „csengési végecét”. A nazális hang esztétikailag nem kívánatos.

Chen, Ma és *Yiu* (2014) - hang- és hallási szempontból egészséges – hét nővel és öt férfival kísérleteztek. A gégetájékra, a felső ajkukra és az orrnyergükre helyeztek rezgésérzékelőket (piezoelectronic accelerometer). Miközben 5 sec-ig, ötször ismételve tartották az [m, á, i, u] hangzókat, kényelmes beszédhangmagasságon és hangerővel a rezonancia változását figyelték az érzékelőkkel. Az első mérést követően, 30 perces pihenő után, 30 perces rezonancia-növelő gyakorlatot kaptak a résztvevők. Ezután három napon át további 30-30 perces rezonancia-növelő bemelegítéseket kaptak. A negyedik fejlesztési alkalom után, 30 perces pihenőt követően, a fent részletezett mérést megismételték. A jól lüktető, rezonáló hang a gége szorítás-mentes tartásához kapcsolható. Ilyenkor a gégében keletkező hanglüktetést akadálytalanul átveszik a környező szervek. Rezonálást fokozó gyakorlatok a könnyed, áramoltatott hangadást segítik. A hangrombolás, rongálás esélye ilyenkor minimális. A jól rezonáló hang jól érzékelhető a kemény-szájpadon, a felső ajkon, és az orrnyergen. A hangerő változása pedig jól érzékelhető a szegycsont feletti bemetszésnél. Jelen kutatásban *K.A. Verdolini* féle (2008) rezonancia-növelő bemelegítéseket alkalmaztak. Ennél ülő helyzetben, ellazultan végeztek zümmögést, [m] nazális mássalhangzóval énekeltek föl-le skálát, orrnyeregére rakott újjal megkeresve a legjobban rezonáló hangmagasságot. Az így

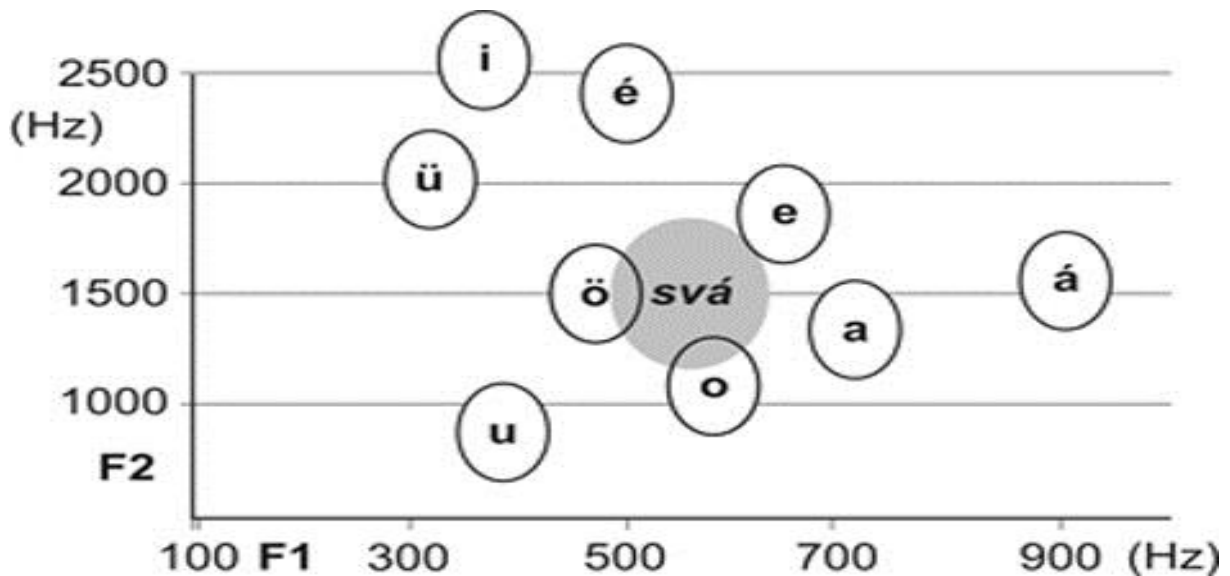
beazonosított hangmagasság lett az illető skálakiinduló, „mag-hangja”. Utána nazális mássalhangzók és zárt magánhangzó kombinációjával képzett szótagokkal gyakoroltak: pl. [um, um]. Jelen vizsgálatnál szintén ülve, ellazultan, kényelmes hangmagasságon és hangerővel tartották 1-1sec-ig az [m] mássalhangzót, majd az [á, i, u] magánhangzókat. Ezt követően [má, mi, mu] szótagokkal gyakoroltak. Eredmények: szignifikáns rezonancia-növekedést ($p < 0,0001$) tapasztaltak az orrnyergen a bemelegítések nyomán, az [m, i, u] hangzóknál, legkevésbé az [á] magánhangzónál. Az orrnyereg helyezett újjal történő rezonancia-ellenőrzés bevált.

Összefoglalóan: az orr és melléküregeinek hangképzési szerepe a friss kutatások tükrében is vitatott terület. Az énekhang bemelegítésénél, a hang „pozicionálásánál” általánosan elfogadottak, használtak az orrnyeret, az arcsontokat rezonáltató gyakorlatok. A jól rezonáló hang képzésekor a gége környéke szorításmentes. Az orrcsengés ugyan gyengíti a magánhangzók F1 formánsát, de az energiákat az F3 formáns irányába tolja el, erősítve ezzel az „énekes formáns” (lásd 2.6.1. fejezet) energia kiugrást. Tapasztalatok szerint az orrcsengés a regiszter-átmenetek hangképzését is segíti. Ugyanakkor éneklés közben a légyszájpadni orrkapu nyitottságát száloptikás vizsgálattal nem sikerült igazolni. Ezen üregek rezonátorként történő becsengethetősége az énekelt magánhangzók képzésénél – az énekhang orros csengése nélkül – tehát még nem igazolódott minden kétséget kizáróan.

2.6. Szövegformálás

A magán és mássalhangzók képzése a hangbemelegítés szempontjából is lényeges. Fontos szempont az énekelt szöveg érthetősége. Mivel magánhangzókra tudunk énekelni ezért fontos szájüregi formálásuk pontosítása, egymáshoz közelítése, a mássalhangzós környezet hatásának semlegesítése, amit összefoglalólag a magánhangzók kiegyenlítésének nevezünk.

Ebben a fejezetben is látható lesz, hogy kutatásokban leggyakrabban az [á] magánhangzót vizsgálják. Ennek több oka is van. Ennek a legmagasabb az F1 hangolása, és ennél van a két mély formáns – F1, F2 - hangmagassága a legközelebb egymáshoz. Azt is megállapították, hogy az [á] csengése áll legközelebb a nyers gégehanghoz, ami azzal is magyarázható, hogy ez a legnyitottabb, legnagyobb torok és ajaknyitással – illabiális, alsó nyelvállású - képzett hangzónk. A szövegformálásban döntő szerepe van a szájüregnek, és annak alakját formáló nyelvnek, ajkaknak, légyszájpadnak, állnak.



10. ábra

A magyar magánhangzók F1 és F2 formáns diagramja <http://www.matud.iif.hu/07jan/13.html>

(3)

A magánhangzók abszolút színét meghatározó, a hangképükben kiderősödött frekvencia sávokat nevezzük formánsoknak. Ezek közül az F1 és az F2 a meghatározó. Az F1 a garatüregben, az F2 a szájüregben képződik. Ez utóbbi a döntő a magánhangzó színére (lásd 10. ábra). Az ábrán a *svá* az ún. semleges magánhangzó formánsainak hangoltsági helyét jelöli. Ez a megnevezés héber eredetű és jelentése „semmisség”. A *svá* képzésekor a nyelv a szájüreg központi helyén helyezkedik el. Nem tudatosan képzett hangzó, amelynek többféle nyelvi szerepe – előhang, gögicsélés, nyögés, szótagolás, járulékos hang stb. – van. Minden nyelvben megtalálható, és minden nyelvben más hangolású. Mindig az adott nyelv magánhangzóinak F1/F2 koordináta rendszerében központi helyzetű. A magyar *svá* hangolása: F1 320-640Hz, F2 1300-1900Hz (Gósy, 2004). A további formánsok – F3, F4, F5 – képzésében a garatüreg alakváltozásának és az orrüregnek van döntő szerepe (lásd később az énekes-formáns 2.6.1. alfejezetben). A magasabb formánsok adják az egyéni hangszínt. A rövid impulzusú hangokban a magas felhangok sáv szélessége nő meg, míg a hosszabb impulzusúakban az alaphang (F0) a meghatározó. Mássalhangzóknak nincsenek formánsaik, hanem jellegzetes frekvencia középértékeik. Például ajakhangzóknál 1kHz, lágy-szájpad hangzóknál [ty, gy, k, g, ny] –nél 2,3kHz, [j, s, zs]–nél 2,5kHz. A férfiak hangja általában felhangdúsabb, mint a nőké, mivel fajlagosan hosszabb a hangrészműködésénél a befejező vagy végfázis (amikor folyamatosan zárt a hangrés), valamint a felhangok frekvencia távolsága kisebb - a mély fekvés miatt - és több felhangnak „van hely” a hallható hangmagassági sávban (Frint és mtsa, 1982; Sundberg, 1987).

Hollien, Mendes-Schwartz és Nielsen (2000) 18 profi énekesnél (5 férfi, 13 nő) vizsgálták, különösen magas hangok éneklésekor a szövegértést. Három magánhangzót [i, á, u] énekeltek mélyen és magasan, lágyan és erősen, 3-5sec-ig tartva. A szélső hangmagasságok nőknél g (G3), á1 (A4) és á2 (A5), míg férfiaknál G (G2), á (A3) és d1 (D4) körül voltak, hangfaj szerint kisebb eltérésekkel. Ez személyenként 12 felvételt jelentett. Ezekon kívül további hét magánhangzót is felvettek középhangon a résztvevőkkel, és ezek felvételét is a kiértékelendő felvételek közé keverték, hogy a beazonosítás minél valósabb legyen. Négyféle, előzetes képzéssel felkészített hallgatói csoporttal véleményeztették a felvételeket érthetőség, és összetéveszthetőség alapján. A hallgatói csoportok: 11 hangképző tanár, 10 fonetikus, 17 beszédgyógyász, és 12 hangképzésben járatlan hallgató. Az akusztikai elemzés az F0 (alaphang), F1 és az F2 (magánhangzó formánsok) vizsgálatára irányult. Eredmények: megállapították, hogy az alaphang (F0) hangmagasságának változása befolyásolja a magánhangzó érthetőségét, beazonosíthatóságát. Olyan hangképzési törekvést is tapasztaltak, hogy az énekesek az F1 formánst igyekeznek mindig F0 fölé hangolni. A magánhangzó érthetőségét a mássalhangzós szövegkörnyezet is befolyásolja magas fekvésben. Mindhárom magánhangzónál magas fekvésben és nagy hangerőnél megnőtt az intonációs-szórás. Különösen az [á] magánhangzónál. A beazonosíthatóság a legbiztosabb a mélyfekvésben énekelt [á] magánhangzónál, mindkét nemnél. A leggyengébb a magas fekvésű [i]-nél nőknél, és a mély fekvésű [u]-nál férfiaknál. Az F1 felhangolását (hangmagasság igazítását) a nők az [i] és [á] magánhangzóknál alkalmazzák leggyakrabban, míg a férfiak az [i]-nél. Ha az F0 magasabb, mint az F1, akkor célszerűen az F1-et a magasabb F0-ra kell hangolni, hogy energiát nyerjen, felerősödjön. Ez természetesen nem használja a beazonosíthatóságának, de magas hangokon, nőknél elkerülhetetlennek tűnik. A nők az F2-t is felhangolják az F0 emelkedésével. A pontatlanul képzett magánhangzók a központi magánhangzókkal téveszthetők leginkább össze, amelyek formáns hangolásai egymáshoz közeliak [ö, o, a, e]. Magas fekvésben történő éneklésnél a tévesen beazonosított magánhangzókat leggyakrabban [á]-ra tévesztik. Ez nem meglepő, mert az [á] magánhangzó F1-e a legmagasabb (> 900Hz). Ezt a gyakorlatot nevezik formáns hangolásnak.

Mautner (2015) az allejtés fokozás szövegérthetőség javító hatását is igazolta kutatásában. A magánhangzók első két formánsa (F1, F2) magát a magánhangzót határozza meg, míg a további formánsok (F3, F4, F5) az egyéni hangcsengést, hangszínt. Az F1, F2, F3 hangoltsága változhat, míg az F4, F5 stabil. A formánsok hangolását a toldalékcső alakváltozásával lehet elérni. A toldalékcső azon keresztmetszetében létrehozott szűkítés, ahol a kérdéses formáns állóhullámának minimális a kilengése a kérdéses formáns hangolásának mélyülését

eredményezi, míg a tágítás a hangoltságát emeli. A szájüreg tágítása és a garat szűkítése emeli az F1 hangmagasságát. A gége függőleges emelése, az ajkak összehúzása és a toldalékcső rövidítése emeli a nem stabil formánsok hangolását. A toldalékcső nyújtása, a gége függőleges helyzetének süllyedése, az ajaknyitás tágítása, az áll leejtése sötétíti hangot, mélyíti az F1 és F2 hangolását. A nagyobb szájnyílás, mint „hangszóró tölcser” növeli a hangáramlást és fokozza a hangerőt, de mértéke a hang mennyiségével, felhang tartalmával arányos kell, hogy maradjon, mert egyébként a felhangok egyenletessége felborulhat. Magas fekvésben, ahol rövid a hang hullámhossza, a hang előre-sugárzását segíti, de mély hangoknál, amelyek hosszú hullámhossza egyébként sem „fér ki a szájon” a hang tompulás, fényvesztését, „kilyukadását” eredményezheti az eltúlzott szájnyitás, állajtás. A szájnyílás és állajtás fokozásával egyidejűleg a szájüreg – az éppen képzett magánhangzó képzésére alkalmas alakja - nem torzulhat a szövegérthetőség és a hang bársonyosságának, tömörségének megőrzése érdekében. A garat öblösebbé tágítása, és a nyelvdomb előre tolása a szájüregben az F2 mélyülését eredményezi. Az F3-t a nyelvhegy és az alsó fogsor közti tér „hangolja”. Az F4 és F5 hangolását tudatos toldalékcső alakítással alig tudjuk változtatni. (K. O'Connor, 116).

Lamesh, Doval és Castellengo (2012) a magánhangzók hatását vizsgálták a hangterjedelemre és a hangerőre. 21 képzett énekes vett részt a kísérletben. Nyolc nő (négy szoprán, négy alt) és 13 férfi (két basszus, öt bariton, négy tenor, két kontratenor). C3-C5 (131-523Hz) hangterjedelmen énekeltek [á, i, o] magánhangzókat kétféle hangképzési móddal: M1 (teljes hangon, vastag hangszalagokkal, a hangszalag saját izma is aktív), M2 (vékony, feszült hangszalagok, saját izmok nem aktívak). A két hangmagasság között 13 egész hangon énekeltek crescendot és decrescendot (erősítés és halkítás), tartva, mindhárom magánhangzón. A kísérlet előtt egyénileg melegítették be a hangjukat. A hangképzési módot a kísérletvezető és az énekesek maguk hitelesítették. Hangfelvételt (30cm-re elhelyezett mikrofonnal), hangnyomás felvételt és EEG adatrögzítést végeztek. Korábbi vizsgálatok azt jelezték - hogy bár a klasszikus hangképzésnél elsődleges cél a kiegyenlített éneklés, amely egyebek mellett azt is jelenti, hogy a hang dinamikai lehetőségei is változatosak a teljes hangterjedelmen - ez a képesség magánhangzó függő. A dinamikai kiegyenlítést „messa di voce” („küldött hang”, tartott hangon erősítés, majd halkítás) gyakoroltatásával lehet fejleszteni, és a „hangkapacitás” (Voice Range Profil= a teljes hangterjedelmen kimutatható dinamikai lehetőségek) mérésével lehet ellenőrizni. Hangkapacitási ábrát szerkesztettek minden magánhangzóról, a bejárt hangterjedelmen és hangképzési módokkal. Ezen a vízszintes tengelyen a hangmagasságot, a függőleges tengelyen a hangnyomást ábrázolják. A kiegyenlítéshez mindkét hangképzési

módot használják a klasszikus képzettségű énekesek, de ezeket nem feltétlenül azonosítják regiszterekkel. A férfiak az M1, míg a nők az M2 hangképzési módot preferálják. (Itt említjük meg, hogy az M1 hangképzés a teljes, testes, felnőtt hangadásra, míg az M2 a falzett, a gyermeki hangképzési módra utalhat.) Eredmények: jelen vizsgálatban azt találták, hogy nemtől függetlenül a magánhangzó befolyásolja VPR-t a felső hangerő sávban az M1 hangadási módnál, de az M2 hangadási módnál nem. M1-nél [á] magánhangzón átlagosan 10dB-vel nagyobb hangnyomást tudtak produkálni, mint [i] magánhangzón, az [o] hangnyomása a két másik magánhangzó közötti. A kétféle hangrészlüktetésnél a hangrésnyitottsági tényező (OQ: open quotient) is eltérő és a vizsgált magánhangzók F1 hangmagassága is nagyon eltérő. Ez a kutatás is rávilágított arra, hogy a regiszterek és hangrésműködési mód, valamint a regiszterek összekapcsolásának, kiegyenlítésének összefüggése még nem tisztázott.

Összefoglalva: hangbemelegítésnél is alapvető fontosságú a magánhangzók kiegyenlítésére és az érthető szövegmondásra törekvés. Az énekelt magánhangzó akkor zengő, ha az alaphang valamely felhangja a magánhangzó formánsához közeli hangoltságú. A toldalékcsoben létrehozott szűkület fokozza annak tehetetlenségi ellenállását, és mélyíti a képzett magánhangzó formánsait. A tágítás, ellenkezőleg csökkenti a toldalékcso tehetetlenségét, emelve a képzett magánhangzó formánsainak hangolását. A klasszikus hangképzés a testes, felnőtt, a hangszalag saját izmát is működtető hangadásra törekszik, azt műveli.

2.6.1. Énekes-formáns

Az úgynevezett énekes-formáns jelenségét, képzését a mélyebb hangú operaénekeseknél – mezzo, alt és a férfiak – figyelték meg. Ez a F3, F4, F5 formánsok – 2200-4500 Hz közötti – fokozatos, hangmagasság közelítését, összecsapódását, fürtösödését és hangnyomás kiugrását jelenti. Ehhez tehát az F3-t tudjuk leginkább az F4 és F5-hoz hozzáhangolni. Az énekes-formáns megjelenésének segítése a hangképen, a bemelegítésnek és a hosszú távú képzésnek is járulékos célja.

Sundberg (1987) azt is megfigyelte, hogy énekeseknél az alaphang (F0) kiterősödik, ugyanakkor az F1 és F2 gyengébb, mint képzetleneknél. Az énekes-formáns segít az ideális, kiegyenlített, messze-csengő hangminőség és hangerő létrehozásában. Képzéséhez a gége süllyesztése, a tág torok, a nyelv nyugodt helyzete és a gége-garat öblösebbé tétele szükséges. Így a gégebejárat (epylarynx: a hangszalagok és az álhangszalagok síkja közti térszakasz) és a gégegarat (hypopharynx) közti átmérő és hosszeltérés megnő. Ez teszi lehetővé az énekes-formáns képzését. *Sundberg* (1987) szerint ehhez a méretek 1/6-os aránya szükséges, a

gégearat javára. Az énekes-formáns teszi lehetővé, hogy a zenekarnál – átlag kíséreti hangmagassága 450-700 Hz – mélyebben, vagy ezzel egyező hangmagasságokon éneklő énekesek is a kíséret fölött „átszóljanak”, hallatszanak, a zenekar ne „takarja” őket. A magas fekvésben éneklő szopránoknak erre nincs szükségük, mert általában magasabb fekvésbe énekelnek. Az énekes-formáns mezzoknál 3-4kHz között, tenoroknál 2,5-3kHz között, baritonoknál, basszusoknál 2,1-2,4kHz között jelentkezik a hangképben. Az ún. szabadon – énekes-formánssal gazdagított - áramló énekhang adja a legerősebb és legtömörebb – felhang dús – hangot. Az áramlásos, kiegyenlített operai hanggal éneklők azonos hangrés alatti nyomásnál 10-12 dB-el erősebb énekhangot produkálnak, mint a képzetlen énekesek (Hirschberg és mtsai, 2013).

Az énekes formáns vizsgálatához három módszert fejlesztettek ki (Johnson-Read és mtsai, 2015). (1.) az F0 és az F4, (2.) F1 és az F4, (3.) az F1 és az F3 hangnyomásának [dB] összevetése.

Összefoglalva: az énekes-formáns képzése a klasszikus hangképzésnél kívánatos. Ehhez segítenek a fejregiszter bekapcsolását, kiépítését célzó orr és melléküregeit bekapcsoló – lásd kutatási témánk – bemelegítési gyakorlatok.

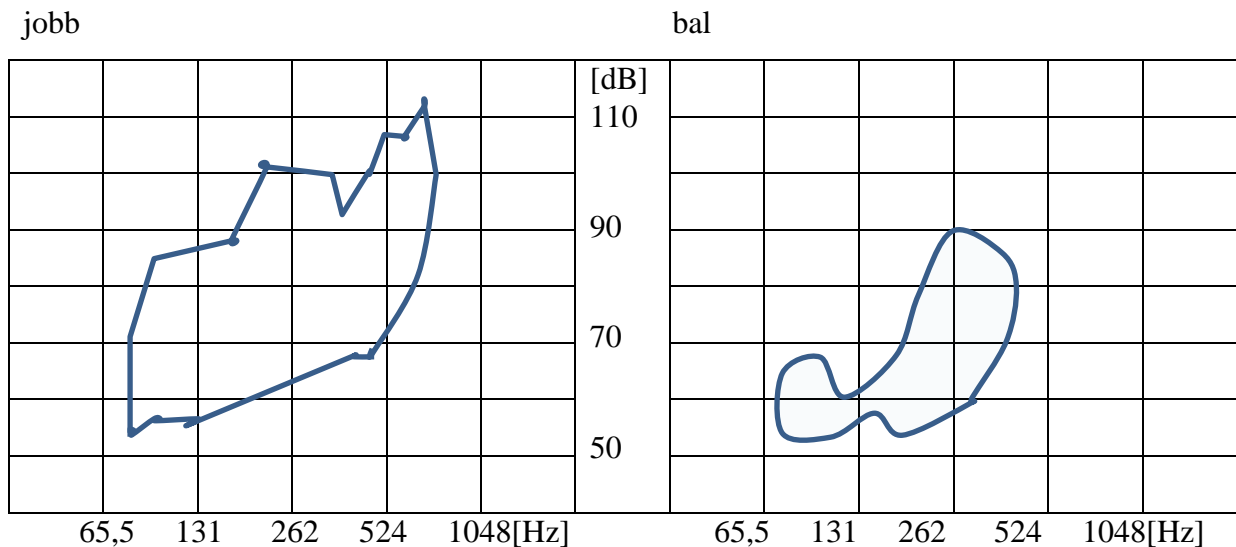
2.7. Regiszterek, VRP, átmenő hangok, kiegyenlítés

A regiszterek az emberi hang azonos mechanizmussal, gége helyzettel, és hangjelleggel képzett, azonos hangszínű, a hangképében a felhangok viselkedésében is egyező, területi szakaszai. Azonos regiszterben képzett hangoknál a toldalékcso egyező körzeteiben érzünk lüktetést, rezonanciát is. Több évszázados vita folyik arról, hogy hány regisztere van az ének és beszédhangnak, és mik a nemek közti eltérések. Általában mell, közép, és fejregisztert különböztetnek meg, de a nőknél emlegetnek még füttyregisztert (flageolett). A férfiaknál füstula (rögzített gégével, a hangszalagok egy rövidebb szakaszának rezgésével képzett hang), és gégés-basszus vagy pulzáló (vocal fry: a hangrésben gyors nyitási fázist elnyújtott zárási fázis követi) regisztert is. Van aki, a fejhangot (falzett) a fejregiszter piano változatának tekinti. Ebben a témában ma sincs megegyezés.

Kezdetől fogva kapcsolódik a témához az átvezető szakaszok, hangok (passagio) és a kiegyenlítés (chiaro-scuro) kérdésköre. A kiegyenlítés több területre is értendő. Az énekhang teljes hangterjedelmén kiegyenlített legyen: a hangszíne, a hang dinamikai lehetőségei, a messze-csengése (felhanggazdagsága), a regisztereinek összekapcsolásával „kevert hang”

jöjjön létre, és a magánhangzók képzési módja, abszolút színe is közelítsen egymáshoz. Az átvezető hangok mindkét csatlakozó regiszter képzési módja szerint képezhetők, de nem egyforma hangerővel. A csatlakozó alsó regiszterben gyengébben a felsőben erőteljesebben. Emelkedő skálán az alsó, csatlakozó regiszterben tovább tudjuk képezni a hangokat, mint ereszkedő skálán, amikor hamarabb váltunk a mélyebb regiszter hangképzési módjára. Az egyes hangfajokhoz kapcsolható átmenő hangok a következők: - szoprán ($e_1/f_1 - e_2/f_2$), - mezzo ($f_1 - e_2$), - alt ($es_1 - d_2$), - tenor ($e - e_2$), - bariton ($d - d_1/es_1$), - basszus ($c - c_1$). A felsorolásban az alsó a mell és közép, a felső a közép és fejregiszter közötti szakaszt vagy hangot jelzi. A kiegyenlítés pedig éppen az egyik regiszterből a másikba történő törésmentes átmenetet jelenti, amit a profi, klasszikus képzettségű énekesektől, mint „ideát” várták és várják el. A kiegyenlítés egyik lehetséges eszköze a „fedés”, ami a gége tudatos süllyesztését, az ajakcsücsörítés fokozását és a magánhangzók sötétítését, melles színezését jelenti. Ez a megoldás is szakmai vita tárgya. Szükségességét, létjogosultságát, esztétikai értékét többen vitatják (Kerényi, 1985).

Ebben a fejezetbe kívánczik *Sulter, Wit, Schutte* és *Miller* (1994) alapvető cikke az emberi hang lehetőségeiről, hangterjedelmi és hangerő együttes profiljának ismertetéséről. „Voice Range Profile” (VRP) –nak nevezett kétdimenziós ábra jól szemlélteti akár a beszéd, akár az énekhang képességeit, kapacitását. VRP-t az elmúlt évtizedekben is folyamatosan alkalmazták az egyének hang állapotának bemutatására. *Sulter* tanulmánya nyomán készült 11. ábra vízszintes tengelyén a hangmagasságot [Hz], a függőleges tengelyén a hangnyomást [dB] tüntetjük fel. A baloldali ábrán egy egészséges férfi, míg a jobboldalin egy mutáló fiú/ferfi beszédhang profilját láthatjuk. Azt kérték résztvevőktől, hogy a teljes hangterjedelmükön képezzenek beszédhangot, minden hangmagasságon minimális és maximális hangerővel is. A függőleges oszlopok oktáv távolságokat jelentenek. A görbe alsó kontúrvonala a legkisebb hangnyomást, míg a felső a legnagyobb hangnyomást ábrázolja. A felső – legerősebb hangnyomást mutató – görbén látható törés, a mellregiszterből a falzettbe történő váltást mutatja, az egészséges férfinéél. Ez a törés hangképzés hatására tompul. A görbe által bezárt terület és a körvonal aránya számítható, amely minél magasabb értékű, annál jobb hang állapotot jelöl (ez a hányados körnél lenne a legnagyobb). Az ábrának továbbá meghatározható „súlyvonal” jellegű átlója, amely a körvonal minden pontjától minimális távolságra van. Ennek az egyenesnek az x tengellyel bezárt szögével is jellemezhető a hangprofil. A mutáló fiú hangprofilja dinamikai és hangterjedelmi lehetőségeit tekintve is elmarad az egészséges, felnőtt férfi lehetőségeitől.



11. ábra

Egészséges, és mutáló fiú/férfi hangprofilja (VRP) Sulter és mtsai 1994 nyomán

A regiszterekkel kapcsolatban több nézet is olvasható a szakirodalomban. *Phillips* (2012) szerint mind a nőknél, mind a férfiaknál 3-3 regiszter különböztethető meg, mint mell-, közép-, és fej-regiszter. Ugyanakkor beszél a férfiaknál falzettől és a nőknél fütty- vagy flageolet regiszterről is. Szerinte a különböző regiszterekben más-más izomcsoportok működnek. Egyedül a közép- vagy más szóval kevert-regiszterben van az izomcsoportok között együttműködés. A kényes regiszter-átmenetek gyakorlásához hangcsúsztatási gyakorlatokat javasol.

Morris, Ternström, LoVetri és Berkun (2012) egy profi ifjúsági kórus tagjainak – 11→18 év közötti lányok – hangképzését vizsgálták három regiszterben és kétféle hangerővel. A Brooklyn Youth Chorus 47 tagú. Félkörben álltak, egy három méterre elhelyezett mikrofontól. É dúrban énekelték, kíséret nélkül a „Happy Birthday” című ismert dalt, mell-, kevert-, és fejregiszterben, piano és forte hangerővel. Minden változatot háromszor ismételték meg. Így összesen 18 hangfelvétel készült. A felvételek alapján a „hangképi burkoló görbék” 2D-es ábráit (Long Term Average Spectra, LTAS) szerkesztették meg. A dalt nem az eredeti szöveggel, hanem [ná-ná-ni-ni] és [ni-ni-ná-ná] szótagokkal énekelték. Az [n] mássalhangzóval a tömör, zárhangzós hangadást, míg az alkalmazott [á, i] magánhangzókkal az F1 és F2 formánsok legtágasabb, legszélsőségesebb hangolású fekvését igyekeztek vizsgálni. Eredmények: a hangerő ingadozás szórása piano hangerőnél 1,9 dB volt, míg forte hangerőnél 1,4 dB volt. A hangképi burkoló görbék (LTAS) kevert regiszternél mindkét hangerőnél, míg fej regiszterben forte hangerőnél mutattak nagyobb ingadozást. A

hangintenzitás mell-regiszterben volt a legnagyobb 0→1kHz között. Az intenzitás lecsengése ugyancsak ebben a regiszterben volt leglassabb 3kHz fölött. A kevert és a fej-regiszternél az intenzitás lecsengése egyezett, és meredekebb volt, mint a mell-regiszterben. A vizsgálat igazolta, hogy fiatal énekes lányok is képesek regiszterváltásokra és a hangerő rugalmas kezelésére. A továbbiakban követéses vizsgálatot is terveznek a hangképzés hatásának kimutatására.

Echternach, Traser és Richter (2012) a kiegyenlítéshez kapcsolódó regiszterek közötti átvezető hangok (passaggio) képzését vizsgálták hét klasszikus képzettségű tenor énekesnél. Az átvezető hangok jellegzetessége, hogy képezhetők, mindkét csatlakozó regiszter képzési módja szerint is. Tenoroknál a közép és a falzett regiszter közti átmenet képzése sarkalatos kérdés. Az átmenő hangok tisztán középregiszteres képzése a hang túlterhelését jelentheti, mivel a hangszalagok hossz és kereszt irányban is lüktetnek, ami alacsony intonációt is okozhat. Közép regiszterben a hangszalagok saját izma is tevékeny. A másik lehetőség, hogy az átvezetést falzett éneklük. Ilyenkor a gyűrű-pajzsporc izom működése a döntő. A hangrészár gyenge, a hangrés nyitottsági aránya magasabb, a felhangok gyengébbek, mint közép regiszterben. A harmadik lehetőség, a „módosított falzett” vagy „kevert hang” („teljes hang”, „teljes fejhang” további nevei) alkalmazása jöhet csak szóba tenoroknál, színpadi éneklésnél. A kutatók szerint két megoldás is lehetséges: az egyik a falzett fejhangjait felerősíteni, fokozva a hangrészarat, de elkerülve a hangszalagok kétirányú lüktetését. A másik lehetőség, hogy közép regiszterben éneklük, de a magánhangzók F1 formánsát az F0 fölé hangolják a toldalékcso alakváltoztatásával (lásd „szövegformálás” 2.6. fejezet). A résztvevőkkel [á, é, i, o, u, e] magánhangzókat tartattak f1 (349Hz) hangmagasságon, általuk választott hangerővel. Hangfelvételt és EEG jeleket elemezték, valamint három szakértő hallgatót kértek meg a „passaggio” beazonosítására. Arra voltak kíváncsiak, hogy a képzetek mindkét csatlakozó regiszter hangképzési módjával meg tudják-e oldani az átvezetést? A kevert-regiszter (voix mixte) és a falzett átvezetését vizsgálták. A résztvevőknek először kevert-hangon (előadási hangon) kellett az f1 hangmagasságot énekelni, majd ugyanezt falzett is. Lehetőleg vibrato-mentes éneklést és a regiszter jellegek minél teljesebb kapcsolását kérték. Eredmények: a képzett résztvevők törésmentesen oldották meg a hangadást, de megnövekedett a hangmagassági (jitter) és hangerő (shimmer) ingadozás, valamint a hangizgalom (perturbation). Korábbi vizsgálatokban is hasonló jelenséget tapasztaltak. Amikor emelkedő skálán énekeltek az átvezető hangokat, akkor képzeteknél és képzetleneknél is nőtt a hangizgalom, zavar. Ereszkedő skálánál hangizgalom zavarát csak képzetleneknél találtak, képzeteknél nem. Az átvezetés előtt a hangerő csökkentése és vele párhuzamosan a hangrés-

nyitás fokozása tűnt a megfelelő megoldásnak. Igazolódott a hosszú távú hangképzés jótékony hatása.

Andrade (2012) ugyancsak a regiszter átmenetet (passaggio) vizsgálta 13 tapasztalt férfi énekes bevonásával (hét tenor, és hat bariton). Klasszikus képzettségű, férfi énekesek c1 (264Hz, egyvonalas) környékén érzik, hogy mind a todalékcső alakjában, mind a hangszalag működésében változás áll be emelkedő skála éneklésekor. Ennek a hangmagasságnak a környékét tekintik első regiszter-átvezető szakasznak. Ebben a vizsgálatban emelkedő skálát énekeltek c1 alól indítva, és néhány hanggal fölé jutva, majd a legfőbb hangot külön is kitartva. Klasszikus, operás éneklést és a todalékcső alaktartását kérte a résztvevőktől, [á] magánhangzón. Egyenletes hangerőt kért az énekesektől. Figyelte a todalékcső hosszváltozását, és EEG-vel a hangrés működését, és készített hangfelvételt is. A todalékcső hosszváltozását a hangréstől az ajkakig mért hangáramlási időből számította. Eredmények: az átvezető hangok után azt tapasztalták, hogy a klasszikus képzettségű énekesek süllyesztik a gége pozícióját, ezáltal megnő a todalékcső hossza, térfogata, enyhén megvastagodnak a hangszalagok. A magánhangzó formánsok – F1, F2, F3, F4 - hangmagassága süllyed. Az F2-t kivéve ($p=0,29$) mindegyiknél szignifikánsan ($p=0,00$). A hangrés zárati hányadosa nem változott a regiszter átmenet után.

Hirschberg és *mtsai* (2013) tanulmányukban részletesen ismertetik az egyes regiszterekhez kapcsolható, hangrés-rezgési módokat is. Mély hangok képzésekor, mell és közép (modal) regiszterben rövidebbek a hangajkak, nem túlfeszítettek, teljes szélességükben rezegnek, a hangrés jól zár. A férfiaknál megkülönböztetett pulzáló regiszterben (vocal fry) a hangszalagok lazák, a hangajkak rövidek, teljes szélességükben rezegnek, a hangrés zárasi fázisa hosszú, esetleg minden második rezgési ciklusban zárnak csak. Emiatt szub-harmónikusok (fél-frekvenciák) is keletkeznek. Magas fekvésben – fejregiszterben - a hangszalagok megfeszítettek, megnyúltak, esetleg nem zárnak teljesen és csak az élük rezeg. Falzett regiszterben (loft register) a hangszalagok működése, mint fejregiszterben, de itt a hangajkak biztosan nem zárnak. A falzett hang dinamika és felhang-szegény. A nőknél megkülönböztetett fütty-, vagy flageolet-regiszterben a hangszalag éleken csak a nyálkahártya rezeg. A hang itt vibrato- és felhang-szegény, füttyyszerű, éles. *Hirschberg* és *mtsai* (2013) tanulmányukban a regiszter-átmenetnél a gégeizmok és a levegő áram szabályozott kezelését tartják döntőnek. Idézik *Sundberg* (1987) kutatót, aki „sebességfokozat váltáshoz” hasonlítja a regiszter átmenetet. A mell és középregiszterben a pajzs-kannaporc belső feszítő, hangrészáró (hangszalag saját izma), a gyűrű-pajzsporc külső feszítő, és a gyűrű-kannaporc oldalsó izmok dolgoznak, majd regiszterváltáskor ezek „feladják” a működést, ellazulnak és új mechanizmus

lép életbe. A hangszalagok teljes szélességű és vastagságú rezgése – a testes hang - a pajzskannaporc és a gyűrű-kannaporc izmok aktivitásának következménye. A pajzs-szegycsont izomnak a pajzsporc döntése révén a mély-fekvésű hangok képzésében van szerepe. A pajzskannaporc oldalsó izmok a hangjakak ellazítását végzik. Általában megállapítják, hogy az alsó regiszterből fölfelé haladva a regiszterváltás magasabb hangmagasságon történik, mint ereszkedő dallamnál. Ezt a jelenséget „hiszterézisnek” nevezik. Tárgyalják a regiszter-ugrás jelenségét is, ami jódlizásnál (osztrák, svájci népi éneklésmód) alkalmazott. Ilyenkor a hangszalag hosszán, feszültségén nem változtatva, a hangrésen átáramló légáram erősségét fokozzák hirtelen („átfúvásos módszer”). Így képzik a hirtelen kvint vagy oktáv hangmagasság-ugrást.

Echternach, Traser és Richter (2014) négy vezető tenor énekest vizsgáltak MRI készülékkel. Nemzetközi összehasonlítással énekesi szakterületük legjobb 20 énekesé közé tartoztak. A négy tenorista közül egyik dalt és oratóriumot, a másik lírai operai szerepkört, míg a harmadik és negyedik drámai szerepkört énekel. c1 (262Hz) és a1 (440Hz) hangmagasságok között énekeltek emelkedő dúr skálát [á, é, i, o, u, e] magánhangzókra a MRI készülékben fekvő. Hangfelvételt is készítettek, és a résztvevők saját véleményezése mellett, két szakértővel is ellenőriztették az alkalmazott hangadási módot. Csak azokat a felvételeket elemezték, ahol a regiszterben, vagyis a hangképzési mód megítélésében egyetértés volt. Először regiszterváltással (közép-falzett), majd regiszter-váltás nélkül, operai hangvétellel, kiegyenlítve énekeltek a skálát. A regiszter-átmenetet (passaggio) szakirodalmi tapasztalatok alapján e1 (329Hz) és f1 (349Hz) hangmagasságokon várták. Figyelték: ajaknyitást, állajtást, áll hátrahúzást, nyelvhat domborodását, garatszélességet, gége függőleges helyzetét, a gége billenését és a nyelvcsap (uvula) függőleges mozgását. Eredmények: operai hangvételnél nagyobb volt az ajaknyitás, az állajtás, tágasabb a garat és mélyebb a gégeállás, mint falzettnél. Az [á] magánhangzónál a színpadi hangvételnél az átvezető hangok fölött a nyelvcsap is jobban megemelkedett, mint a falzett hangadásnál. Drámai hangoknál fokozottabbak voltak az artikulációs változások, mint lírai hangoknál. A garat átmérője, öblössége magánhangzónként is eltérő volt.

A hangrés működés és a különböző éneklési regiszterek összefüggését vizsgálták *Herbst, Hess, Müller, Svec és Sundberg* (2015). Egy klasszikus képzettségű baritonnal énekeltek d1 (294Hz) hangmagasságon, [i] magánhangzót eltérő regiszterekben, nyomott és levegős hangadással, és különböző hangerővel. Vizsgálták endoszkóppal a hangrés működését. Készítettek hangfelvételt, EEG felvételt, valamint a szájnyomás alakulását is figyelték. A beszélő vagy az énekes a hangmagasságot, a hangerőt, a hangrés összetartó erőt, a hangszint

és a regisztert tudja tudatosan változtatni a toldalékcső alak és a gége működésének változtatásával. A hangforrás (hangrés) működését a hangrészár, a hangrést összetartó erő, a hangszalagok lüktetése, kilengése és a résáramlási hullámdiagram lecsengése jellemzi. A különböző regisztereknél a pajzs-kannaporc izomnak (musculus vocalis = a hangszalag saját izma) van döntő szerepe. A falzettnál, ellentétben a közép és mell-regiszterrel nem működik, nem feszíti a hangszalagokat, nem fokozza a légárammal szembeni ellenállásukat. Nyomott hangadásnál túl erős a hangrést összetartó erő, míg levegős hangadásnál a hangszalag élek hátsó szakasza nem zár. Ilyenkor a kannaporcok közti izmok és az oldalsó gyűrű-kannaporc izom működése nem elégséges. Az ideális, áramló, zengő, rezonáns hangadásnál a lehető legkisebb hangrés összetartó erővel valósul meg a teljes hangrészár. A képzett énekesek - úgy tűnik – képesek a hangrést összetartó erőt a hangrés működését befolyásoló egyéb paraméterek nélkül is szabályozni. Az áramlásos hangadásról állítható, hogy az energia hasznosítása a leggazdaságosabb, és a hangminősége is a legjobb. Mell-regiszterben erős a hangrést összetartó erő, és az alaphang, a felhangok száma nagy. A falzettnál lágy a hangrést összetartó erő, gyenge az F_0 , a felhangok száma kicsi, de erősek. Az áramlásos éneklésnél a hangrés alatti nyomással párhuzamosan változik a résáramlás. Eredmények: jelen kutatásban a hangrésműködés és a résáramlás hullámdiagramja között megfelelést találtak, míg a hangerő változtathatósága nem függött a regisztertől, sem a hangadási módoktól. Falzett regiszterben kisebb volt a hangerő, kisebb a hangrés alatti nyomás, és a résáramlási hullámdiagram lecsengése is. Nagyobb volt a hangszalag élek kilengése, az átlagos légáram és a H1 és H2 felhangok közti hangnyomás különbség is, mint a közép vagy a mell regiszterben. A hangerő növekedésével összefüggésben következetes növekedést találtak a hangrés alatti nyomásnál, a hangszalag élek kilengésénél, az átlagos légáramnál, és a H1 és H2 felhangok közti hangnyomás különbségnél is, regisztertől és hangadási módtól függetlenül. Itt is igazolódott, hogy a hangképzés a hangrésműködés tudatos szabályozhatóságát is segíti.

Összefoglalva: a klasszikus hangképzés évszázadok óta hangsúlyozott ideálja, a kiegyenlített hang. A regiszterek számától függetlenül, ennek elérése a klasszikus hangképzéssel szembeni elvárás ma is. A kiegyenlítés a hangszínre, a hangterjedelemre, a hang dinamikai, ritmikai, hangközugrási rugalmasságára és a magánhangzók képzésére is vonatkozik. A kiegyenlítés sarkalatos eszköze az átvezető hangok képzése. A különböző regisztereknél eltérő hangrésműködést is megfigyeltek.

2.8. Hangképzési elméletek, modellek

A hangképzési elméletek, modellek ismerete a hangbemelegítés szempontjából azért fontosak, mert az énekhang tudatos, célirányos kezeléséhez, műveléséhez segíthetnek.

Korábban – XX. század végéig - elfogadott elméletek a következők voltak: (1) mioelasztikus-aerodinamiás és a (2) neuromusculáris. Az (1) szerint a hangképzés öngerjesztett rezgés, ahol az energia utánpótlást a légáram biztosítja. A zárt hangrészt (fonációs állás) a megnövekvő hangrés alatti nyomás nyitja meg, majd a nyitás nyomán csökkenő hangrés alatti nyomás, és a résen kiáramló levegő, szívó hatása (Bernoulli) zárja össze újra. Ez a műveletsor ciklikusan ismétlődik. A (2) szerint a hangadást a központi idegrendszerből érkező polifázisos idegimpulzusok szabályozzák, és a légáramlásnak, csak a hangszalagok kilengésének irányításában, van szerepe. Ez utóbbi elméletet, amely lebecsüli a légáram szerepét később cáfolták (*Adorján, 1996; Rossing, 2007*).

Jelenleg az emberi hangképzésnek a tudományos köztudatban mindkét elfogadott elmélete a légáramlásnak és a léggel telt üregrendszernek is nagy jelentőséget tulajdonít. Mindkettő a gége és a fölöttes üregrendszer – toldalékcső – egymásra hatását magyarázza, értelmezi, modellezi. Mindkettőben a hangforrás a gége és benne a hangrés. Az egyikben a toldalékcső üregei szűrőként emelnek-, erősítenek ki részhangokat a gégében keletkező alaphangból, saját csengési (rezonancia) frekvenciájuk szerint. A másik elmélet viszont a toldalékcső üregeiben lévő levegő tehetetlenségének, vagyis ellenállásának jótékony visszahatását hangsúlyozza a gége működésére, és ezen keresztül a hangminőségre. A két elmélet átfedésben van egymással. Mindkét elméletben közös a hangforrás, a gége funkciója. A toldalékcső szerepének megítélésében van az eltérés. *Hirschberg* és *mtsai* (2013) a forrás – szűrő modellek három fajtáját különbözteti meg. A (1) lineáris modell: elsősorban a mély férfihangoknál ad ez a modell jó közelítést, ahol az alaphang (F0) és a H1, H2 felhangok jóval a magánhangzó formánsok hangmagassága alattiak. Eszerint a toldalékcső üregei nem hatnak a gége működésére, csak transzportálják (átviszik) a gégében keletkező hangot. Annak rezonancia frekvenciáihoz közeli részhangjait felerősítik. Ilyenkor a hangajkak közti nyomás jóval nagyobb, mint a toldalékcsőben lévő. Az (2) első szintű nem lineáris modell: ez a gyermek és magas női hangok leírására alkalmas, amelyeknél az alaphang és részhangjai is magasak és megközelítik a magánhangzó F1 formánsát. Eszerint a toldalékcsőből visszafelé terjedő léghullámok a hangrésben lévő légáramlást bordázottá, eltolódottá tehetik. A (3) második szintű nem lineáris modell: eszerint a toldalékcső nemcsak a hangrésben lévő légáramlásra, hanem a hangszalagok rezgésére is visszahat, befolyásolva a hangajkak közti

nyomást. Ez akkor következik be, ha a toldalékcsőben létrehozott szűkület – pl. a gégebemenetnél (epilarynx) - révén közeledik a hangrésben és a toldalékcsőben lévő nyomás egymáshoz. A hangadás akkor a leghatékonyabb, leggazdaságosabb, ha a hangrésben és a toldalékcsőben az ellenállások összehangoltak. Ez az előyös összhang a magánhangzó formánsok és az alap és felhangok hangoltságára is igaz, lásd szövegformálás (2.6.) fejezet összefoglalója.

Összefoglalva: azt látjuk, hogy az évtizedek során a modellek fejlődtek, finomodtak, különösen a toldalékcső hangforrásra gyakorolt visszahatását illetően. A hangforrás és a toldalékcső egymásra hatásának bonyolultsága miatt további változások várhatók a modellekben, és a nemi és hangfaji eltéréseket is finomítani kell.

2.9. Minőségellenőrzés

A hang – beszéd vagy ének – minősítése még mindig nem megoldott kérdés. A hangbemelegítés és hangképzés szempontjából is előnyös lenne tárgyyszerű, objektív egyezményes, kritériumok kialakítása.

Omori, Kacker, Carroll, Riley és Blaugrund (1996) 37 énekessel (14 szoprán, 7 mezzo, 7 tenor, 9 bariton) és 20 képzetlen énekessel (10 nő, 10 férfi) mondatokat és énekeltek tartott [á] magánhangzót, kényelmes hangmagasságon és hangerővel. A hangfelvételek hangképét vizsgálták Fourier transzformáció után, és öt szakértő hallgatóval is véleményeztették. A Singing Power Ratio=[2-4 kHz/0-2 kHz] (SPR= a jelzett hangmagassági sávokban jelentkező legerősebb felhangok hangnyomásának hányadosa) hányadost számították utána. Eredmények: a képzett énekeseknél a SPR szignifikánsan ($p < 0,01$) nagyobb volt, mint a képzetleneknél, mind éneklésnél, mind beszédnél. A képzésben eltöltött idővel is szoros összefüggésben volt az SPR. A négy évnél több és kevesebb képzésben részesültek SPR értéke között volt jelentős eltérés a hosszabb képzésben részesültek javára. A nemmel és az életkorral az SPR értéke nem függött szignifikánsan össze. A szopránoknál a többi énekeshez képest szignifikánsan ($p < 0,01$) gyengébb volt a SPR értéke. Az énekelte hangmagasság és a 2-4 kHz közti hangképi szakasz felhangsúcsának hangnyomása között szoros kapcsolatot találtak. A szakértő hallgatók két hét fokú liker skálán véleményezhették a felvételeket. Az egyik skálán a csengő-tompa, míg a másikon gazdag-vékony jellemzők között állapíthattak meg fokozatokat. A magasabb SPR értéket fokozott hangcsengésként hallották, míg „hanggazdagság” és SPR között nem találtak összefüggést. Az SPR alkalmasnak bizonyult a hangok minősítésére.

Larrouy-Maestri, Leveque, Schön, Giovanni és Morsomme (2013) az énekhang intonációs tisztaságának gépi és külső hallgató által végzett – objektív és szubjektív -minősítésének összevetését elemezték. 166 képzetlen énekessel énekeltették el a „Happy Birthday” ismert dalt. Az éneklés előtt kényelmes középfekvésük határhangjait elérve glissandot (hangcsúszást) énekeltettek velük fölfelé, majd lefelé. Ezzel hangi kapacitásuk felmérését és hangjuk bemelegítését célozták. A dalt természetesen, barátságosan és ünnepélyesen kérték előadni. Hangfekvés megválasztását a résztvevőkre bízták. A hangfelvételt fejre szerelt, az ajkuktól 2 cm-re lévő mikrofonnal rögzítették. A felvétel után a résztvevők maguk is értékelték hangadási pontosságukat, és felvételeiket 18 szakértő hallgató is véleményezte 9 fokú Likert skálán. Csak a hangmagasságok intonációs tisztaságát kellett minősíteni (nagyon tisztátalan-nagyon tiszta). Az akusztikai, objektív elemzéshez az énekelt szövegből kivágott 21 magánhangzó Fourier transzformációval előállított hangképében az F0-t és az első 10 felhangot nézték. Az intonációs pontatlanságok abszolút értékét, a hangköztorzulásokat, és a félhangnál nagyobb dallameltéréseket összegezték. Eredmények: a szubjektív és objektív értékelések 81 %-ban egybeestek, igazolva mindkét módszer létjogosultságát. Az objektív vizsgálatnál az intonáció ellenőrzésére a hangköztorzulások és a dallameltérések is beváltak.

Az énekhang minősítését vizsgálta *Forczmanski* (2015) is tanulmányában. Az emberi hang nagyon összetett jelenség. A hang beazonosítása, személyhez kapcsolása már sikerült, de a minősítése még nem teljesen megoldott. Szakértő hallgatókkal minősítik jelenleg, de ez a módszer szubjektív, bizonytalan. Műszerekkel történő minősítésnél két módszert alkalmaztak eddig: az intonációs pontosság ellenőrzését és a Singing Power ratio (SPR – hangi hatékonysági mutató). Az $SPR = \frac{\text{2-4 kHz közti legerősebb felhang hangnyomásának}}{\text{0-2 kHz közötti sáv legerősebb felhang hangnyomásának}}$ hányadosa. Ez a hányados az esetleges énekes-formáns megjelenését is jelzi és minősíti a hangot. A technikai eszközök érzékenysége az emberi fülét már jóval meghaladta. Ezekkel beazonosítható a hangadó személy neme, kora, egészségi állapota, hangulata, képzettsége. További lélektani elemek, érzelmi, indulati stb. üzenetek letapogatására, azonban csak az ember alkalmas az evolúció által kialakult különleges érzékenysége miatt. Jelen tanulmányban egy olyan algoritmust mutatnak be, amely derékszögű mátrixban ábrázolja hangfelvétellel felvett magánhangzó hangképét Fourier transzformáció (FFT) után. A hangmagasságot, a hangnyomást és az időt ábrázolják. Az elemzés három lépésben történik. Először a FFT hangképelemzésből nyert adatokat felmérik, előkészítik. Másodszor redukálják a paraméterek dimenzióit, ami azt jelenti, hogy a hangkép magas kiterjesztésű adatait alacsony kiterjesztésűre redukálják. Harmadik lépésben

elvégzik a besorolást, osztályzást. Végül statisztikai valószínűségi transzformációt alkalmaztak. Ez a módszer az énekes nemétől függetlenül bevált, és pontosabbnak bizonyult, mint az eddigi hangminősítési – az énekes hangadási fejlettségét értékelő - módszerek.

Összefoglalva: az énekhangok minősítésére a képzett hallgatók bevonása, és a hangfelvételek hangképelemzése egyaránt, olykor egymást kiegészítve alkalmazott. Az objektív, számszerűsített, fizikai elemzés megbízhatóbbnak bizonyult, mint a szakértő hallgatókkal történő minősítés. Az énekesek kategorizálására az előadói besorolást elterjedten alkalmazzák a tudományos irodalomban (*Dayme és Chapman, 2000*). A hangfaj meghatározásnál a hangterjedelem, az átlagos beszédhangmagasság, a kiáltási hangmagasság és a váltóhangok helye terjedt el. Véleményünk szerint fontos további ismérvei a hangfajnak a hangszín és a felszabadult nevetési hangmagasság is.

3. Hangegészség

A hangi egészség megőrzése, a hanghibák tudatosítása a hangbemelegítés és hangképzés alapvető követelménye. Alapos tárgyalása a kutatási témánkkal kapcsolatban is elengedhetetlen.

Az emberi hang károsodásának, fogyatékoságának okai három nagy csoportba sorolhatók. (1) Funkcionális eredetűek: túlterhelés alapú károsodások okai lehetnek erőltetett, nyomott, levegős hangadás, rossz beszéd vagy énekhangképzés, pihentetés nélküli folyamatos hanghasználat, rossz akusztikájú teremben hangos beszéd, éneklés. Funkcionális hiba eredete lehet rossz szülői vagy tanári hangképzési minta is. Erős háttérzaj melletti hangi igénybevétel. Énekeseknél nem az adottságokhoz illő repertoár. Egyéb környezeti okok: száraz, szennyezett levegő belégzése. (2) Egészségügyi, életviteli, organikus okok: gyógyszerek mellékhatása, légúti fertőzések, reflux, túlzott alkoholfogyasztás, kiszáradás, rendszeres dohányzás, rendszertelen életmód, lelkiállapotú tényezők, tudatmódosító szerek fogyasztása, életkorral vagy egyéb hormonális eltérésekkel összefüggő változások. Hangadási rendellenességnek lehetnek (3) szervi, öröklött okai is. A légzőszerv, a gége, a toldalékcső közötti anatómiai aránytalanság. Fejletlen, hátrahúzódo állkapocs, túl magas kemény szájpád, rosszul mozgó, renyhe, túl széles vagy túl keskeny lágyszájpad, kannaporcok közti szinteltérés. Érdeemes nagy énekmesterek gondolatait a témáról áttekinteni.

A hangproblémákat előre jelezhetik az alábbi jelenségek: a csökkenő hangi teherbírás, a hang használat közbeni fáradása, lerekedése, tompulása. A hang rugalmas kezelését igénylő – lágú hangindítás, halk éneklés, hangerő-fokozás és csökkentés, hangcsúsztatás, staccato hang,

hangkitartás, regiszterátmenet stb. – hangi műveletek nehézségei. A hangterjedelem szűkülése, a beszédhang hirtelen változása. (Altorjay, 2012c)

3.1. Összefoglaló tanulmányok hangegészségi elemzései

Dr. *Tóvölgyi Elemér és Sík József: Énekesek orvosa* (Budapest, 1907) című művükben énekesek számára összeállítottak egy tanulságos tízparancsolatot: „1. Ne kiabálj! 2. Kerüld a szeszt, dohányt mérték nélkül és a poros levegőt! 3. Maradj saját hangterjedelmednél és hangfajodnál. 4. Rendszeresen gyakorolj, de ne vidd túlzásba! 5. Válogasd meg énekmastered, növendék-gyümölcsei alapján! 6. Hengegésed nagysága=ostobaságod mértéke! 7. Ne éjszakázz, ne élj kicsapongó életet, inkább edzed testedet! 8. Ne a feltűnés, hanem a művészet iránti nemes rajongás vezéreljen! 9. Rossz színész az, aki a való életben is komédiázik! 10. Nem a színpad avat művésze, hanem a tehetség és a szorgalommal szerzett tudás!” (239. oldal) Tanácsaik központi indítékát az alábbi idézet foglalja össze: „Az énekhang teljes szépségében csakis addig maradhat meg, míg a test ereje és rugékonysága fennáll”. (168. oldal) A teljes test és az énekhang sportszerű karbantartását tartják elengedhetetlennek.

Mihályffy Irén (Kolozsvár, 1939): *Értekezés az énekhangszer kezeléséről és annak épségben tartásáról* című tanulmányában, az énekhang legveszélyesebb ellenségének a kemény hangindítást tartja. Ez átmenetileg megnövelheti a hangerőt, de a hangadó szerveket erőlteti és így a hang idő előtti pusztulását eredményezheti. Gégefájdalom esetén pihentetést, hallgatást javasol. Véleménye szerint ugyanakkor ének-technikai gondokon javítani sosem késő, türelemmel, kitartással. Már a XX. század harmincas éveiben észleli a nagyvárosi környezetszennyezés káros hatásait.

Kerényi Miklós György: Az éneklés művészete és pedagógiája (Budapest, 1985) összefoglaló munkájában a hangegészséget veszélyeztető problémák két csoportját részletesen tárgyalja. (1) Technikai eredetű hibák: eredményeként lehet hangkifáradás (fonosztézia), amikor rekedt, török, zörög a hang. Fáradékony, a hangmagasság tisztaságának megőrzésére nem képes. Eredete – *Mihályffyval* egyezően - kemény hangindítás, szorított gégetartás, elégtelen levegőkezelés lehet. (2) Organikus eredetű hibák: részletesen tárgyalja az organikus, szervi bajokat. Nátha esetén kétoldali orrfolyás, nyálkahártya duzzanat, tüszögés, fejfájás esetleg láz is jelentkezhet. Arcüreggyulladás egyoldali orrfolyás, arc, homlok, sőt szem-fájdalom is kísérheti. Garat és mandulagyulladásnál torokfájás, garathurut és nyelési nehézségek mutatkoznak. A légcsőhurutot rekedtség, köhögés, váladékozás és szegycsonti fájdalom, míg a hörghurutot a fentiekén kívül hát és lapocka fájdalom is jelzi. Gégegyulladás esetén a

hangszalagok ereztettek, belövelltek, duzzadtak. Nem tudnak rendesen megfeszülni, az éleik nem tudnak pontosan záródni és emiatt a hang rekedt, zörög, érdes. Ha a gyulladás a nyálkahártyáról a gégeizmokra is áttérjed, akkor a hangrés nem zár teljesen, és a zárlati kép asszimmetriája a szerint változik, hogy melyik gégeizom gyulladt. Az organikus bajok gyógyítása orvosi felügyelet és gyógyszeres kezelésen túl a hangpihentetés, sok folyadék fogyasztása, hirtelen hőmérséklet-változás kerülése, esetleg inhalálás. Betegség alatt az éneklés a hangszalagok túlműködtetésével jár, és megerőltetést, a beidegzések elfajulását eredményezheti. Az erős orrsövény-ferdülés a felső légúti megbetegedések gyógyulását nehezítheti, valamint okozhatja a hang dugult, orros csengését is. Ha orvosilag is indokolt a javítása, akkor az csak műtéti úton lehetséges.

Johan Sundberg: The Science of the Singing Voice (Az énekhang tudománya, Illinois, USA, 1987) című művében a hanghibákat eredetük szerint szintén két csoportra osztja. Szervi és nem megfelelő hanghasználatból származó hibák. Akkor lesz kellemes az ének és beszédhang is, ha a hangszalagok felszíne hűvösebb, mint az általános testhőmérsékletünk, és ezért a hangszalagok felszínén a belélegzett levegő páratartalma lecsapódik, és azokat nyirkosan rugalmasan tartja. Továbbá fontos, hogy a hangszalagok működése szimmetrikus legyen és így a hangrésben keletkező hangot örvényleválás, turbolencia eredetű zajok ne zavarják meg. A fentiekhez egészséges nyálkahártyájú, jó beidegzésű hangadó szerv, füst és pormentes környezet, megfelelő páratartalom szükséges. A jó énektechnikáról az a véleménye, hogy a nagy alkati, teherbírási, műfaji, ízlésbeli eltérések miatt egyedül üdvös megoldás nincs. A fokozatosság, rendszeresség, a megőrzött hangképzési és izom-működtetési rugalmasság olyan módszerek, amelyek biztos célba vezetnek, merev sablonok nélkül is.

Frint és Surján (1982) tanulmányukban orvosi szemlélettel és részletességgel tárgyalják a hangegészségi kérdéseket. A hangsípolás oka tökéletlen (hipotóniás=tónustalan, renyhe), vagy túl feszes (hipertóniás=feszült) hangrészár, amikor a hangrésben keletkező örvénylés a magas frekvencia sávban zörejhangot hoz létre. Rekedt és nyomott hangnál elmosódott formánsávok - hangképben jelentkező energia kiugrások - láthatók a hangképen, mert szabálytalan a hangszalagok rezgése. Különösen 5 kHz fölött erősödnek fel a zörejjösszetevők, és magas magánhangzóknál [e, i] kifejezettebben.

A rekedtségnek négy fokozatát különböztetik meg, a hangképben mutatkozó zörejtartalom szerint: (1) enyhe, (2) könnyű, (3) közepes, (4) súlyos. Az (1) enyhénél, a formánsoknál zörejek is megjelennek. A (4) súlyosnál már a magas és a mély magánhangzóknál is a zörejek „felemésztik” a formánsokat. Hiperkinézis (túlmozgásos) esetén a magas felhangok frekvencia sávja kiszélesedik, míg hipokinézisnél (izomrenyheség) a felhangok száma

lecsökken. Heveny gégehurut oka lehet nyálkahártya duzzanat, vérbőség, szárazság, vagy hangszalagerek átmeneti lekerekítettsége. Idült rekedtségnél a fenti tünetekhez társulhat hörgő, légcső, mandula vagy felső légúti gyulladás is. Rekedtséget okozhatnak külső nyálkahártya izgató hatások is: dohányzás, alkohol, poros, légszennyezett környezet stb. Dohányos nőknél gyakori az Reinke-ödéma, amikor a hangjakak kötőszövetes rétegében keletkező vizenyő, duzzanat miatt, mélyebb, fátyolos, rekedt, durva lesz a beszédhang. Hangszalag-bevérzés oka kiabálás, hangtúleröltetés. Ilyenkor a hang fátyolos, fénytelen, és a hangterjedelem is beszűkül. Működési – funkcionális – hanghibáknál is megkülönböztethetünk hiperfunkciós (hangképző izmok túlzott összehúzódása), és hipofunkciós (elégtelen izomműködés) változatot, amelyek oka leggyakrabban a túleröltetés. Előfordul, hogy a hangszalagok szerepét álszalagok veszik át. Működési oka lehet túleröltetés, vagy hangrést működtető izmok kifáradása. Organikus oka hangszalag műtéti eltávolítás miatti hiánya, vagy pl. tbc-s folyamat miatti hegesedése. Ilyenkor préselt, mély, rekedtes hangot tud csak képezni az érintett személy. Részletesen ismertetik a szerzők a funkcionális hangképzési hibákra – hangkifáradásra - javasolt gyakorlatokat. Hangdiéta (hallgatás), a megfelelő beszédhangmagasság – nőknél g-e1(G3-E4) férfiaknál G-e (G2-E3) - beállítása indulatszavak, ásító hangok mondatásával, hosszú, monoton olvasással. Szükség esetén gyógyszeres kezelés és lúgos és sós inhalálás.

Légzésgyakorlatoknál belégzés után [s, sz, f] mássalhangzók ejtése kilégzéskor, és a kilégzési idő fokozatos meghosszabbítása.

Helyes rezonancia gyakorlása zümmögéssel, [m, n, ny] mássalhangzókkal képzett szótagok, majd szavak mondatása, a rezonanciát, vibrációs–masszázst, az ajkakon és az orrháton keresve. Izomlazító gyakorlatok az állon, a nyakon, pl. rágógyakorlatokkal, valamint a gégeváz függőleges mozgásának nyugtatása, mérséklése. Végül a lágyszalag hangindítás, és a hangerővel való játék gyakorlása. Segíthet a helyes hangképzés megtalálásában az is ha, a páciens önhallását leárnyékoljuk háttérzajjal, vagy nyögési és köhögési próbával kísérletezünk.

Előforduló hangképzési zavar az orrosság is. Lehet zárt, amikor valamilyen akadály van az orrjáratban, vagy az orrgaratban. Lehet nyílt, amikor nem megfelelő a lágyszalag zár. Leginkább magas nyelvállású, zárt magánhangzóknál – [i, u] - érezhető. A kevert változatnál a nazális mássalhangzók tompán, az összes többi orrosan cseng. Javítása organikus eredetűnél műtéttel, funkcionális eredetűnél lágyszalag torna, lágyszalag masszázsa (éhgymorral, beszéd közben a lágyszalagot hátra és felfelé nyomkodjuk újjal vagy műszerrel). Zöngétlen ajkak és nyelv zárhangzók gyakoroltatása, ajkak és nyelvtorna. Fúvási gyakorlat hosszú időn át,

eleinte befogott orral. Pofafelfújás és a felfújtt pofa-léggömbbel való „labdázás”, játék, gargarizálás (Frint, 1982).

Nádor Magda (Budapest, 2004): Nem egyformán lélegzünk! című tanulmányában a légzéstípusok kapcsán kifejti, hogy a tartós hang egészség megőrzése érdekében mindkét típusnak az aktív légzési szakaszát kell erősíteni, rugalmassá edzeni. Fontos a testtartási különbségek tudatosítása is. A „kilégzők” a bal oldalukra terhelten, fokozott gerincgörbülettel, enyhén behajlított térdel, akár magas sarkú cipőt hordva is szeretnek állni, míg a „belégzők” a jobb oldalukra terhelnek, fejüket felemelve, egyenes térdel, hasukat kidomborítva, lapos sarkon. A testtájak hőmérsékleti zónákra osztása is kapcsolódik ehhez az elmélethez. A kilégzők meleg testtájai a fej, a nyak, a csípő, amik érzékenyek és ezek melegen tartása fontos számukra. A belégzőknek épp ellenkezőleg ezek a hideg testtájai, ezért nekik a felsőtestüket és a végtagjaikat kell melegen tartaniuk. A kilégzőknek a száraz, hűvös, míg a belégzőknek a nyirkos, meleg környezet az előnyös. Ezek alapján a kilégzőknek kevés folyadékot és sok szénhidrátot kell fogyasztaniuk, míg a belégzőknek sok folyadékot és sok állati zsiradékot. Az elmélet szerint a fenti járulékos észrevételek betartása is szükséges a tartós testi egészség és így a hang kondíciók fenntartásához.

Richard Miller: Solution for Singers (Oxford, 2004), összefoglaló művében a hang edzettséget, jó énektechnikát és a sportszerű életmódot tekinti a hang gondok megelőzéséhez a legfontosabb eszközöknek. Az énekesnek szerinte egyenesen „énekes atlétává” kell válnia. Fontos a helyes testtartás és a légzésben közreműködő izmok karbantartása. Hátrányosnak tartja a túlsúlyt, ami a levegővételt és a levegő beosztását nehezíti és a hang vibrációjának szabályosságát rontja. Az éneklés közbeni meleg ital fogyasztását előnytelennek tarja és a folyadékpótlásra a megfelelő időpontot az éneklés előtt vagy után javasolja. A betegségekkel kapcsolatban az énekes körökben közismert szólásra utal: a megfázás gyógyszer nélkül 7 napig, míg gyógyszerrel egy hétig tart. Luigi Ricci (1893-1981) híres énekmester tanácsát idézi: „Csak akkor tarts szünetet, ha túl beteg vagy ahhoz, hogy énekelj!”. Mind a nőknél, mind a férfiaknál a hormonális változások, valamint a hang adottságok tiszteletben tartását kiemeli (Altorjay, 2010).

Meribeth Bunch Dayme: Dynamic of Singing Voice (Springer, 2009) című tanulmányában részletesen tárgyalja a hangegészséggel kapcsolatos témákat.

Életmóddal összefüggő hibalehetőségek: a táplálkozásnál elengedhetetlenek tartja a vegetáriánusoknál is az aminosavak pótlását, a szénhidrát, a rostok, a vitaminok, az ásványok mellett. Az esetleges túlsúly leadásához a sportszerű testmozgást tartja jó megoldásnak, ügyelve arra, hogy a test ne gyengüljön le. A sportokból a vízfelszíni úszást javasolja, míg a

súlyemelést nyak és a hangszalag saját izmára gyakorolt káros hatása miatt nem ajánlja. Az énekes kerülje a füstös, poros, zajszenyezett helyiségeket. Lélektani, stressz eredetű rekedtség is előfordulhat, amin az okok tudatosítása, a figyelem elterelés, kellemes légkör megteremtése, nevetetés segíthet. A kábítószer, az alkohol, a nyugtatók a központi idegrendszerre hatnak, ezért befolyásolják az érzelmi és szellemi érzékenységet, éberséget, frissességet, csökkentik az önkontrollt, pedig énekes előadás, fellépés alatt éppen ezeknek kell felfokozott állapotban működniük. Az izmok rugalmas működését is lerontják. Az alkohol és a nyugtatók, a dohányzás, a füst, a poros levegő szintén szárítják a légutakban a nyálkahártyát. A dohányzás pusztítja a légúti sejteket, a hörgő csillószőreit, nem beszélve arról, hogy gége és tüdő daganat valamint szívbetegségek okozója lehet.

Betegség, fertőzés következményei: enyhe felső légúti fertőzések, megfázás esetén, amikor még szintelen az orr és garatváladék, akkor óvatos gyakorlást javasol. Torokfájás, vagy sűrű orr és/vagy torok-váladékozás esetén azonban már pihentetés és orvosi kezelés válik szükségessé. Hosszú hanghasználat esetén a hangfáradtság, rekedtség természetes. Azonban ha pihentetés, alvás után is megmarad akkor hangi túlműködésre, technikai hibára lehet gyanakodni. A hangadásban közreműködő izmok működési zavara nehezen észlelhető, gyógyítható, tartós rekedtség és hanglöttyögés – szabálytalan vibráció – jelezheti. Cukorka szopogatásával is nyirkosan tartható a torok, a garat, de a nyálkahártya kiszáraitását kerülni kell. A hurut ösztönös eltávolítása durva köhögéssel, szintén károsan terheli a hangszalagokat. Az inhalálás a legkíméletesebb, a legcélszerűbb. Hangpihentetés során a beszéd-től is tartózkodni kell. Sok folyadékot célszerű fogyasztani, hogy a fáradt nyálkahártya által termelt nyák, hurut, híguljon, ürüljön.

Technikai hibalehetőségek: túlzott izomműködés a gégében, a gége környékén (nyomás, szorítás, feszítés), túlzott hangrész alatti nyomás (erőltetés, préselés), durva hangindítás (a hangszalag élek összeütése) stb. Ez utóbbi hiba rendszeressé válásának következménye lehet a hangszalag éleken szimmetrikusan keletkező csomó.

Organikus okok: komoly veszély egy énekes számára, ha rendszeresen szenved allergiától. Amennyiben idejének nagy százalékában akadályozza a hanghasználatot, akkor inkább pályamódosítást javasol a szerző. Állandó hőmérsékleten tartózkodás és A, B, C-vitamin rendszeres bevitele javasolt. Hölgyeknél havi vérzés idején a megduzzadt, ödémás hangszalagok miatt erőtlenebb, tompább, akár rekedt is lehet a hang. Ilyenkor óvatos használat, vagy pihentetés a célszerű. Fiatal tinédzserek, fiatal hölgyek által fogyasztott férfi hormon tartalmú fogamzásgátló készítmények hátrányosan befolyásolhatják, mélyíthetik a fejlődő hangot. Hölgyeknél változó korban esetleg alkalmazásra kerülő hormonkészítmények

hatását is számításba kell venni. Sebészi beavatkozás előtt az énekesnek érdemes konzultálni az altató orvossal is. Az altatás, intubálás károsíthatja a hangszalag-éleket, de a fejlett műtéti eljárások – lézer és micro sebészet - képes heg és forradásmentes sebgyógyulásra. A lábadozás alatt, azonban szigorú hallgatás és fokozatos terhelés javasolt.

Hanghasználat, képzés hatása, lehetőségei: kiemeli a szerző, hogy az énekhang terhelhetősége edzett hangú, profi énekeseknél sem korlátlan, egyéni terhelhetőségét tiszteletben kell tartani. Mindig hasznos lehet egy „énekmester” ellenőrzése, útmutatása és a technika állandó csiszolása, még tapasztalt énekesnél is, mert az ember nem a legjobb, legfüggetlenebb bírója önmagának (Dayme, 2009).

Összefoglalva: az összefoglaló tanulmányokból kiemelendő, hogy az énekhang fokozatos, türelmes edzését, az ideális hangműködést biztosító énektechnika elsajátítását javasolják. Fontos az egyedi adottságok tiszteletben tartása, és a repertoire ennek megfelelő kialakítása. Többen hangsúlyozzák a kemény hangindítás veszélyét. Általános a tanulmányokban az énekes sportszerű életmódjának hangsúlyozása is.

3.2. Különféle hanggi terhelések hatása

Túlzott igénybevétel hatását vizsgálták *Enflo, Sundberg és McAllister* (2013) 10 személy bevonásával. Öt fő képzett énekes volt, öt fő pedig sosem részesült énekesi képzésben. Mindkét alcsoportba 1-1 nő és 4-4 férfi tartozott. A hangadáshoz szükséges küszöbnyomást (PTP=phonation threshold pressure), a hangszalagok ütköztetéséhez szükséges küszöbnyomást (CTP=collision threshold pressure), valamint a hangrés alatti nyomást (SGP=subglottal pressure) – amit az ajkaknál mért léglökésből származtattak – vizsgálták. EEG-t és hangfelvételt is készítettek terhelés előtt, és 20 percig tartó hanggi terhelés után. Az EEG jelaktivitás hangadáskor jelentkezik, így ennek induló és záró jeleinek helyén mért SGP-ből származtathatók a PTP és CTP nyomásadatok. A résztvevők maguk is véleményezték hanggi állapotukat terhelés után. A terhelés során folyamatosan legalább 80 dB hangnyomással kellett az [á, é, i, ó, ú] magánhangzó sorozatot ismételtetniük. A terhelést megelőző és követő felvételnél minden résztvevő számára kényelmes középfekvésben [pá] szótagot kellett énekeljenek dúr hármashangzat fokain. Középerős (mezzoforte) hangerőtől halkítva (diminuendo) a teljes elhalkulásig, háromszor. A felvétel során ülve énekeltek, hangszigetelt fülkében. A vizsgált nyomásértékek növekedése a hang kifáradására utalnak, mivel ha a hangszalagok magasabb nyomáson működtethetők, akkor az a merevebbé válásukat jelzi. *Eredmények:* a vizsgálat során a képzett énekeseknél, a képzetlenekkel

ellentétben, a terhelés nem okozott hangkifáradást, sem károsodást. A mért adatokkal a résztvevők saját megítélése összhangban volt.

Hangegészség kapcsán utalunk *Sandage* és *mtsai* (2013) által végzett kutatásokra, a fizikai terhelés, a légzés és a gégeműködés összefüggésének megfigyelésére. Fokozott fizikai terhelés hatására a gégeműködés fokozódása szignifikánsan ($p=0,019-0,001$) igazolódott. Az éneklés is ilyen terhelést jelent, így összefüggésben van a gége terhelhetőségével és a tüdő légkapacitásával. Egy ilyen előzetes terhelés az énekesi tanulmányok megkezdésekor is hasznos lehet, valamint igazolja, aláhúzza a légzőkapacitást csökkentő szokások, pl. dohányzás káros következményét.

McHenry, Evans és *Powitzky* (2015) profi énekesek hangját vizsgálták előadás előtt és az előadás másnapján. Három szoprán, két mezzo, három tenor és két bariton vett részt a vizsgálatban. Az előadás napján délelőtt 25 perces, majd délután további – a délelőttivel azonos felépítésű – hangbemelegítést végeztek. A bemelegítéseket ásító-sóhajtó gyakorlatokkal kezdték, ajak-pergetéssel, zümmögéssel folytatták. Ezután emelkedő és ereszkedő dallamokkal, végül oktáv távolságon akkord-felbontásos gyakorlatokkal zártak. A délutáni, ismételt bemelegítésnél a fenti gyakorlatokat a szerepek nehéz részleteinek éneklésével egészítették ki. A bemelegítést követően [pi] szótagsorozat hangfelvételét készítették el beszélve és a felső váltóhangok közelében teljes hangerővel énekelve. Eközben maszkot viseltek, hogy mérhető legyen a hangadás közbeni légáramlásuk. A hangfelvételeket közvetlenül az előadás előtt, közvetlenül utána és egy nappal az előadás után is megismételték. Az előadás előtt három órával stroboszkópos hangrés-vizsgálatot is végeztek a résztvevőknél. Az előadást követő napon bemelegítés nélkül ismételték meg a felvételeket minden énekessel. Az előadási teljesítményeiket szakértő hallgatókkal is véleményeztették. Nézték a hangadási küszöbnyomást (PTP), a hangrés alatti nyomást (SGP), a légáramlást a hangadás alatt, a gége ellenállását és az átlagos hangnyomás szintet. Eredmények: mindkét nemnél – a kiegyenlített hangú teljesítményt nyújtóknál - az előadást követően megnőtt a légáramlás a hangadás alatt és lecsökkent a gége-ellenállás. Az átlagos hangnyomás a nőknél előadás után és az azt követő napon is egyenletesen nőtt. Stroboszkópos vizsgálattal allergiás tüneteket láttak a hangszalag-éleken, kóros elváltozás nélkül elsősorban a férfiaknál, a nőknél kevésbé jelentkeztek ilyen tünetek. A szakértők előadás közbeni megfigyelései a felvételek elemzésével összecsengő jellemzést adtak. Alábbi minősítő kategóriákat adhattak a szakértők: levegős, hibás, túlműködéses, mérsékelt, jó, erős, kiegyenlített. A kutatók arra következtettek, hogy indokolt az énekhang vizsgálatánál több paraméterre is összpontosítani, és javasolták az előadás utáni napon a hangok regenerálódása érdekében a pihentetést.

Összefoglalva: az ismertetett kutatások alapján igazolódott, hogy a hivatásszerű hangterhelések káros hatása hangképzéssel csökkenthető. Célszerűnek tűnik az előzetes pályaalkalmassági vizsgálatot a hangterhelésre is kiterjeszteni hivatásos hanghasználóknál. Hivatásos hanghasználók közül – tanárok, színészek, hivatalnokok, énekesek – az énekesekre összpontosítva kiemelendő, hogy a próbatermi szellőzés, zajterhelés, promontesség nagyon fontos. A próbák közti pihenőidő és az előadások utáni pihenőnap betartása is indokolt. Megbízható külső megfigyelő tanácsai természetesen elengedhetetlenek, mivel a saját fül – belső hallás - és a külső fül benyomásait egyeztetni kell. Technikai zavarok elkerülésére fontos az egyéni adottságok tiszteletben tartása, és elengedhetetlen a fokozatos, rendszeres munka, a technika állandó csiszolása. Segíthet az is, ha megfelelő tapasztalatok birtokában az énekes tanítani is kezd. Ilyenkor saját hangműködésén túl általános technikai, fiziológiai, lélektani tartalmakat is tisztázni kell. Erre az alapra rakódhatnak rá az egyéni eltérések – mivel minden növendék más-más alkati és személyiség jegyekkel rendelkezik - adta értékes tapasztalatok. Az éneklést „felnagyított beszédnek” is minősíthetjük, ami a technikai elemek összehangolt, arányos felnagyítását jelentheti csak, ahol egyik összetevő – hangerő, magánhangzó túlsúly, a hang öblösebbé, testesebbé tétele, fedés, sötétítés (lásd 2.7. fejezet), vibrálás, mássalhangzók rágása, hehezetes hangindítás, vágóssá, fémessé élesítés stb. - sincs túlhangsúlyozva, nem válik technikai manírrá, modorossággá, indokolatlan technikai szokássá. A jó éneklés, szép éneklés („bel canto”) szerintünk történelmi kortól, ízléstől, műfajtól, stílustól függetlenül is meghatározható. Leginkább a természetes hangadás közelíti ezt meg. Elsajátítása alapadottságokat, nagy kitartást, igényességet, elhivatott készletettséget, zenei érzékenységet és évekig külső segítséget is (énekmester) igényel (Altorjay, 2012c, 2013a).

4. Hangbemelegítés és a képzés hatása

A hangképzés sarkalatos kérdése a hangbemelegítés, amely szerencsés esetben minden énekesi megszólalást megelőz. Általánosan elfogadott, hogy a bemelegítés hasznos, de pontos légáramlási és biomechanikai értékekkel még ez nincs igazolva. Tekintettel arra, hogy az énekléshez a testünket használjuk, így mint egyéb testmozgásoknál az előzetes bemelegítés, lazítás, nyújtás elengedhetetlen. Kutatási témánk is arra irányul, hogy a hangbemelegítéssel kapcsolatos kérdések tisztázását segítse.

A szakirodalomban sokféle bemelegítő gyakorlatot ismertettek már. Általában jellemző, hogy a gyakorlatok valamilyen célra irányulnak: - hangterjedelem növelése, - hang előre csengetése/hozása, - regiszter-átmenetek gyakorlása, - intonáció javítása, - rezonancia

kiegyenlítése, - dinamikai rugalmasság gyakorlása, - légzési kapacitás növelése, - testtartás-javítása, - áll-lazítás, gége környéki izmok bemelegítése. Tudatosan, következetesen felépített énekes-képzés - rendszerességet feltételezve - az évek során fokozza és összegzi a bemelegítések hatásait, céljait és kifejleszti a célzott kiegyenlített hangot. Ez lenne a klasszikus hangképzés több évszázada kialakult, elfogadott ideálja. A kiegyenlítés az énekhang minden ismervére vonatkozik: hangterjedelemre, regiszter-átmenetekre, hangszínre, felhanggazdagságra (rezonanciára), dinamikai rugalmasságra (pl. *messa di voce* formálása), levegő-kezelésre, levegő-beosztásra, hangmozgékonyagra, magánhangzók színére, szövegérthetőségre. Néhány példa a szakirodalomból: - dúdolással a tiszta intonáció, a könnyed hangadás, hangáramoltatás, a hang elől („maszkba”) csengetése fejleszthető.

A hangterjedelmet futó skálákkal, glissandos (hangcsúszkálás) skálákkal, akkord-felbontásos ugró skálákkal tágíthatjuk. *Messa di voce* (tartott hangon erősítés, majd halkítás) gyakoroltatásával, a hang dinamikai rugalmassága alakítható. Légzésgyakorlatokkal a légkapacitás, levegő-beosztás fejleszthető. Hangindítás gyakorlásával a lágy hangindítás javítható. Fontos, friss módja a hang bemelegítésnek és hanggyógyításnak a „részben-zárt toldalékcsoves” gyakorlatok csoportja. Ezekkel a toldalékcso ellenállását változtatva a hangrés működésére is visszahatunk, erősítve ezzel a hang felhangjait, rezonanciáját. Természetesen a hangbemelegítés és képzés nem csak a technika csiszolására irányul, hanem az énekelt zene szerkezetének, a szöveg értelmének feltárására is. A hallgató zenei és művészi ismereteinek bővítésére is folyamatosan szükség van. Fejleszteni kell az előadó lélektani, stressz és érzékenységi teherbírását is. Ez utóbbiak kifejtése azonban nem célja ennek a fejezetnek. A bemelegítési módok nagy változatosságát ismerteti a szakirodalom, az egyén napi hang igényeitől és az előkészíteni kívánt énekesi feladattól függően. A terjedelme 15 és 30' között mozog. A rendszeres hangképzés elején fokozatosan nő az időtartama, a hang teherbíró képességének javulásával. Később és profi időszakban általában lerövidül a hang edzettebbé válása, valamint a gyakorlatok kipróbált célirányossága, egyénre szabott hatékonysága miatt. Kimerítő sosem lehet. Csak addig hatékony, míg a hang rugalmasságát, frissességét, hamvasságát nem veszélyezteti (Altorjay, 2012d).

4.1. Énekmesteri tanácsok

Ezen fejezet elején néhány nemzetközi hírű, tekintélyű, XIX. századtól napjainkig működött, énekmester nyomtatásban fennmaradt gondolataiból idézünk, hangképzésről, hangbemelegítésről.

Elsőként Giovanni Baptista *Lamperti* (1839-1910), olasz énekmester gondolatait idézzük, amiket William Earl Brown nevű növendéke jegyeztet le, és jelentette meg *Vocal Wisdom* címen 1931-ben. Gondolatai: „Ha megtaláljuk saját hangunkat magunk, vagy egy mester segítségével, akkor nem kell keressünk egyéb módszert” (22. oldal). „Ez egy hosszú út, de megéri” (83. oldal). „A képzésnek fegyelmeznie kell, de nem fojthatja el a személyiséget” (84. oldal).

Mathilde *Marchesi* (1821-1913) – Londonban működő híres énekesnő és énekmester volt. Gondolatai: „A kezdőknek 5-10 perces gyakorlás kell, hosszú szünetek után napi 3-4 alkalommal. A gyakorlásra szánt idő fokozatosan növelhető öt perccel fél óráig” (XV. oldal). „Annak érdekében, hogy fejlődjön a hangerő, a hangterjedelem és a hang kiegyenlítetttsége, és a regiszterek összekapcsolása, a skálákat teljes hanggal kell gyakorolni, de erőltetés nélkül és elkerülve a kiabálást”. „A növendéknek egy alkalommal csak egy akadályt kell bemutatni”. „A fül utáni tanulás módszere különösen veszélyes”. „Ezért a növendéknek a legelső leckétől kezdve az elemzés szokását kell ápolni, vagy a gyakorlatok értelmi előkészítését, mielőtt elkezd azokat énekelni” (XVI. oldal; *Marchesi-Miller*, 1887/1970).

Mihályffy Irén (1882-1950) – Kolozsvárott működött a XX. század első felében. „A mai kor gyermekével meg kell szeretetni az éneket” (3. oldal). „Eszerint pedagógus, csakis jól elkészült, gyakorlatot szerzett, csakis ennek a munkának élő, emberszerető – tehetséges zenész legyen, kinek érzékeny megfigyelő képessége és ugyanannyi türelme van” (12. oldal). „Nincs két egyforma gége s két egyszínű hang, tehát akkor mit kezdhetek egy módszerrel, annyi különböző építkezésű gégénéél?” (15. oldal) (*Mihályffy*, 1939, In: *Szabadyne*, 2005, 63-67.).

Kerényi Miklós György (1913-1988) budapesti énekmester, kiváló, tudományos alaposágú könyvben foglalta össze gondolatait. A hangképzési folyamatot két főszakaszra bontja. A helyes hangadásra való nevelésre – a technika, a hangadás gazdaságossá tétele, edzés, salakosságok kiszűrése – és a művészképzésre. Határozott különbséget tesz a szép hang (testi adottság) és a jó hang (természetességhez visszatárlt, kiművelt) között. Az énektanításban szerinte, kezdettől fogva a zenén keresztül kell a technika csiszolását is megoldani. Művészé az válhat, akit képzelőereje, érzelmi emlékezete, fantáziája is segíti (*Kerényi*, 1985).

Adorján Ilona (1911-2004) eleinte Kolozsvárott, majd Budapesten működő nemzetközi hírű énekmester gondolatai: ahhoz, hogy a tehetség teljes gazdagságában bontakozhasson ki egyéni adottságokra szabott módszer, alkalmazkodó módszer szükséges. A növendék funkcionális hallását (hiteles belső hallás) állandóan fejleszteni kell, mert ez az önállóságának

feltétele. A növendék számára állandó visszajelzéssel kell élni, hogy a belső érzetei kialakuljanak, önállósága fejlődjen (44. oldal; *Adorján, 1996*).

Összefoglalva: az énekmesteri tanácsokból kiemelhető, hogy a technikai fejlesztés mellett az előadó személyiség kibontakoztatása, a helyes önhallásra alapozott önállóság és az énekesi feladatok elemző, értő megközelítése a bemelegítések és a hangképzés összetett célja.

4.2. Újkeletű kutatások ismertetése

Elliot, Sundberg és Gramming (1995) igazolták, hogy a hangbemelegítés jótékonyan hat, növelve a hangszalagok vérellátását, csökkentve belső súrlódásukat.

Jacobs és Kenny (2005) vizsgálatával szintén a hangbemelegítés jótékony hatására mutatott rá. 10 profi szoprán énekelt 12 ütemnyi részletet Puccini „O mio babbino caro” című áriájából (G. Puccini: Gianni Schicchi – Lauretta), valamint [i] magánhangzón öt hangból álló ereszkedő skálát a hangterjedelmük legmélyebb és két oktávos emelkedő, akkordfelbontásos skálát a hangterjedelmük csúcshangjának elérésére. A c2 (C5) hangmagasságon pedig „messa di voce”-t kellett énekeljenek, nem meghatározott hosszúsággal. A hang feladatok előtt az énekesek tanáraik segítségével bemelegítettek. A fent ismertetett feladatokat háromszor ismételték meg. Közvetlenül a bemelegítés után, az orrjárat érzéstelenítés után és végül miután az orrjáratukba bevezették a száloptikás vizsgáló kábelt. A felvételek akusztikai elemzése kiterjedt: hangterjedelemre, hangképi burkoló görbére (Long Term Average Spectra, LTAS), az énekes-formáns hangnyomására, a vibrato lüktetésére és kilengésére, és a hang zavarok paramétereire (hangmagasság remegése = jitter, hangerő ingadozása = shimmer, zajtartalom = NHR, Noise plus Harmonic ratio). A felvételeket 4 fős képzett hallgatói csapat is minősítette hangcsengés, vibrato, hangszín, könnyedség, és légyszájpad garatzár mértéke szerint. Ez utóbbi jellemzéssel a száloptika miatt esetlegesen megjelenő orrosságot akarták felmérni. Az eredmények szerint sem az orrjárat érzéstelenítés, sem a száloptikás vizsgáló kábel felvezetése nem okozott hangminőség változást tanáraikkal történt bemelegítés után. A képzett hallgatói csapat nem érzékelt orrosság fokozódását az énekhangokban száloptika felvezetése után. Bár az orr és melléküregek szerepe a nem nazális magánhangzók képzésébe éneklés közben a szakirodalomban köztudottan vitatottak, jelen eredmények értelmezhetők úgy is, hogy az orrjárat kisebb légyszájpad zárlati elégtelensége még nem okoz feltétlenül hallgatók által érzékelhető orrosságot az énekhangban.

McHenry, Johnson és Foshea (2009) kétféle, egy hét különbséggel végzett, hangbemelegítő gyakorlat hatását vizsgálták. A tornagyakorlatokkal (aerobik) társított bemelegítés a nőknél

csökkentette a hangadáshoz szükséges légcsőbeli küszöbnyomást, míg a férfiaknál a felhangdússágot javította.

Gish, Kunduk, Sims és McWhorter (2012) világhálós kérdőívvel mérték fel USA-beli énekesek bemelegítési szokásait. Az általános időtartam 5-10 perc. A nők rendszeresebben és hosszabban melegítenek. Általánosak a kvint és oktávos kötött gyakorlatok. Ritkán használnak staccato (szaggatott), messa di voce (küldött hang), nazális és ajakpörgetéssel változatokat. Sokan vegyítik izom, légzés és testtartás-javítással a bemelegítést.

Laukkanen, Horacek és Havlik (2012) egy beszéd-edző nőt és egy musical énekes férfit vizsgáltak MRI készülékkel hangbemelegítés előtt és után. A hölgy nazális mássalhangzók és zárt, ajakkerekítéses magánhangzós szótagokkal [m, ny, u, ü] melegített, míg a férfi gyors rímeket mondott egy szuszra. Bemelegítés előtt és után is az [á, i, u] magánhangzókat tartották 20 sec-ig kényelmes hangerővel és beszéd-hangmagasságon. A hangfelvételek FFT (Fourrier transzformáció) képét elemezték és figyelték MRI-vel a toldalékcso változásait. Eredmények: a hölgy a garat-bejárat nyitására és a nyelv elülső, lapos helyzetére törekedett. A férfi a gége süllyesztésére. Mindkét résztvevőnél a garattér öblösebbé válását tapasztalták. Ezzel mindkettőjükénél nőtt hangnyomás szintje, nőtt a toldalékcso térfogata. A hangképen megerősödött az énekes - ill. a beszéd-formáns és süllyedt a magánhangzók formánsainak hangmagassága. Azt tapasztalták, hogy az énekes-formáns képzéséhez nem szükséges a gégebejárat és a garatátmérő, magas 1/6-os aránya, hanem kisebb aránynál is képezhető.

Yiu, Chen, Lo és Pang (2012) kimutatták, hogy a csengetett, zengő hangadás esetén, az arccsontokon és az orrnyergen is fokozott a lüktetés érzet, ami a hangbemelegítéseknél is hasznos visszajelzés.

Moorcroft és Kenny (2013) 12 klasszikusan képzett énekesnővel énekeltek 8 ütemnyi részletet bemelegítés nélkül és 25'-es bemelegítés után. Az énekesek saját maguk és hat tapasztalt hallgató is véleményezte a felvételeket, hangi bemelegítettség következtében alakuló hangminőség és a vibrato milyensége szerint. A hangminőségnél a hang teltségére, fényességére, vivőerejére, az intonáció tisztaságára és a zenekari kíséreten történő átcsengésére figyeltek. A vibratot a szabályosságával (lüktetési és kilengési) jellemezték. A kísérlet eredményeként kiderült, hogy a résztvevők saját hangjuk minőségének változására érzékenyebbek voltak, mint a profi hallgatók. Nehéz a hangminősítő ismérvek behatárolása is. A tapasztalt hallgatók csak a vibrato minőség-változását érzékelték megbízhatóan akkor, ha bemelegítés előtt a vibrato lüktetése feltűnően gyors vagy lassú volt. Korábbi vizsgálatokban, és ebben is az derült tehát ki, hogy a bemelegítés hatásának megítélése a hangminőségre, tapasztalt hallgatók bevonásával bizonytalan. A vibrato szabályossága, a tiszta intonáció és

zenekari kíséreten történő átcsengés azok a paraméterek, amelyeket külső hallgatók is hasonlóan ítélnék meg.

Összefoglalva: a friss kutatásokból kiderült, hogy a hangbemelegítéseket újabban tornagyakorlatokkal is kombinálják. A hangbemelegítéseket célszerű személyre és célra szabni, az időtartamuk fokozatosan növelhető. Napi többszöri alkalom hatékonyabb. Hatásuk felmérésére az akusztikai paraméterek – intonáció, NHR, LTAS, jitter, shimmer, vibrato – megbízhatóbbak, mint a képzett hallgatókkal történő értékelés.

4.3. Részben-zárt toldalékcsőves gyakorlatok

A hangképzési modelleket már részleteztük a 2.8. fejezetben. Emlékeztetőül az egyik (lineáris) a hangforrás (gége) – szűrő (toldalékcső), a másik kettő (nem lineáris) a hangforrás (gége) – toldalékcső légtelt üregeinek tehetetlenségét hangsúlyozó elméletek. A két elmélet a toldalékcső üregeinek kétféle hatását domborítja ki. Több különleges bemelegítési módot is kipróbáltak kutatók, amelyek a toldalékcső ellenállásának fokozásán alapul. Ezeknek a módszereknek a gyűjtőneve a részben-zárt toldalékcsőves (Semi-Occluded Vocal Tract) gyakorlatok.

Két csoportba sorolhatók ezek. Az (1) amikor csőbe vagy nádba történik a hangadás, szabad véggel; dúdolás, zöngés ajak-fog réshangok ejtése, nazális hangzók ejtése, magas nyelvállású magánhangzók gyakorlása – ezek az egyes lüktető forrású gyakorlatok. Az (2) ajkak, nyelv pörgetése, kéz a száj előtt, és a vízbe merített végű nádba vagy csőbe történik a hangadás – ezek a kettős lüktető forrású gyakorlatok. Ezen gyakorlatok segítségével a toldalékcső ellenállását változtatják. A csőves hangadást hanggyógyításra és túlzott orrosság csökkentésére is használják a 60-as évek óta, mivel hatására főlzár a légyszájpad. Megfigyelések szerint ilyenkor nő a toldalékcső ellenállása, különösen a felső toldalékcső szakasz ellenállása, süllyed a gége függőleges helyzete, tágul a garat, szűkül a gégefedős nyitás és a felső gégebemenet, nő a hangrés ellenállása, ugyanakkor csökken a hangszalagok vibrációs kilengése. Az említett változások miatt mélyül a szájüregben képzett magánhangzók F1 formáns hangmagassága is. A toldalékcsőben lévő levegő tehetetlenségi ellenállása is megnő, ami a hangszalag lüktetését előnyösen szabályozza. A hangrés zárása hatékonyabbá válik. A hangrésen át történő hangadási légáramlás lecsengése rövidül (meredekebb a résszivárgást jelző hullámalak), a hangrés végfázisa megnyúlik. A magas felhangok erősödnek (*Hirschberg és mtsai 2013*)

Simberg és *Laine* (2007) a rezonáns csőbe történő hangadásos terápiák különböző változatainak hatását vizsgálták. Ezt a hanggyógyítási módot Antti Sovijärvi (1912-1995) finn kutató alkalmazta először. A cső anyaga nála üveg volt. Újabban szilikon anyagúakat alkalmaznak. A cső átmérőjét a finn kutató gyerekeknél 8mm-ben, felnőtteknél 9mm-ben határozta meg. A cső hosszát a légsövek elágazásának és a fogsornak a távolságáról mintázta. Gyerekeknél 24-25 cm-ben, felnőtteknél nemtől és hangfajtól függően 26-28 cm között változtatta. A gyakorlatok hatására a gége süllyedését és a hangszalagok lüktetésének megerősödését tapasztalta, ami többféle hangadási problémával küzdőknél előnyös hatású volt. Eredmények: jelen vizsgálatban azt tapasztalták, hogy a rezonáns csőbe hangadás előnyös hatása fokozható, ha a cső szabad végét vízbe merítik, és a buborékolás a hangrés működésére szabályzólag hat. Fontos, hogy egyénre szabott legyen a terápia a cső méreteken túl. Célszerű változtatni a csőbe hangadást szabad és vízbe merített végű csővel, valamint előnyös közben cső nélkül dűnnyögni is. Ezzel a toldalékcső ellenállását rugalmasan változtatjuk, ami a hangrés működését is rugalmassá teszi. A kezelés során érzett lüktetések az arcban és a mellkasban előnyösek, de a kezelés fájdalmat nem okozhat.

Vampola, Laukkanen, Horacek és *Svec* (2011) egy hölgy toldalékcsővének változásait figyelték CT-vel üvegcsőbe történő hangadás – részben-zárt toldalékcsőves hangadás - előtt, alatt és után, [á] magánhangzó képzése közben. *Eredmények:* erős lágy szájpadi zárlatot, szájarati és szájüregi öblösödést, nagyobbodást és a toldalékcső megnövekedett tehetetlenségét tapasztalták. A hangnyomás is nőtt és ezek a hatások az üvegcsőbe történő hangadás után is fennmaradtak. Korábbi vizsgálatok is hasonló eredményeket hoztak. Jelezték, hogy a hangadási küszöbnyomás is csökkent, nőtt a pajzsporc-kannaporc izom (a hangszalag saját izma) aktivitása is a részben-zárt toldalékcsőves gyakorlatok hatására. Akusztikai vizsgálatok is igazolták, hogy az energia leghatékonyabb hasznosítása a hangadásnál akkor következik be, ha a hangrés és a toldalékcső ellenállása összehangolt. A részben-zárt toldalékcsőves gyakorlatokhoz sorolhatók még a pergetett mássalhangzós, orrhangzós, és az ajak-trillás gyakorlatok is.

Guzman, Rubin, Munoz és *Jackson-Menaldi* (2013a) részben-zárt toldalékcsőves hangadást kombináltak vibratóval, és nézték hatását a hangrés zárlati hányadosára (CQ: Contact Quotient = zárt fázis / teljes hangrésműködési ciklus) és az F0-ra (az átlagos beszédhangmagasságra). A CQ értéke hangi túlműködésnél nő. A CQ-t EEG mérésrel figyelhető. A csőbe, nádba hangadással megnövelve a toldalékcső ellenállását visszahatunk a hangrésszivárgásra és a hangrés működésére is. A vibratonál a hangszalagok hosszabban tapadnak össze, a hangszalagok feszültsége és a rájuk ható légnyomás is ingadozik, és

ezeknek a változásoknak magukban is jótékony hatásuk lehet. Azt feltételezték, hogy a nádba hangadás és a vibrato csökkenthetik a hangi túlműködést, a hangrés terhelését. 36, klasszikus képzettségű énekessel – 23 nő és 13 férfi – végeztették el az alábbi beszédgyakorlatokat, kényelmes hangmagasságon és hangerővel: (1) [á] magánhangzó tartása vibrato nélkül, (2) tartása vibratoval, (3) tartása nádba vibrato nélkül, (4) tartása nádba vibratoval. Eredmények: a CQ értéke az (1) gyakorlatnál volt a legnagyobb, de az eltérések nem voltak szignifikánsak. A vizsgált személyek között a CQ értékének változatossága a vibrato és a nádba hangadás során megnőtt. A legnagyobb eltérést a CQ értékében az (1) és a (3) gyakorlat között találták. Megállapítható, hogy a CQ általában csökkent a nádba hangadás és vibrato hatására. A CQ szórása leginkább a (4) gyakorlatnál csökkent. Az átlagos alaphang (F0) a nád és a vibrato hatására nőknél mélyült, míg férfiaknál emelkedett, de egyik esetben sem szignifikánsan. A kutatók arra a feltételezésre jutottak, hogy a vibrato és a nádba hangadás gyógyító hatású kezelése lehet a hangi túlműködéses betegeknek.

Guzman, Laukkanen, Krupa, Horacek, Svec és Geneid (2013b) egy képzett férfi énekessel mondattak kényelmes hangmagasságon [á] magánhangzót csöbe (27 cm hosszú, 9 mm átmérőjű) és nádba (13,7 cm hosszú és 2,5 mm átmérőjű). Rétegfelvétel (CT), hangfelvételt, EEG-t valamint hangrés alatti nyomás ellenőrzése, és a hangfelvételek kiértékelése is történt. Eredmények: 15 perces beszédgyakorlat után hangminőség javulást tapasztaltak. A gége süllyedt, a lágy szájpad szorosan felzárt a garat hátsó falához. A garat alsó – gégegarati – szakasza tágult és nőtt a gégebemenet és a garat átmérőjének eltérése. A fenti jelenségek hatására a beszéd- és énekes-formáns közeli felhangok felerősödtek, hangsúlyosabbá váltak. A hangrés érintkezési/zárlati hányadosa (Contact Quotient, CQ) csökkent, míg a hangrés alatti nyomás nőtt. A fenti jelenségek hallhatóan javították a hangminőséget. A nádba hangadásnál fokozottabban, mint a csőnél. A vizsgálat arra enged következtetni, hogy a toldalékcső ellenállásának, tehetetlenségének fenti módszerekkel történő növelése javítja a hangminőséget, anélkül, hogy terhelné a hangrészt, hogy fokozná a hangszalag-élek ütközését. Az igazolt jótékony hanggyógyászati hatásán túl hasznos lehet a hangbemelegítésnél is. A hanggyógyászatban segíthet az orros – hypo/zárt vagy hiper/nyílt - hang, a magas gégeállás javításában, és a gége és garatizmok lazításában.

Andrade, Wood, Ratcliffe, Epstein, Pijper és Svec (2013) különféle toldalékcső-ellenállását fokozó gyakorlatok hatását hasonlították össze. Két csoportra osztották a gyakorlatokat. Egyes és kettes vibrato forrásúakra. Az egyes forrásúak a zümmögés (dúdolás), a nádba éneklés és a csöbe történő éneklés (toldalékcső szűkítés). A kettős forrásúak, vagy másodlagos forrásúak, a nyelvpörgetős, az ajakpörgetős és a kéz száj elé tevése. 23

résztevővel végezték a vizsgálatot. Az [á] magánhangzót kellett tartásuk – legalább 4sec hosszan - kényelmes hangmagasságon és hangerővel a gyakorlatok előtt és után. A kísérlethez használt cső 25 cm hosszú és 9 mm átmérőjű (Laxvox, szilikon cső), míg a nád 12,5 cm hosszú és 4mm átmérőjű volt. EEG-vel a hangrész érintkezési hányadosát (Contact Quotient range, CQ_r) mérték. Ennek képlete: $CQ_r = OQ/CQ$, vagyis Open Quotient/Closed Quotient, Nyitott/Zárt hányados). A hangfelvétel hangképelemzésével az alaphangot (F0), valamint az alaphang és az első formáns (F1) hangmagasság különbségét (F1-F0) vizsgálták. Eredmények: az egyes forrású gyakorlatoknál nőtt a hangrész zárlati aránya, tehát CQ_r csökkent és kisebb lett az F1 és az F0 hangmagassága közti eltérés. A kettős forrású gyakorlatoknál éppen ellenkező volt a hatás. Mindkét gyakorlati csoportnál emelkedett az F0. A nyelvporgetésnél és kéz a száj előtt gyakorlatnál a legjobban. Az F0 a zümmögésnél volt a legmélyebb. A CQ az ajakporgetésnél és a nádba éneklésnél volt a legkisebb. Az egyes forrásúaknál a hangindítás érzete könnyebbé vált, jobban csökkent az (F1-F0) különbsége, míg a kettős forrásúaknál nehezebbnek érezték a hangadást és az (F1-F0) kevésbé csökkent. A nőknél a nádba éneklés, míg férfiaknál a kéz száj elé tévése volt a leghatásosabb az (F1-F0) hangmagasság különbség csökkentésére. Az egyes forrású gyakorlatoknál a garatér tágul és így nő a gégebemenet és garatátmérő különbsége, ami az énekes-formáns (= F3, F4, F5 formánsok hangmagasság közelítése és kiterjedése) képzését segíti. A kettős vibrato forrásúak masszírozzák a hangszalagokat. A toldalékcső ellenállás fokozásának jótékony hatása a hangminőségre ebben a kísérletben is igazolódott. A kutatók az egyes és kettős vibratójú gyakorlatok vegyes, kevert használatát javasolják optimális hatás eléréséhez.

Dargin és Searl (2015) egy szoprán és három tenor bevonásával vizsgálták rövid idejű, részben-zárt toldalékcsőves bemelegítő gyakorlatok azonnali hatását. A három gyakorlat: nádba hangadás, ajak és nyelvporgetés voltak. Minden gyakorlatot tetszőleges sorrendben 2-2 percre végeztették. A gyakorlatok előtt, és minden egyes után is, a résztvevők [á] és [pá] hangot tartottak kényelmes hangmagasságon. A légáramlás alakulását és a hangrész EEG jeleit mérték. Eredmények: a légáramlás a hangadás alatt megnőtt. A hangrész zárlati hányados (CQ) és a hangnyomás is nőtt. A gége-ellenállás csökkent. A hangerő és a hang áramlása javult már 2 perces gyakorlatok hatására, azonnal.

Duke, Plexico, Sandage és Hoch (2015) kétféle énekhang-bemelegítés hatását vetették össze. Az egyik bemelegítésben szöveges gyakorlatokkal melegítettek, míg a másikban részben-zárt toldalékcsőves feladatokkal. Figyelték: (1) befolyásolja-e a bemelegítési mód a SPR-t (Singing Power Ratio= 2-4 kHz/0-2 kHz közti felhangsúcsok hangnyomásának hányadosa), ami az énekes-formáns jelenlétét jelezheti? (2) az SPR függ-e a magánhangzótól? (3)

befolyásolja-e a bemelegítési mód a hangadó saját maga által érzett hangadási erőlködését (PPE: Perceived Phonatory Effort)? A kérdéseknél azt feltételezték, hogy a részben-zárt gyakorlatok hatásosabbak, mint a szövegesek és, hogy ezen bemelegítés nyomán az [i, é] magánhangzónál alacsonyabb lesz a SPR. 13 profi, férfi énekessel énekeltették el „Star Spangled Banner” (Csillaggal Flitterezett Zászló) számot, bemelegítés előtt, majd hagyományos bemelegítés és végül a részben-zárt bemelegítés után. A felvételekből az [i, o, ö, é] magánhangzókat vágták ki és nézték az SPR alakulását. Eredmények: nem találtak szignifikáns eltéréseket a bemelegítések között, sem az SPR-re, sem a PPE-re nézve. Az [i] és [é] magánhangzó SPR értékei voltak az alacsonyabbak. Az [i] magánhangzónál volt legalacsonyabb az SPR értéke, és az [o] magánhangzónál a legmagasabb, ami azt jelzi, hogy az alaphanghoz és mélyebb felhangokhoz képest viszonylag az [o]-nak erősebb az énekes-formánása. A magánhangzók közötti SPR eltérés ($p=0,000$), a formáns különbségek miatt nem meglepő.

Hampala, Laukkanen, Guzman, Horacek és Svec (2015) ebben a vizsgálatban túl azon, hogy igazoltnak feltételezték a csöbe-hangadás hanggyógyító és hangedző hatását, arra voltak kíváncsiak, hogy ez a gyakorlat szisztematikus változást okoz-e a hangszalagok működésében. Azt feltételezték, hogy fokozott pajzs-kannaporc izomműködés miatt a hangszalagok vastagabbak, duzzadtabbak lesznek, a csőhasználat miatt hosszuk megváltozása nélkül is. Egy nő és egy férfi vett részt a kísérletben. [á] magánhangzót szólaltattak meg kényelmes hangmagasságon és hangerővel bemelegítés előtt, csöves bemelegítés közben és után, minden mérést kétszer végezve. CT-vel (rétegröntgen) mérték a hangszalagok hosszát, duzzadtságát, vastagságát és a hangrés szélességét. Eredmények: nem találtak egyértelmű változást a vizsgált méretekben. A női résztvevőnél ugyan szignifikánsan nőtt a hangszalag vastagsága, de a férfinál bár szignifikánsan változott vastagság és a duzzadtság, de a két hangszalagnál ellentétesen. Az ismételt mérések bizonytalansága ugyanakkor nagyobb volt, mint a tapasztalt méretváltozások variabilitása. A csöbe hangadás hatása, a korábbi kutatásokkal összhangban, inkább a toldalékcső alakváltozásában keresendő.

Összefoglalva: A részben-zárt toldalékcsőes gyakorlatoknál azt tapasztalták, hogy a hangerő fokozását erőlködés nélkül segítik, mivel a pajzs-kannaporc izmok aktivitása megnő a gyűrű-kannaporc izmok aktivitásához képest. Mélyül a gége helyzetet, tágul a garattér. Ez segíti az énekes-formáns képzését. Csökken a hangadási küszöbnyomás, csökken a CQ, nő a hangrés alatti nyomás. A hangrés és a toldalékcső ellenállása összehangolt, ami a hangadás hatékonyabbá válását eredményezi. Segíthet a kemény hangindítás tompításában, a

feszültségek oldásában, a nyelvben, az ajkaknál és az állban. A dúdolás, zümmögés fejleszti a légkezelést, a regiszterek kiterjesztését, a gége feszültségmentesítését. A dúdolásra való képtelenség utalhat a gége magas pozíciójára és az áll és garatfal feszültségére. A kettős forrású részben-zárt gyakorlatoknál ingadozó szájnyomás a hangrésre jótékony masszírozó hatást is kifejt. A részben-zárt toldalékcsoves gyakorlatokat váltogatva érdemes alkalmazni. Tényleges hatásuk vizsgálata, kutatása napjainkban is folytatódik.

Az énekhang bemelegítésének témaköre – kutatásunk tárgya - évszázadok óta szakmai körökben vitatémának bizonyult. Korunk kutatásai is igazolták, hogy már rövid bemelegítés is hat a hang minőségére, de tartós hatása a több éves, rendszeres képzésnek van. Korábban a „messa di voce” énekelt minőségét tekintették alkalmasnak a hang kiműveltségének jó jellemzőjeként. Az utóbbi évtizedekben a hangkapacitás (VRP=Voice Range Profil), a hangképi felhangarány (SPR= Singing Power Ratio), a vibrato minősége és az énekesformáns a minősítés leggyakoribb paraméterei. Ugyancsak a XX. század második felétől terjedt el a részben-zárt toldalékcsoves gyakorlatok alkalmazása, melyek haszna mára már igazolódott. A képzés előnyös hatása kimutatható a hangterjedelem növekedésében, a részhangok kierősödésében, a vibrato szabályosabbá és a hangadás gazdaságosabbá válásában is (Mürbe, 2004, 2007). Természetesen bármely módszer az egyén alkati adottságaira alkalmazva, és érzékeny, értő külső visszajelzés – énekmester, korrepetitor, karmester, rendező, partner – mellett lehet célravezető (Altorjay, 2013d).

5. A Kutatási téma meghatározása

Az emberi hangképzés, a beszéd és különösen az éneklés összetett fiziológiai és lélektani tevékenység. Jelentőségét évezredek óta felismerték és fejleszthetőségét is azóta vizsgálják, kutatják az állandóan fejlődő ismeretek és eszközök segítségével. Jelen kutatással az éneklési készség fejleszthetőségéhez elengedhetetlen eszközként alkalmazott bemelegítési gyakorlatok hatásvizsgálatával kívántunk hozzájárulni.

5.1. A kutatási téma jelentősége, a kutatás indoklása

A zenei nevelés – énekes és hangszeres – jelentőségét több hazai és nemzetközi kutatás is igazolta már (Barkóczi és Pléh, 1972). Bizonyított, hogy az érzelmi intelligenciára, a kreativitásra jótékonyan hat, és kedvező a „transzferhatása” más tantárgyak elsajátításánál is (Konta és Zsolnai, 2002). A közös éneklés és zenélés kórusban és zenekarban a növendékek szociális kompetenciáit (Nagy, 2000) is fejleszti. Természetesen hazánkban, Kodály Zoltán szülőföldjén a fenti tények, megfigyelések a közvélemény számára is közismertek

(Turmezeyné, 2010). Az egyéni hangképzés – magánének – fontossága, jelentősége azonban kevésbé ismert. A kiváló és nagyszerű nemzetközi eredményekkel elismert hazai kóruskultúra, bár támaszkodik az iskolai énekórákon kiválasztódó jó hangú és jó fülű diákokra, de a kórusbeéneklés, hangképzés csak összevontan, legfeljebb szólamokra bontottan történik. A kórushangzás kidolgozásánál a szólamok egységes megszólalása az elsődleges. A kórus tagjainak egyéni hangú kiszólása nem kívánatos. Háttérbe szorul a sajátosan egyéni adottságok figyelembevételén túl a hangfejlődés – érés, mutálás – ugyancsak nagy egyéni eltéréseket mutató jelensége is (Altorjay, 2013b).

Ezzel ellentétben a magánének hangképzés alapja az egyéni, előadói éneklésre, megszólalásra történő felkészítés. Ennél alapvetően fontos a növendék hangjában lévő sajátos hangszíni, terjedelmi, dinamikai lehetőségek kibontásán túl, az előadói személyiség kiművelése is. A hangképzés ilyen területe az ismert – görög és középkori – előzmények után a 16 és 17. század fordulóján – a barokk korban - indult fejlődésnek a kialakuló opera és oratórium műfaj megjelenése nyomán Európában. A szóló éneklés hangszeres vagy zenekaros kísérete, a beénekelendő előadótermek, színházak méretnövekedése egyaránt fokozott igényeket támasztott az énekesekkel szemben. A hangképzés fiziológiai, technikai és pedagógiai kutatása a korok tudományos igény szintjén, párhuzamosan az énekesekkel szembeni elvárások növekedésével azonnal megindult. Felértékelődtek a hangfaji kategóriák, a jellegzetes hangszínek, az énekhang gazdagítására bezengethető felső légúti üregek, a toldalékcső lehetőségeinek teljes kiaknázása. Kialakult a regiszterek – azonos technikai jelleggel megszólaltatott hangterjedelmi szakaszok – és a regiszterek közti átmenő szakaszok megoldásának körüli folyamatosan tartó vita. A kiegyenlítés is állandó vitatéma, amely a hangszínre, a hang dinamikai, technikai rugalmasságára, a hangterjedelemre és a magánhangzók képzésére is vonatkozik. Megszületett a kevert hang (voix mixte) ideája, elmélete. A képet tovább árnyalta a barokk első századaiban a női előadók alkalmazásának tilalma, a kasztrált énekesek jelenléte, később a hangszerek fejlődése, a zeneszerzői elvárások változása és a gégetükör korszakalkotó felfedezése is (Kerényi, 1985). A XIX. és XX. századoktól kezdve jelentkeztek az olasz énekiskolai hegemonia mellett a nemzeti nyelvű énekiskolák, a hangosítás lehetősége, valamint az újabb énekes műfajok technikai elvárásainak, hagyományainak térnyerése is. A „bel canto” vagyis a szép éneklés egyeduralma ugyan megszűnt, de az emberi hangadó szerv lehetőségeit szervesen használó, azt nem károsító, kiművelt hangadás képzésének igénye a tömegkommunikáció és énekesi műfaji kínálat folyamatos gazdagodása révén felértékelődött. A tudományos igényű hangképzés kutatásának eszközparkja is állandóan bővül (Altorjay, 2016).

5.2. A témával kapcsolatos nyitott kérdések

A szakirodalom áttekintése nyomán több olyan területet, kérdést találtunk, amelyek megítélése jelenleg is tudományos vita tárgyát képezik. Ezek közül a kutatási témánkhoz kapcsolhatókat felsoroljuk:

- Milyen a helyes énekesi légzés?
- Hogyan történhet az emberek légzés szerinti csoportosíthatósága?
- Hogyan hat a mássalhangzós szövegkörnyezet az énekelt magánhangzók érthetőségére?
- Milyen hosszú a bemelegítő gyakorlatok hatásos időtartama?
- Milyen az álléjtés helyes mértéke, módja?
- Milyen lenne a nyelv kívánatos helyzete éneklés közben?
- Mik a lágyszájpad kívánatos mozgási lehetőségei?
- Mi a toldalékcső ellenállását fokozó bemelegítő gyakorlatok tényleges hatása?
- Mi az orr és melléküregeinek szerepe a magánhangzók képzésénél (Altorjay, 2012d)?

5.3. Kutatási kérdések, célok

A szakirodalom áttekintése nyomán kikristályosodott, hogy az orr és melléküregeinek bekapcsolhatósága a magánhangzók képzésébe az éneklés során is tudományos vita tárgya. Ezt a kérdést énekesi és tanári tapasztalataink nyomán is a magánének oktatás szempontjából alapvető kérdésnek ítéltük. Így ehhez a vitához szándékoztunk kutatásunkkal kapcsolódni, a téma pedagógiai szempontú megközelítésével.

A kutatók egyik csoportja az orr és melléküregeinek bekapcsolhatóságát az énekhangba csak a nazális mássalhangzók képzésénél tartja elfogadhatónak, mert csak így ítélik elkerülhetőnek a magánhangzók orros csengését. A „fejcsengés”, a „fejrezonancia” előnyeit nem vitatják az éneklésnél. Ezt csak a koponyacsontok hangvezetése miatt kialakult érzetnek tekintik (Miller R. 2004; Chapman, 2006; Dayme, 2009).

A másik csoport a fejcsengés bekapcsolását a magánhangzók képzésében kifejezetten előnyösnek tartja. Fenntarthatónak ítélik a lágyszájpad finom beállítása révén a szájüreg és orrüreg egyidejű nyitva tartását. Ezzel szerintük elkerülhető az énekhang bántó, a klasszikus stílusban elfogadhatatlan, orros csengése. Sőt ezen üregek bekapcsolása révén szólal meg az

egyéni hangszín, erősödnek ki a magas felhangok, válik csengővé az énekhang. Az orr és melléküregeinek bekapcsolása révén megnő a toldalékcső ellenállása, ami a gége mély, nyugalmi állását, valamint a gégebemenet és garattér térarány-eltérésének növelése révén az énekes-formáns képzését is segíti (*Molnár, 1966; Austin, 1997; Sundberg és mtsai 2007; Yiu és mtsai 2012; Chen és mtsai 2014*).

5.4. Hipotéziseink

Az ismertetett céljainkból vezettük le az alábbi hipotéziseket:

1. Hasznos, különösen a magas hangok képzésénél, az orr és melléküregeinek bekapcsolása, mert ezek a kisméretű üregek a magas felhangok kierősítésére alkalmas rezonátorokként, erősítőként működnek.
2. Elkerülhető a bántó orros csengés a lágy-szájpad finombeállításával, vagyis egyidejű emelésével és széthúzásával, amivel lehetővé válik az orrjárat szabályozott nyitottsága magánhangzók képzése közben.
3. Az orr és melléküregeinek bekapcsolása fokozza a toldalékcső hangképzés közbeni légellenállását, amely a hangrésműködést segíti, hatékonyabbá teszi, a hang lüktetésének (vibrato) szabályosságát is fokozza, kierősödnek a magasabb felhangok, új felhangok jelennek meg, nő a hangerő.
4. A változás a tartott magánhangzó felvételek FFT (Fourier transzformációval) létrehozott felhangképén is kimutathatók, és található a változást objektíven bizonyító paraméterek.
5. A hatás nemtől, hangfajtól, hangképzettség időtartamától, életkortól függetlenül, célirányos bemelegítés nyomán is jelentkezik.
6. Minden magánhangzó képzésénél, középfekvésben is kimutatható a változás.
7. Empirikus eredményeink alapján kidolgozhatók javaslatok a hangbemelegítő gyakorlatok célszerű felépítésére, sorrendjére, összeállítására.

5.5. A kutatás módszerei

A kutatás kezdetét partnerek keresésével kezdtük. Az SZTE Neveléstudományi Intézetének támogatása mellé, többek megkeresése után az SZTE Optikai és Kvantum-elektronikai tanszékével sikerült együttműködést kialakítani. Ennek eredményeként a hangképzés pedagógiai szempontú megközelítéséhez és a statisztikai elemzéshez, a hangminőség objektív, hangképelemzési szempontjait tudtuk társítani. Nem alkalmaztuk a

hangminősítéshez szakértő kiértékelők bevonását, mivel ennek a módszernek a hitelessége a szakirodalomban is vitatott (Watts és mtsai 2006).

Az előmérés és a hét kutatási mérés során, először a megfelelő felvevő berendezés és elemző program kiválasztását, kipróbálását, az énekhang hangképi érzékenységét vizsgáltuk. A további kutatási mérések során a résztvevők létszámának növelésén túl, a nemek és a hangfajok arányos képviselőit, a bemelegítő gyakorlatok folyamatos fejlesztésére, és a gyakorlatok csoportosításának, hatékony sorrendjének kipróbálására is törekedtünk. Több paraméterrel és felvételi hangmagassággal, és statisztikai elemzéssel is kísérleteztünk.

1/a. táblázat. Helyszín, résztvevők, eszközök

alkalom	helyszín	lányok/nők	fiúk/férfiak	berendezés	elemző prog.
előmérés	stúdió	13	5	Audix Cx112	Goldwave
I.kísérlet	stúdió	2	2	ECM-925 P	Spectrum A.
II.kísérlet	tanterem	9/15/8	6/0/7	Roland/Edirol	Siegwiev 2.4.
III. kísérlet	tanterem	11	11	Roland/Edirol	Siegwiev 2.4.
IV.kísérlet	tanterem	14	-	Roland/Edirol	Siegwiev 2.4.
V.kísérlet	tanterem	25	11	Roland/Edirol	Siegwiev 2.4.
VI.kísérlet	tanterem	10	10	Roland/Edirol	Siegwiev 2.4.
VII.kísérlet	tanterem	27	9	Roland/Edirol	Siegwiev 2.4.

1/b. táblázat. Gyakorlatok, változók, statisztika

alkalom	gyakorlatok	paraméterek	statisztika
előmérés	n, j, ó, ő	F0, H1-H7	-
I.kísérlet	Egy alkalom: dúdolás, m-h, ő, ó	F0, H1-H7	páros-t, korreláció
II.kísérlet	két alkalom: m, n, ny, g, ú / p, t, s, á	átlag, THD	páros-t, korreláció
III. kísérlet	két alkalom: m, n, ny, g, ú, ó, a /sz, f, t, á	átlag, THD, hangmagasság	páros-t, korreláció, ANOVA
IV.kísérlet	Két szakasz: f, t, sz, i, á /dúdolás, ú, á (száj- orr)	átlag, F0, H1-H7	páros-t, klaszter, ANOVA.
V.kísérlet	két szakasz: száj-orr	átlag, F0, H1-H7	páros-t, klaszter, ANOVA
VI.kísérlet	két szakasz: orr-száj	átlag, F0, H1-H7	páros-t, klaszter, ANOVA
VII.kísérlet	két alkalom: m, b, cső / f, s, sz, h	átlag, szám, F0, H1- H7, 0→10kHz	Pár-t. Cohen-d, R^2 , klaszter

Az eredményeink azt mutatják, hogy a nagy egyéni adottsági és hangfejlettségi eltérések mellett is az orr és melléküregei énekhangba történő bezengetésének tényleges felhanggazdagító/kierősítő funkciója van. Továbbá hatékonyabb a bemelegítést a toldalékcső ellenállását fokozó gyakorlatokkal indítani, majd erre ráépíteni a magánhangzós, a hangáramlását segítőket. Tapasztalatainkat mutálás utáni énekhanggal rendelkező, serdülő és felnőtt személyek egyéni bemelegítésénél szereztük, de természetesen kiterjeszthetők a tanulságok mutálás utáni személyekből álló kórusok szólamszintű bemelegítésére is. Mutálás előtti gyermekhangokra további kutatások nélkül a tanulságok automatikus kiterjesztését nem javasoljuk. Kutatásunk áttekinthetősége érdekében közöljük az összefoglaló táblázatokat (1/a. és 1/b.).

Az előmérést és az első kísérleti mérést más-más stúdiókban és hangfelvevő berendezésekkel készítettük. A második kísérleti méréstől kezdve minden további méréshez Roland/Edirol R-44R Channel Recorder hangfelvevőt és 2 db AKG 2000B mikrofont használtunk. Az éneklők távolságának állandóságát a mikrofontól állvánnyal biztosítottuk. A felvételek helyszínéül zajmentes oktatási termeket választottunk. A résztvevőket zenei képzésben részesülő zeneművészeti szakközépiskolás hangszeres vagy énekes tanulókból, valamint zeneiskolás, zeneművészeti szakközépiskolás és főiskolás, több éve magánének képzésben résztvevő hallgatókból verbuváltuk. A sikeres méréshez elengedhetetlen volt, hogy a résztvevők hangi bemelegítés nélkül, jó egészségi állapotban érkezzenek. Rendelkezzenek jó zenei hallással, így a bemelegítő gyakorlatokat mind dallamilag, mind ritmikailag pontosan vissza tudják énekelni.

A méréssorozat 2011 és 2015 között zajlott. Az előmérés után további hét kutatási mérést bonyolítottunk le. Azoknál a kísérleti méréseknél – II., III., VII. – amelyek két alaklomból álltak, az alkalmak között minimum két nap időtávolság volt. A mérések elején bemelegítetlen, friss hang állapotban készült az első felvétel, majd a bemelegítő gyakorlatsor után a második, ill. kétlépcsős bemelegítés esetén, a végén a harmadik felvétel. A mérések során folyamatosan fejlesztettük a bemelegítő gyakorlatok összetételét, dallamait, szövegeit, időtartamát és csoportosítását is. A mérési tapasztalatok lehetővé tették, hogy az egyes bemelegítő gyakorlatok specifikus hatását, hatásos hosszát és legcélszerűbb sorrendjét is kipróbáljuk.

A felvételek összehasonlításához először Goldwave, majd Spectrum Analyser, később a fejlettebb SIGWIEV 2.4. hangelemző számítógépes programot használtunk. A felvételekből hangerőben és hanglúktetésben (vibrato) állandósult szakaszt vágunk ki, és Fourier transzformációval részhangjaira bontottuk. A hangképváltozások fizikai összehasonlításához több paramétert is kipróbáltunk, elemeztünk. Az eredmények statisztikai feldolgozását SPSS 20. statisztikai programmal készítettük.

6. Kutatási mérések ismertetése

6.1. Előmérés

Célok: a mérés célja külön tartott magánhangzók és tartott szótagok hangfelvételeinek elemezhetőségével való ismerkedés, és az elemzés kipróbálása volt.

Módszerek: A kísérlet sorozatot előméréssel kezdtük 2011 májusában, két alkalmat szervezve. A mérésben 9 Zeneművészeti Szakgimnáziumos (SZTE Vántus István Gyakorló Zeneművészeti Szakgimnázium), énekszakos növendék és 9 magánének szakos egyetemi hallgató (SZTE ZMK Magánének Szak) vett részt. Az életkori és érdeklődési sajátságoknak megfelelően csak a hallgatók között volt kiegyenlített a nemek aránya. Köztük 4 nő és 5 férfi volt, míg a szakközépiskolás növendékek mindannyian lányok voltak. Minden résztvevő hozzájáruló nyilatkozatot írt alá, amelyben biztosítottuk őket arról, hogy a felvételek kizárólag tudományos célra használjuk és személyi adataikat nem használjuk fel.

A mérés helyszíne egy stúdió (Szeged-Tápé) süket-szobája volt. A résztvevőket két alkalommal tudtuk a stúdióban fogadni. 2 db Audix Cx112-es mikrofonnal készültek a felvételek, amelyek 44,1 KHz és 16 bit érzékenységre voltak beállítva. A felvétel során a résztvevők 40 cm-re álltak a mikrofonoktól.

Előmérés hangfelmérés

A.T.

$\text{♩} = 100$

ő ő ő ő ó ó ó ó nó nó nó pló fló vó jó vó jó

Az előmérésre hangi bemelegítés nélkül érkeztek a résztvevők. A mérésnél sem végeztünk velük előzetes gyakorlatokat. A feladatok előmutatása után, azok megismétlése nem okozott egyik résztvevőnél sem problémát, így azonnal készíthettük a felvételeket. A felvételek elemzéséhez a megismételt és több mint 3 másodpercig tartott hármashangzati csúcshangot használtuk.

Mindkét nem résztvevői dúr hármashangzatot énekeltek először tartott magas és mély magánhangzón, majd a mély magánhangzót szótagkörnyezetben is megismételve. A hangmagasságokat a nemek középfekvéséhez igazítottuk, de még hangfaji finomítást nem végeztünk. A szótagoknál zár, rés és oldalsó, zöngés és zöngétlen mássalhangzókat egyaránt alkalmaztunk. Az első szótagos hármashangzatnál [n] zöngés, nazális mássalhangzóval a hang

tömör, orrüregi csengésének biztosítását céloztuk. A második szótagos skálánál a szájüregi csengés bekapcsolása volt a cél. A hármashangzat csúcshangjánál, ez utóbbi gyakorlatban mindkét változatnál a [j] íny-réshangzó került az [ó] magánhangzó mellé, hogy segítse a kemény-szájpadra irányítás révén a viszonylagosan magas fekvésű hang megszólaltatását.

Az elemzéshez Goldwave számítógépes programot alkalmaztunk. Az alaphangnál és felhangjainál figyeltük a hangnyomás alakulását, összevetve ezeket magas és mély magánhangzónál, önálló és szótagbeli esetben és figyeltük a nemek közti eltéréseket is. A felvételek lehetővé tették az intonáció tisztaságának, a hangerő ingadozásának és a hang vibráltságának – hangerő és hangmagassági ingadozásának – megfigyelését is. Az elemzés során az alaphang és elkülönült felhangjainak hangerejét vizsgáltuk.

Két táblázatban bemutatjuk a hangképek jellegzetes változatait. A táblázatban szereplő értékek a részhangok hangnyomását mutatják.

2. táblázat. Szoprán hangú hallgató rövid hangképe

nő	szótag	alaphang	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
szoprán	ő	-26	-38	-42	-38	-52	-49	-52,5	-
	ó	-24	-18	-58	-	-	-55	-53	-
21 év,	nő	-23	-17	-50	-	-	-55	-	-
5 év		-19	-17	-51	-	-	-52,5	-	-
képzés	jó								

A szótagonkénti és nemek közti eltérések is világosan követhetők. A képzésben eltöltött idő hatékonysága a bariton résztvevő példáján egyértelmű.

3. táblázat. Bariton hangú hallgató hosszú hangképe

férfi	szótag	alaphang	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
bariton	ő	27,5	28	52	46	44	39,5	47,5	45
	ó	28	22	37,5	36,5	54,5	53	-	-
29 év,	nő	27	23,5	31	25	49,5	58	53	53,5
12 év		28,5	20	33	31	48,5	53,5	51	56
képzés	jó								
	szótag	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
	ő	38	52	48,5	47	48,5	-	-	-
	ó	52	41,5	43,5	42	56	55	52	51,5
	nő	52,5	50	35	37,5	39,5	49,5	54,5	54
	jó	51	40	42	40	46	47,5	55	54

Az előmérés eredményei, tapasztalatai: a férfiak elkülönült felhangjainak száma jelentősen nagyobb, mint a nőké, vagyis hosszabb a hangképük tagolt szakasza. A képzésben eltöltött idő a hangkép hierarchikus elrendeződéséhez vezetett. Míg kezdőknél az első vagy második felhang (H1, H2) erősebb, mint az alaphang, addig a képzettebbeknél az alaphang a hangsúlyos. A képzésben eltöltött idő a hangkép folytonossá válásában is jelentkezik. A kezdőknél kevesebb felhang emelkedik ki a hang zajtartalmából. Önállóan megszólaltatott magánhangzó esetén az [ő] hangképe folytonosabb, mint az [ó]-é. Mássalhangzós szótagban az [ó] hangképe is teljessé válik.

Az előmérés igazolta, hogy a hangképen is kimutatható a képzés hatása és az énekelt magánhangzó mássalhangzós környezetének befolyása. Ez megerősített minket azon hipotézisünkben, hogy számítógépes hangelemző programmal, objektív, tudományos eszközökkel is kimutatható a képzett füllel hallott hangminőség és annak változása. A előmérés tapasztalatai után kezdtük el több éves kísérleti mérési sorozatunkat.

6.2. Első kísérleti mérés

Célok: az első kísérleti mérés céljaiként az alábbi kérdésekre kerestünk válaszokat:

- Rövid bemelegítő gyakorlatoknak is van-e már kimutatható hatása a hangképre?
- Nemek és hangfajok között jelentkeznék-e eltérések?
- Az egyes magánhangzók eltérően reagálnak-e a gyakorlatokra?
- Hány felhangig érdemes vizsgálni a változásokat?

Módszerek: 2011 szeptemberében bonyolítottuk az első kísérleti mérést. Egy másik stúdióban (Szeged-Dorozsma) készültek a felvételek. Ezúttal 2 db ECM-925 P mikrofon állt rendelkezésre. Ezek 44kHz és 24bit érzékenységre voltak beállítva. A résztvevők 50 cm-re álltak a hangfelvevőktől és az SZTE ZMK magánének szakos hallgatói voltak. 2 nő, egy szoprán és egy mezzo, valamint két férfi egy tenor és egy basszus. A kísérletre hangi bemelegítés nélkül érkeztek. Először felvettük kényelmes középfekvésben mind a kilenc magyar magánhangzót [í, ú, ő, e, é, á, a, ó, ú] tartott hangként. A nőknél ez 494Hz (h1), míg férfiaknál 247Hz (h) hangmagasságot jelentett. A hangmagasság megszólaltatásának megkönnyítésére, az említett hangmagasságokat, mint dúr hármaskvint hangjait közelítették meg. Lásd a felvételi dallam példát.

I. Kísérleti mérés

felvételi dallam

A.T.

$\text{♩} = 100$

í - í - í e - e - e a - a - a
 ű - ű - ű é - é - é ó - ó - ó
 ő - ő - ő á - á - á ú - ú - ú

A felvételek után 15-15 perc terjedelmű bemelegítő gyakorlatsort végeztünk a résztvevőkkel.

A feladatsor öt gyakorlatból állt. 1. izomlazítás: orron keresztüli mélylégzés majd ásítás nyelvöltéssel; 2. zárt szájjas és nyitott szájjas dúdolás az I. kísérleti mérés gyakorlatok kottapéldán látható dallammal. 3., 4., 5., énekgyakorlatok szövege szintén a kottapéldán látható. A dúdolás során az orr és melléküregeit kapcsoltuk be az énekhangba, majd a szöveges skáláknál nazális mássalhangzókra alapozva fokozatosan nyitottuk meg a szájüreget ajakhangzótól [m] a gégehangig [h] becsengetve a teljes szájüreget. Bemelegítési szótagokban két középső nyelvállású, labiális (ajakcsücsörítéses) magánhangzó párt alkalmaztunk, a magas [ó]-t és a mély [ő]-t. Ezeknél a szájüreg összefogott (labiális) és se nem szűk (mint a felső nyelvállásúaknál), se nem túl tág (mint az alsó nyelvállásúaknál), mert középső nyelvállással képzettek. A gyakorlatokhoz azonos dallamot használtunk. A bemelegítés során a résztvevő hangfajához és hangjának aznapi állapotához alkalmazva választottuk ki a gyakorló dallam indulo fekvését, és föl-letranszponálásának ütemét, mértékét.

I. kísérleti mérés

gyakorlatok

A.T.

zárt, majd nyitott szájjas dúdolás
 mő - nyó mő - nyó ...
 nől - ló nőg - ró ...
 móg - ló zárt dúdolás hó - hó hó - hó

A bemelegítés után megismételtük a magánhangzók felvételét szintén a felmérési dallam segítségével. A felvételek hangelemzéséhez ezúttal már a Goldwave –nél fejlettebb Spectrum Analyser számítógépes programot használtunk.

Természetesen tisztában voltunk azzal, hogy statisztikailag szignifikáns eredményeket 4 fős mintánál, ill. 2-2 fős nemenkénti csoportnál nem remélhetünk, de a további kutatási mérések

tervezéséhez elengedhetetlen tapasztalatokra szükségünk volt. Az alaphang és ahol a hangképből kiemelkedett, elkülöníthető volt, a hét első felhang hangnyomásának alakulását figyeltük. A mérés előtti és utáni hangfelvétel részhangjait páros-t próbával, valamint a részhangok belső kapcsolatait korrelációs elemzéssel vizsgáltuk, SPSS20 statisztikai program segítségével.

Az első kísérleti mérés tapasztalatai, eredményei: Az első kísérleti mérés tapasztalatai alapján megállapítható, hogy rövid hangi bemelegítés hatása is nyomon követhető a felvett hangok FFT hangképében. A változás különösen a magasabb felhangokra előnyös. A változás az első 7-8 felhang hangnyomásában jelentős. Páros-t elemzéssel az alaphangot (F0) és az első 12 felhangot (H1-H12) elemeztünk. A résztvevők létszáma ugyan nagyon kicsi, ezért is szignifikáns változásokat nem tapasztalhattunk, de megállapítható, hogy a két férfi hangjára és a magas magánhangzókra – i, ü, é, ö, e, á - előnyösebben hatott ez a rövid bemelegítés. A paraméterek belső kohéziója – a korrelációs elemzés nyomán – e rövid bemelegítés hatására lazult. További célként a résztvevők létszámának növelése és a gyakorlatok továbbfejlesztése szükséges. Mind a kilenc magánhangzó vizsgálata nem adott többlet információt, ezért a vizsgált magánhangzók száma csökkenthető. A felhangok mellett újabb paraméterek kipróbálása javasolt (Altorjay, 2012a; Altorjay, 2012b; Altorjay, 2012e).

6.3. Második kísérleti mérés

Célok: ebben a kísérletben két, felépítésében, céljában eltérő bemelegítési gyakorlat – koponyaüreges és szájüreges - hatását kívántuk összehasonlítani. Három, hangképzési felkészültségben és életkorban eltérő hallgatói csoportot vontunk be a vizsgálatba.

Módszerek (1. csoport): az 1. csoportba 14 és 16 év közötti zeneművészeti szakközépiskolás (SZTE Vántus István Gyakorló Zeneművészeti Szakgimnázium), különböző hangszereken tanuló diákok voltak, összesen 15 fő. 9 lány (átlagos életkor 15,03 év) és 6 fiú (átlagos életkor 15,55 év). Hangszereik: 4 zongorista, 3 trombitás, 2 hegedűs, 2 népi énekes, 1 csellista, 1 fuvolista, 1 gitáros, 1 oboista. A diákok, egy szakközépiskolás osztály tanulói. Két osztályfőnöki óra keretén belül csináltuk a felmérést. Először, mindkét alkalommal egyénekenként, kényelmes középhangon – lányoknál g1 (392 Hz) és fiúknál e (164,8 Hz) – felvettük a kilenc magyar magánhangzót, 1 sec-ig tartva. Ezt követően 15 perc időtartalmú, csoportos bemelegítési gyakorlatsor következett. A bemelegítés után megismételtük a magánhangzók felvételét. A két alkalom közül az elsőt koponyaüregeket becsengető skálasort, míg a második alkalommal szájüreget becsengető skálasort végeztünk a

diákokkal. A csoportos bemelegítés nem lehetett egyénre finomított. Minden diák saját belátása szerinti kényelmes hangterjedelmén kapcsolódott be, ill. ki a gyakorlatokba. A felvételeket az osztályterembe telepített Roland/Edirol R-44R Channel Recorder (hangfelvevővel), két AKG 2000B mikrofonnal készítettük. A mikrofon állványokra távolságtartó konzolt (40 cm) szereltünk, hogy így biztosítsuk a diákok egyforma távolságát a mikrofonoktól.

A felvételek elemzéséhez ennél a kísérletnél kezdtük a SIGVIEW 2.4. hangelemző programot alkalmazni, míg a statisztikai feldolgozáshoz SPSS 20. programot használtunk. A felvétel hangerejének változásán túl a felhangváltozást mutató, összefoglaló paramétert, az ún. „teljes harmonikus torzulás” (= Total Harmonic Distorsion”, THT) –t vizsgáltuk. Ez a paraméter a felhangok (részhangok) hangnyomásának arányát mutatja az alaphang hangnyomásához viszonyítva. Tehát egy hányados, amelynek mértékegysége [%]. Feltételezésünk szerint alkalmas a magánhangzó felvételek felhang-változásainak kimutatására.

Először ismertetjük az 1. csoportnál alkalmazott bemelegítő gyakorlatokat.

II. kísérleti mérés

1. csoport, koponyaüreges, lányok

A.T.

$\text{♩} = 100$



dúdolások	(először	zárt	szájjal,	majd	nyitott	szájjal)
műb	-	bű	műb	-	bű	műb - bű
nűl	-	lű	nűl	-	lű	...
gyűj	-	jű	gyűj	-	jű	...
gűny	-	nyű	gűny	-	nyű	...

II. kísérleti mérés

I. csoport, koponyaüreges, fiúk

A.T.



Dúdolások	(először	zárt	szájjal,	majd	nyitott	szájjal)
műb	-	bű	műb	-	bű	műb - bű
mül	-	lű	mül	-	mű	
gyűj	-	jű	gyűj	-	jű	
gűny	-	nyű	gűny	-	nyű	

A dallam kis hangterjedelmű, könnyen leolvasható. A koponyaüreget bemelegíteni szándékozó gyakorlatsort, könnyed, orrba-vezetett hangadással, más kifejezéssel élve dúdolással, dűnnyögéssel kezdtük. Ennek a gyakorlatnak mindkét változatát – zárt szájás és nyitott szájás – alkalmaztuk. A magánhangzóknál magas nyelvállású, labiális (ajak-

csücsörítéses) változatokat alkalmaztunk, [ú, ú], amelyek képzése esetén szűk a szájüreg, és így képzésük során is van esély orrjáratú légáramra. Mássalhangzóknál a nazálisokra és zárhangzókra összpontosítottunk, az ajakhangzóktól indulva [m, b] és a lágyszájpad [g] -ig jutva.

II. kísérleti mérés

I. csoport, szájüreges, lányok

A.T.

$\text{♩} = 100$

pep	-	pe	-	pep	-	pe	pep	-	pe	pep	-	pe
fef	-	fe	-	fef	-	fe	...					
tet	-	te	-	tet	-	te	...					
jáj	-	já	-	jáj	-	já	...					
lál	-	lá	-	lál	-	lá	...					
rar	-	ra	-	rar	-	ra	...					
hah	-	ha	-	hah	-	ha	...					

II. kísérleti mérés

I. csoport, szájüreges, fiúk

A.T.

$\text{♩} = 100$

pep	-	pe	pep	-	pe	pep	-	pe	pep	-	pe
fef	-	fe	fef	-	fe	...					
tet	-	te	tet	-	te	...					
jáj	-	já	jáj	-	já	...					
lál	-	lá	lál	-	lá	...					
rar	-	ra	rar	-	ra	...					
hah	-	ha	hah	-	ha	...					

A második alkalommal ugyanazt az egyszerű dallamot alkalmaztuk. Most csak szöveges skálagyakorlatok voltak. A mássalhangzóknál most is az ajakhangzóktól jutottunk el a torokhangzóig, döntő részben zöngétlen és rés vagy pörgetett hangzókat használva. A magánhangzóknál nyitott szájüreggel és lehetőleg illabiálisan (ajak-csücsörítés nélkül) képzett változatokat [e, á] kértünk, ezzel igyekeztünk csökkenteni a hangadás során a szájüreg ellenállását.

Eredmények (1. csoport): az 1. csoport eredményei páros-t próbával összehasonlítva a bemelegítés előtti és utáni hangnyomás átlagokat (á), és teljes harmonikus torzulást (T). A koponyaüreges alkalmat $\dot{\text{r}}$ (k), míg a szájüregest (sz) betűvel jelöljük a táblázatban. A kilenc magyar magánhangzóból négyet elemeztünk. Ezek - [í, ö, á, ú] - általánosan használtak a nyugati nyelvekben is. Kettő magas (elülső nyelvállású) [í, ö] és kettő mély (hátsó nyelvállású) [á, ú]. Szerepel köztük ajakcsücsörítéses (labiális) [ö, ú] és ajakcsücsörítésmentes (illabiális) [í, á], valamint felső [í, ú], középső [ö] és alsó nyelvállású is [á],

a nyelvállás függőleges helyzete szerint. Feltételezésünk szerint a kiválasztott négy magánhangzó elemzésével a bemelegítés hatása hiánytalanul áttekinthető. A táblázatokban a szignifikáns eredményeket dűlt kiemeléssel hangsúlyozzuk.

4/a. táblázat. Első csoport páros-t eredményei

	íká	íkT	íszá	íszT	óká	ókT	ószá	ószT
t	-2,647	-1,058	-1,947	1,337	-0,609	-1,652	-2,394	0,292
p	0,019	0,308	0,072	0,202	0,552	0,121	0,031	0,775

A páros-t értékeket áttekintve egyedül az [ú] magánhangzónál látjuk, hogy csak két esetben (úká és úszá) volt előnyös a bemelegítés hatása, míg a többi magánhangzónál, 3-3 paraméternél is negatív a „t” értéke, ami előnyös hatást jelez. A koponyaüreges bemelegítés esetén 6, míg a szájüreges bemelegítésnél 5 paraméternél volt előnyös a hatás. A p értékeket figyelve, csak 3 érték szignifikáns a vizsgált 16-ból. Ebből két paraméter a szájüreges, míg egy a koponyaüreges bemelegítés erős hatását mutatja (4/a-4/b).

4/b. táblázat. Első csoport páros-t eredményei

	áká	ákT	ászá	ászT	úká	úkT	úszá	úszT
t	0,053	-1,416	-1,706	-0,733	-1,568	0,033	-3,011	0,600
p	0,959	0,179	0,110	0,476	0,139	0,974	0,009	0,558

Az elemzést korrelációs elemzéssel is folytattuk. Magánhangzónként a paraméterek belső összefüggéseit figyelve. Az 1. csoportnál a hangnyomás átlagok értékei között adódott csak több szignifikáns kapcsolat.

A 2. és 3. csoport számára – tekintettel magánének képzettségükre - dallamaiban igényesebb és hangterjedelmében és hangközugrásokban is nehezebb, továbbfejlesztett, már nem csak egy, hanem két dallamos gyakorlatsort szerkesztettünk.

Módszerek (2. csoport): a 2. csoport (15 nő, zeneművészeti szakgimnáziumos, magánének szakos) koponyaüreges gyakorlatának első dallama kvint hangterjedelmű, egyszerű emelkedő dallam. A második dallam fent indul és a moll hangsor felső 5-6. fokán díszít, majd lefelé kis-szext ugrással zár. A dallam szándéka, hogy az énekhangot magas fekvésbe emelje. A gyakorlatok elején és zárásaként is dúdolást alkalmaztunk. A szövegeknél

itt is, mint az első csoportnál nazális, és zár mássalhangzókon van a hangsúly, az ajkhangzótól [m] eljutva a lágyszájpad [g] hangzóig. Ebben a gyakorlatsorban csak a magas, hátsó nyelvállású, csücsörített [ú] magánhangzót alkalmaztuk, amelynek képzésekor a légáramlás lehetősége az orrjárat felé biztosított.

II. kísérleti mérés

2. csoport, koponyaüreges, női

A.T.

♩ = 100

Szoprán

zárt, majd nyitott szájas dúdolás ...
 múm - mú múm - mú múm - mú múm - mú múm - mú
 nún - nú nún - nú ...

Szoprán

nyúny - nyú nyúny - nyú ...
 gúny - nyú gyúny - nyú ...
 zárt szájas dúdolás ...

A 2. csoport szájüreges gyakorlatsorának első dallama a koponyaüregesével megegyező. A második dallam viszont alulról indul, és táguló hangközök jellemzik. Ennek a dallamnak a célja, hogy a hangfekvéseket kapcsoljon össze. A gyakorlat szövegeinél csak zöngétlen, rés mássalhangzókat alkalmaztunk, megint az ajkhangzóktól [p, f] eljutva a torokhangig [h]. A zöngétlenek és réshangzók választásával a hangadás során a hangrésbeli és szájüregi ellenállást igyekeztünk csökkenteni. A magánhangzókból az alsó nyelvállású (nyílt) változatokat [e, á, a] alkalmaztuk leginkább.

II. kísérleti mérés

2. csoport, szájüreges, nők

A.T.

♩ = 100

Ének

pep - pe pep - pe ...
 fef - fe fef - fe ...
 szósz - szó szósz - szó ...
 sós - só sós - só ...

Ének

jáj - já jáj - já ...
 lál - lá lál - lá ...
 rar - ra rar - ra ...
 hah - ha hah - ha ...

A 2. csoport esetén, férfi-hangok számára összeállított gyakorlatot nem ismertetünk, mert ebben a csoportban csak nők szerepeltek.

Eredmények (2. csoport): a 2. csoport eredményei páros-t elemzés alapján a következő 5/a-5/b táblázatban láthatók. Az ebben használt rövidítések az első csoportnál alkalmazottakkal azonosak. A szignifikáns értékek kiemelésére itt is dült kiemelést alkalmaztunk.

A „t” értékeket vizsgálva, többségében - 16-ból 11 paraméternél - a negatív érték a bemelegítés előnyös hatását jelzi. 6 esetben a koponyaüreges, míg 5 esetben a szájüreges bemelegítés mutatkozott előnyösnek, pontosan úgy, mint az 1. csoportnál.

5/a. táblázat. Második csoport páros-t eredményei

	íká	íkT	íszá	íszT	őká	őkT	őszá	őszT
t	0,198	-2,11	-0,72	0,09	-0,002	-2,23	0,503	0,585
p	0,846	0,053	0,485	0,931	0,998	0,043	0,623	0,568

A szignifikáns hatások száma itt is, mint az 1. csoportnál 3 db. Két szignifikáns hatás (őkT, úká) a koponyaüreges, míg egy (ászT) a szájüreges bemelegítés következménye.

5/b. táblázat. Második csoport páros-t eredményei

	áká	ákT	ászá	ászT	úká	úkT	úszá	úszT
t	-0,937	-0,727	-0,169	2,996	-2,372	0,059	-0,927	-2,038
p	0,365	0,479	0,868	0,010	0,033	0,954	0,370	0,061

A 2. csoport eredményei korrelációs elemzéssel az 1. csoporthoz hasonlóan a hangnyomás átlagok közti szoros belső kapcsolatot mutatta, mind a négy magánhangzónál.

A 3. - magánének szakos egyetemi hallgatókból (SZTE ZMK) álló - csoport gyakorlatai is két-két dallamosak. Itt ismertetjük a nők és a férfiak számára összeállított gyakorlatokat is, mivel itt mindkét nem képviseltette magát. 3. csoport: 8 nőből és 7 férfiből állt.

Módszerek (3. csoport): a koponyaüreges gyakorlat első dallama szekvenciálisan megismételt emelkedő dallam, a tetején 5.-6. fok közti díszítéssel. A második dallam célja most is a hang magas fekvésbe emelése volt. A nyitott és zárt szájas dúdolás mellett, ezekben a gyakorlatokban csak felső-hátsó nyelvállású (zárt-mély) ajakkerekítéses [ú] magánhangzót alkalmaztunk, és a nazális mássalhangzókhoz a lágyszájpad zárhangzót [g] kapcsoltuk. Az utolsó skála célja az orrüregi csengés működésének ellenőrzése volt.

II. Kísérleti mérés

3. csoport, koponyüreges, női

A.T.

$\text{♩} = 100$

Szoprán

nyitott szájas dúdolás
 gúny - nyú gúny - nyú gúny - nyú gúny - nyú gúny - nyú gúny - nyú gúny - nyú
 gún - nú gún - nú ...

Szoprán

zárt szájas dúdolás
 gúm - mú gúm - mú ...
 húh - hú húh - hú

II. kísérleti mérés

3. csoport, koponyüreges, férfi

A.T.

$\text{♩} = 100$

Basszus

nyitott szájas dúdolás
 gúny - nyú gúny - nyú ...
 gún - nú gún - nú ...

Basszus

zárt szájas dúdolás
 gúm - mú gúm - mú ...
 húh - hú húh - hú

A 3. csoport szájüreges gyakorlatainál a lendületesebb, triolás dallam-szerkezetre tértünk át, így célozva meg a hangfekvések összekapcsolását. A 2. dallam határozottabban táguló jellegű, egyre nagyobb hangközöket ugrik. A magánhangzókból csak alsó nyelvállású, nyíltakat alkalmaztunk [e, a, á]. A mássalhangzóknál elkerültük a zár és zöngéshangzók használatát. Csak rés vagy oldalsó és zöngétleneket építettünk a gyakorlatokba. Az utolsó gyakorlatban két zárt (felső nyelvállású) magánhangzót [í, ú] kapcsolunk a legnagyobb szájnyílású hangzónkhoz [á], segítve ezzel a nyíltabb, „szájasabb”, kisebb toldalécsövön belüli ellenállással történő képzésüket a magánhangzóknak.

II. kísérleti mérés

3. csoport, szájüreges, nők

A.T.

$\text{♩} = 100$

Ének

pa - pe - pá pa - pe - pá ...
fa - fe - fá fa - fe - fá ...
sa - se - sá sa - se - sá ...

Ének

la - le - lá la - le - lá ...
ha - he - há ha - he - há ...
ú - á - ú í - á - í ú - á - ú í - á - í ú - á - ú

II- kísérleti mérés

3. csoport, szájüreges, férfiak

A.T.

$\text{♩} = 100$

Basszus

pa - pe - pá pa - pe - pá ...
fa - fe - fá fa - fe - fá ...
sa - se - sá sa - se - sá ...

Basszus

la - le - lá la - le - lá ...
ha - he - há ha - he - há ...
ú - á - ú í - á - í ú - á - ú í - á - í ú - á - ú

Eredmények (3. csoport): a 3. csoport eredményei, páros-t elemzés alapján kiegyenlítettebb, mint a másik két csoportnál. A „t” értékek mind a négy magánhangzónál a bemelegítés előnyös hatását mutatják a ká (koponya-átlag), kT (koponya THT), szá (szájás átlag) paramétereknél, csak az szT –nél (szájás THT) nem (lásd 6/a-6/b táblázat).

6/a. táblázat. Harmadik csoport páros-t eredményei

	íká	íkT	íszá	íszT	óká	ókT	ószá	ószT
t	-0,468	-0,576	-3,67	0,645	-0,603	-2,18	-1,00	1,519
p	0,648	0,576	0,003	0,531	0,558	0,050	0,337	0,155

A szignifikáns hatások száma is megnőtt, az eddigi csoportoknál talált 3db helyett itt már 5 db volt.

6/b. táblázat. Harmadik csoport páros-t eredményei

	áká	ákT	ászá	ászT	úká	úkT	úszá	úszT
t	-1,431	-1,033	-2,627	1,170	-3,076	-0,622	-1,086	2,194
p	0,178	0,322	0,022	0,265	0,010	0,546	0,299	0,049

A 3. csoportnál a korrelációs vizsgálatnál újdonságként az [á] magánhangzónál a THT értékek között is jelentkeztek szignifikáns kapcsolatok. A szignifikáns kapcsolatok többsége, azonban minden magánhangzónál továbbra is a hangnyomás átlagok között mutatkozott.

Bár az eddigiekből kiderült, hogy a három csoportnál nem azonos dallamokat használtunk a gyakorlatokhoz, de a dúdolás és a magán és mássalhangzók válogatásának azonos elve, véleményünk szerint lehetővé teszi az összevont elemzést is.

Eredmények (három csoport együtt): elsőként külön elemeztük mindhárom csoport lány/női tagjainak összevont eredményeit is. Számuk összesen 32 (9+15+8). A páros-t értékeit a 7/a-7/b táblázatban foglaltuk össze.

7/a. táblázat. Összevont nők páros-t eredményei

	íká	íkT	íszá	íszT	őká	őkT	őszá	őszT
t	0,221	-1,920	-2,973	0,928	0,540	-3,123	-1,00	1,423
p	0,826	0,064	0,006	0,361	0,593	0,004	0,325	0,165

A negatív „t” értékek – amik a bemelegítés előnyös hatását mutatják – száma 10 db a 16 lehetőségből. Az [á] és [ú] magánhangzóknál 3-3, míg az [í] és [ő] magánhangzóknál csak két paraméternél találtuk ezt. A szignifikáns hatások száma csupán 4. Minden magánhangzóra jut egy, kettő a koponyaüreges és kettő a szájüreges bemelegítés következménye.

7/b. táblázat. Összevont nők páros-t eredményei

	áká	ákT	ászá	ászT	úká	úkT	úszá	úszT
t	-0,738	-0,540	-1,369	3,283	-2,081	0,046	-1,257	-0,607
p	0,466	0,593	0,181	0,003	0,046	0,964	0,218	0,548

Az összevont nők csoportnál a korrelációs vizsgálatnál mind az [í] és az [ú] magánhangzóknál is megnőtt a szignifikáns belső kapcsolatok száma. A második, szájüreges bemelegítés nyomán a THT paraméterek belső kapcsolatai is megerősödtek.

Az összevont értékelést a fiúkkal/férfiakkal folytatjuk. Az 1. és a 3. csoportnak is voltak fiú/férfi tagjai. Összesen 13-an (6+7 fő). Így lehetőségünk nyílt a nemenkénti eltérések feltárására is.

A páros-t elemzésnél kiemelendő, hogy a 16 összehasonlításból csupán két esetben nem negatív a „t” értéke, jelezve, hogy mindkét bemelegítés hatása előnyös. Megjegyzendő, hogy a két pozitív „t” érték a szájas bemelegítésnél (őszT, úszT) fordult elő (lásd 8/a-8/b táblázat).

8/a. táblázat. Összevont férfiak páros-t eredményei

	íká	íkT	íszá	íszT	őká	őkT	ószá	ószT
t	-3,012	-0,865	-1,907	0,732	-1,867	-1,582	-2,836	0,367
p	0,013	0,407	0,086	0,481	0,091	0,145	0,018	0,721

A szignifikáns értékek száma ebben az esetben lett a legmagasabb az eddigi csoportokkal összevetve (6 db). Ezek eloszlása a két bemelegítés között kiegyenlített. Az [á] és az [ú] magánhangzónál jelentkezik a többségük (4db).

8/b. táblázat. Összevont férfiak páros-t eredményei

	áká	ákT	ászá	ászT	úká	úkT	úszá	úszT
t	-1,314	-2,602	-2,422	-1,815	-2,682	-0,681	-3,807	1,782
p	0,218	0,026	0,036	0,100	0,023	0,511	0,003	0,105

A korrelációs vizsgálat az összevont férfi csoportnál szintén a hangnyomás átlag értékek belső szignifikáns kapcsolatainak hangsúlyát mutatta.

Végül elemeztük mindhárom csoport eredményeit összevontan. Az összlétszám 45 fő volt. Eredmények páros-t elemzés minden magánhangzónál 3-3 paraméternél mutatja a bemelegítések előnyös hatását. Mind a négy magánhangzónál a szájas bemelegítésnek nem mutatkozott pozitív hatása a THT paraméterre (lásd 9/a-9/b táblázat).

9/a. táblázat. Teljes létszám páros-t eredményei

	íká	íkT	íszá	íszT	őká	őkT	ószá	ószT
t	-4,415	-1,900	-3,565	1,185	-0,758	-3,517	-1,001	1,381
p	0,164	0,064	0,001	0,243	0,453	0,001	0,323	0,174

A szignifikáns változások száma 5, melyek többsége, 3 db a szájas bemelegítés hangnyomás átlagra gyakorolt erős hatását mutatja.

9/b. táblázat. Teljes létszám páros-t eredményei

	áká	ákT	ászá	ászT	úká	úkT	úszá	úszT
t	-1,476	-1,899	-2,356	1,814	-2,826	-0,477	-2,717	0,481
p	0,148	0,064	0,023	0,077	0,007	0,636	0,010	0,633

6.3.1. A második kísérleti mérés tapasztalatai

Összefoglaló értékelésként az alábbi megállapításokat és következtetéseket vonhattunk le a Második kísérleti mérés eredményeiből.

Megállapítások:

- (1) A páros-t vizsgálatnál a fiú/ férfi összevont csoportnál volt a legtöbb szignifikáns hatás (6 db), de ez a szám is a lehetséges 16 db alig több mint 1/3-a.
- (2) A korrelációs összefüggéseknél a csoportok között az 1. csoportnál, akik magánének hangképzésben nem részesültek jelentkeztek a szignifikáns kapcsolatok a legnagyobb számban.
- (3) Az összevont csoportok közül a lányok/nők korrelációs eredményei magasak és ezek az értékek „húzzák fel” a teljes csapat eredményeit.
- (4) A fiúk/ férfiak szignifikáns korrelációs összefüggéseinek száma alacsony.
- (5) A bemelegítések egyes magánhangzókra vonatkozatható hatásosságában nem lehet különbséget kimutatni.
- (6) A vizsgált paraméterek közül a hangnyomás átlag érzékenyebben mutatta a bemelegítés hatását, és ezen átlagértékek belső összefüggése is erősebb, mint a THT paramétereké.

Következtetések:

- (1) A magánének képzettség előnyei ebben a vizsgálatban nem jelentkeztek.
- (2) A vizsgált paraméterek további vizsgálata, kipróbálása szükséges.
- (3) A bemelegítő gyakorlatok hatásosságát a dallamok nehézségei nem befolyásolták.
- (4) A bemelegítés időtartama (15 perc) a hatásossághoz még rövidnek mutatkozott.
- (5) Felmerült a kérdés, hogy az eltérő bemelegítések hatása eltérő fekvésű – hangfajú - hangokra eltérően hathat-e? (Altorjay, 2012a, 2012b, 2012e)

6.4. Harmadik kísérleti mérés

Célok: ebben a vizsgálatban magánének képzésben előrehaladott hallgatók nagyobb csoportjával, mindkét nem tagjaival kiegyenlített arányban igyekeztünk kísérletezni. Megnöveltük a bemelegítési gyakorlatok időtartamát, a hatásosság érdekében. A vizsgált paraméterek – hangnyomás átlag, THT – maradtak, de kipróbáltuk a bemelegítés hatását különböző, nemcsak közép, hanem mély és magas fekvésű – hangokra is.

Módszerek: ebben a mérésben 22 magánének szakos zeneművészeti egyetemi hallgató (SZTE ZMK) vett részt. 2012 októbere és 2013 februárja között sikerült lebonyolítanunk a méréseket. A résztvevők statisztikai jellemzői láthatók a 14. táblázatban.

14. táblázat. A harmadik kísérleti mérés résztvevőinek statisztikai adatai

	létszám	életkor		képzés		hangfajok		
		átlag	szórás	átlag	szórás	magas	közép	mély
teljes	22	24,72	4,43	6,64	3,16	10	7	5
nők	11	23,16	4,26	6,66	3,53	5	4	2
férfiak	11	26,29	4,19	6,73	2,90	5	3	3

Két mérési alkalmat szerveztünk minden hallgatónak. A mérésekre hangyi bemelegítés nélkül érkeztek. Mindkét alkalommal először felvettük az énekhangjukat, amint a kilenc magyar magánhangzót tartják hosszabb ideig, mint 1 sec. Minden magánhangzót 3-3 eltérő hangmagasságon tartottak. Egy mély, egy közép és egy magas fekvésű hangmagasságon. A hangmagasságokat nemhez és hangfajhoz igazítottuk. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a bemelegítések hatása eltér-e a különböző hangfekvésekben. A felvételeket a helyszínen telepített Roland/Edirol R-44R Channel Recorder (hangfelvevővel), két AKG 2000B mikrofonnal készítettük. A mikrofon állványokra távolságtartó konzolt (40 cm) szereltünk, hogy így biztosítsuk a hallgatók egyforma távolságát a mikrofonoktól.

III. kísérleti mérés

felvételi hangmagasságok, nők

A.T.

í - í - í é - é - é e - e - e
 ű - ű - ű ő - ő - ő á - á - á
 a - a - a ó - ó - ó ú - ú - ú
 soprán mezzó alt

III. Kísérleti mérés

felvételi hangmagasságok, férfiak

A.T.

í - í - í é - é - é e - e - e
 ű - ű - ű ő - ő - ő á - á - á
 a - a - a ó - ó - ó ú - ú - ú

tenor bariton basszus

Az első alkalommal a kezdeti felvételt „orros” bemelegítő gyakorlatsor követte, melynek időtartama 25 perc volt.

Légzésgyakorlattal kezdtük:

- (1) orron át be, majd kilégzés – ötször
- (2) orron át belégzés, majd szájon át kilégzés, szintén ötször (mindkét gyakorlatnál a kilégzést elnyújtva végeztettük)

Ezután lágyszájpad környéki izmokat melegítettük be:

- (3) ásítási és közben nyelvnyújtási gyakorlattal, szintén ötször
- (4) előkészítő gyakorlatokat szimatolás és ízlelés egyidejű végrehajtásával zártuk

Az éneklési gyakorlatoknál két dallamot használtunk:

- az első dallam fordulatai szekvenciálisan ismétlődve emelkednek
- a második dallam a tonikai alapponthez mindig visszatérve fokozatosan alulról fölfelé tágul

(5) dúdolással, mint bázis gyakorlattal indítunk mindkét dallamnál

(6) a szöveges gyakorlatoknál az ornyeregnél zengő [ny] mássalhangzóhoz kapcsoljuk a lágyszájpad [g]-t, majd innen indulva jutunk fokozatosan előre a toldalékcsőben a nazális ajakhangzóig [m]. Az első dallamnál kizárólag a hátsó, magas nyelvállással képzett, csücsörített [ú] magánhangzót alkalmazzuk. Ezen gyakorlatok célja, hogy a magánhangzók képzése közben is áramoljon az orrjárat felé a levegő. A második dallamnál az alkalmazott mássalhangzók azonosak, de a magánhangzóknál az [ú] –hoz kapcsolva próbáljuk a további [ó, a, á] magánhangzók képzését is zártabbá tenni.

III. kísérleti mérés

orros gyakorlatok, nők

A.T.

Ének

dúdolás ... dúdolás ...
nyú - gú-nyú gú - nyú ...
nű - gyű-nű gyű - nű ...
mú - rű-mű rű - mű ...

Ének

dúdolás ... dúdolás ...
nyú - go-nyó nyú - gó ...
nű - gya-na nű - gya ...
mú - rá-má mú - rá ...

A nőknél és a férfiaknál természetesen más-más fekvésben végeztettük a gyakorlatokat, mindig az egyéni adottságokhoz és aznapi hang állapotához igazodva.

III. kísérleti mérés

orros gyakorlatok, férfiak

A.T.

Basszus

dúdolás ... dúdolás ...
nyú - gú-nyú gú - nyú ...
nű - gyű-nű gyű - nű ...
mú - rű-mű rű - mű ...

Basszus

dúdolás ... dúdolás ...
nyú - go-nyó nyú - gó ...
nű - gya-na nű - gya ...
mú - rá-má mú - rá ...

A második mérési alkalmat a kezdeti felvétel készítése után „szájjas” gyakorlatokkal folytattuk, melyek időtartama szintén 25 perc volt.

Itt is légzésgyakorlattal indítottunk:

- (1) szájon át ki-be légzés, ötször
- (2) ki-be légzés [á] magánhangzó képzésére állított szájüreggel
- (3) kutyalihégés, ami a gyors szájon át történő ki-be légzést jelent, 1 percen át

Izomlazító gyakorlatokkal folytattuk:

- (4) száraz nyelési gyakorlat ötször
- (5) nevetési gyakorlat, rekeszből indítva, szintén ötször

Ezeket követte két dallamhoz kapcsolt szöveges gyakorlatsor. Az első dallam szekvenciálisan ismétlődő fordulatokkal fokozatosan ereszkedik, míg a második a tonikai alapponthez mindig visszatérve fölülről lefelé fokozatosan tágul.

(6) A szöveges gyakorlatok központi magánhangzója a legnyitottabb szájüreggel képzett [á]. Ehhez kapcsoljuk az első dallamnál a három ajakcsücsörítés-mentesen képzett magas magánhangzónkat [í, e, é], míg a második dallamnál a három mély magánhangzónkat [ú, ó, a]. Célunk az volt, hogy minden magánhangzónk képzése az [á] képzéséhez közelítve nyitottabbá, így képzésük közben a légáramlás szájon át minél akadálytalanabbá váljék. A mássalhangzóknál zöngétlen torok és réshangzókat alkalmaztunk a toroktól az ajakig jutva, a [h] torokhangtól az [f] ajak-foghangzóig. Ezzel szövegképzés közben a toldalékcső ellenállásának lehető legkisebbre mérséklését céloztuk.

III. kísérleti mérés

szájjas gyakorlatok, nők

A.T.

Ének



á - á - á - á - á ...
há - hí - há - hí - há ...
szá - szé - szá - szé - szá ...
fá - fe - fá - fe - fá ...

Ének



há - hú - há - hú - há ...
szá - szó - szá - szó - szá ...
fá - fa - fá - fa - fá ...
á - á - á - á - á ...

Természetesen ennél a gyakorlatsornál is figyelembe vettük a nemi és hangfaji eltéréseket.

III. Kísérleti mérés

szájjas gyakorlatok, férfiak

A.T.

Basszus



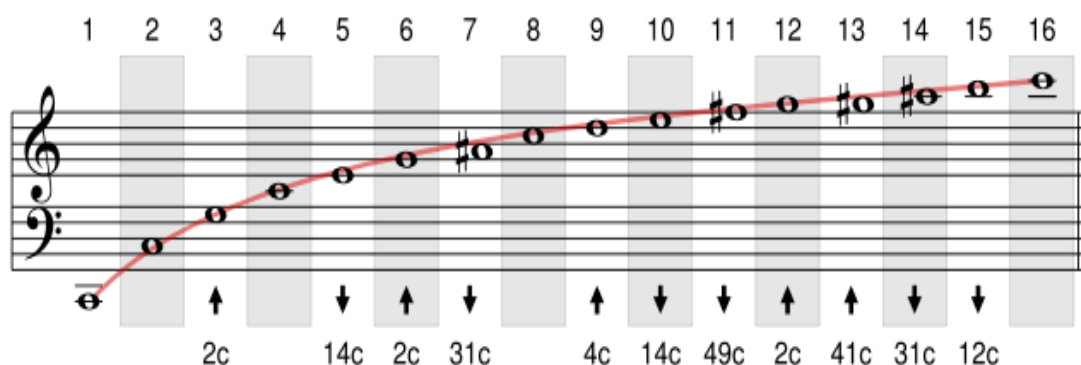
á - á - á - á - á ...
há - hí - há - hí - há ...
szá - szé - szá - szé - szá ...
fá - fe - fá - fe - fá ...

Basszus



há - hú - há - hú - há ...
szá - szó - szá - szó - szá ...
fá - fa - fá - fa - fá ...
á - á - á - á - á ...

A felvételek elemzéséhez itt is SIEGVIEW 2.4. programot használtuk. Fourier transzformáció után a hangképek alaphangját és első 7 felhangját „váltuk le” további elemzésre. Az első hét felhang kiválasztásának indoklása a következő (12.) ábrán látható.

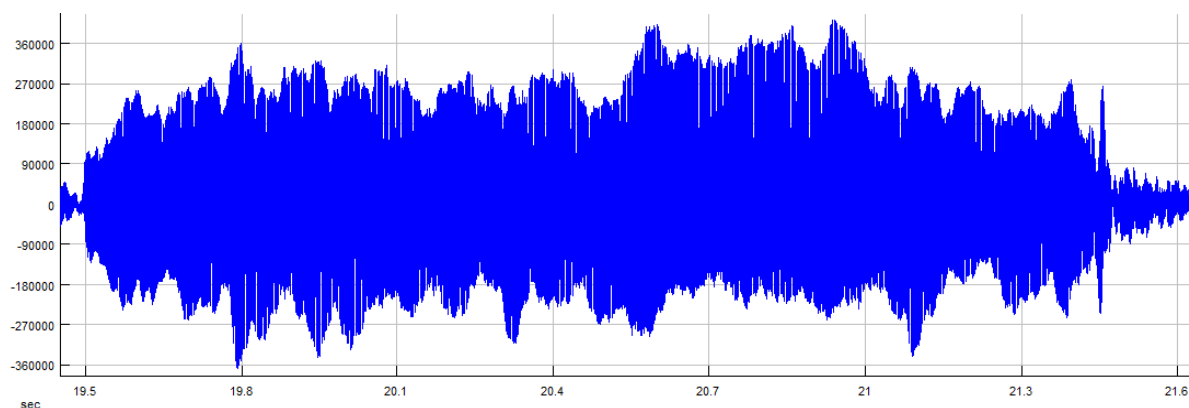


12. ábra

C harmonikus felhangjai (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Felhangsor>)

Az ábrán a természetes tiszta hangolás és a temperált hangsor eltéréseit jelölték centekben. (1 félhang = 100 cent). Mivel a kísérleti mérések során temperált zongorával segítettük a gyakorlatok végzését, és a felvételi hangmagasságok intonálását is, ezért indokolt az eltérések figyelembevétele. Az ábrából kiderül, hogy az első hét felhangból csak négy hangolása tér el. Ezen a szakaszon szerepelnek a többszörös oktáv-távolságra ismétlődő alaphangok 3 db (a négyből). A hangképek vizsgálatából az is kiderült, hogy a hangképek első szakasza a tagolt. Itt jelentkeznek a magánhangzókra jellemző formáns csúcsok is (F1 és F2). A hangképek tagolt szakasza nőknél a 0-6/8 kHz, míg férfiaknál 0-3/5 kHz. Utána a felhangok már nem különülnek el a hang zajtartalmától.

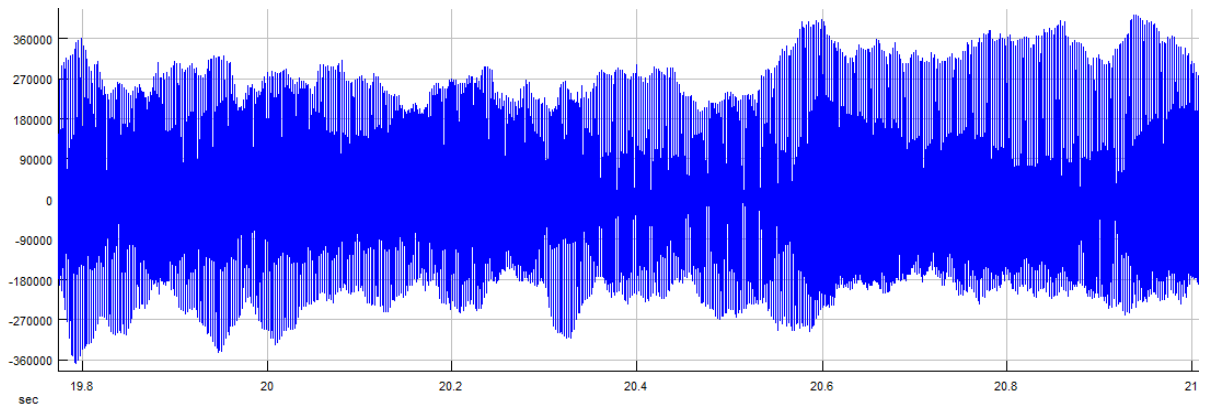
Az alábbi ábrákon egy mezzo énekes tartott [á] magánhangzójának erősen vibrált felvételét mutatjuk be (lásd 13. ábra).



13. ábra

[á] magánhangzó hangnyomás / idő diagramja

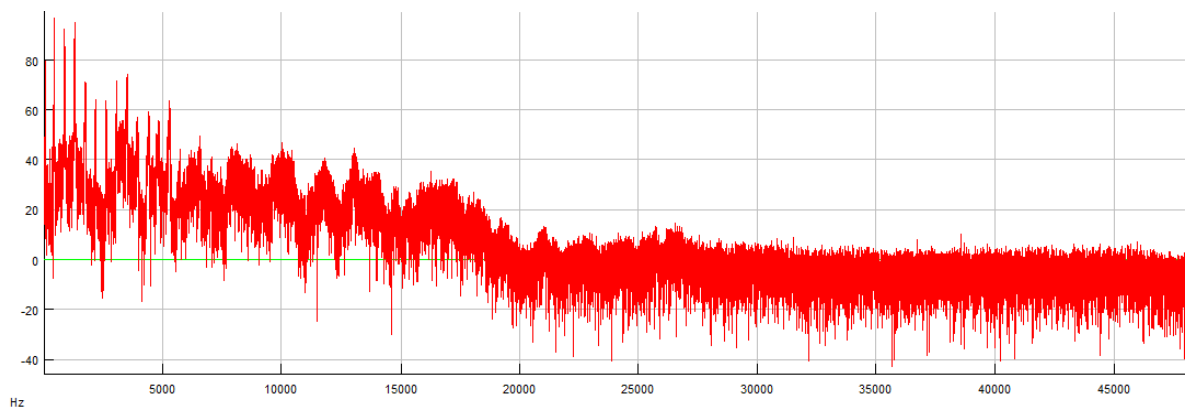
A hangfelvételtől „kivágott” >1 sec hosszúságú, egyenletes hangnyomású szakasz (14. ábra).



14. ábra

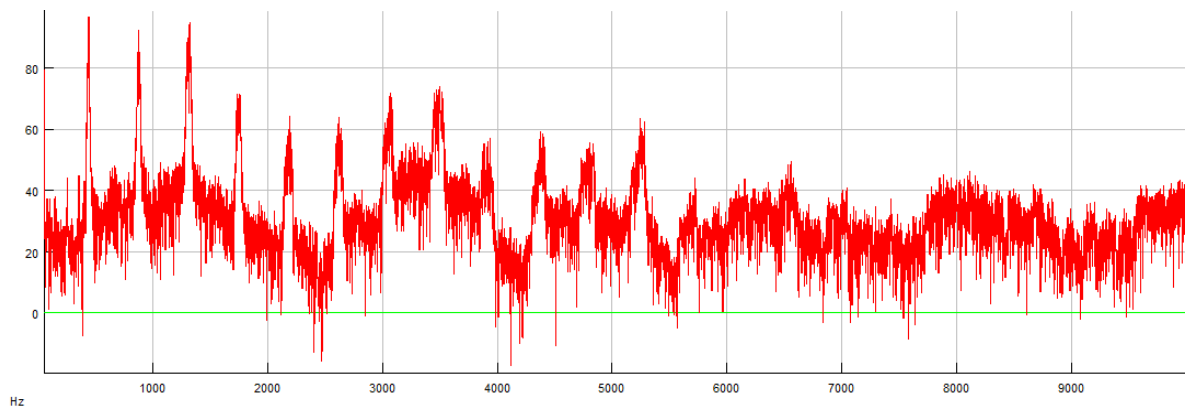
[á] magánhangzó hangnyomás / idő diagramjának 1 sec hosszú szakasza

A kivágott felvételszakasz felbontása részhangokra Fourier transzformációval (lásd 15. ábra), és annak tagolt szakasza (lásd 16. ábra).



15. ábra

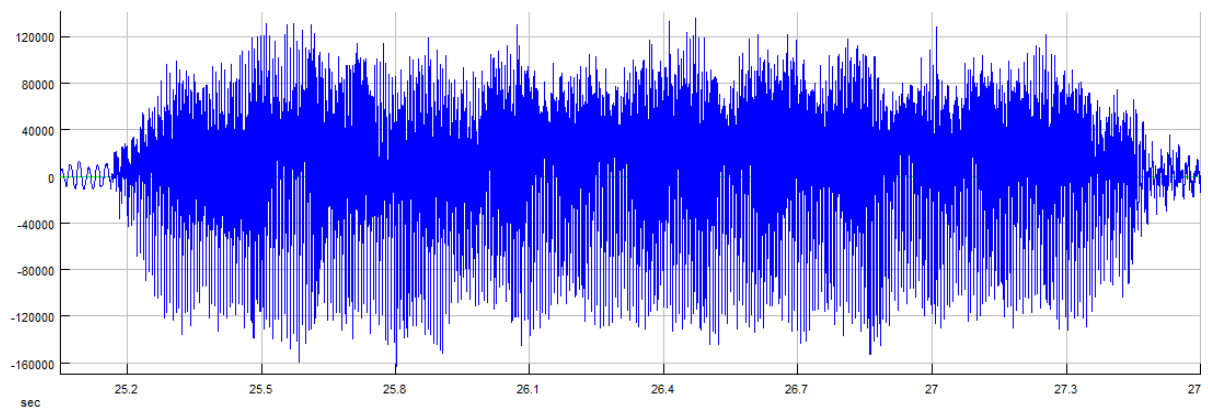
[á] magánhangzó FFT hangképe (hangnyomás / hangmagasság diagram)



16. ábra

Az FFT hangkép első (0-10 kHz), tagolt szakasza

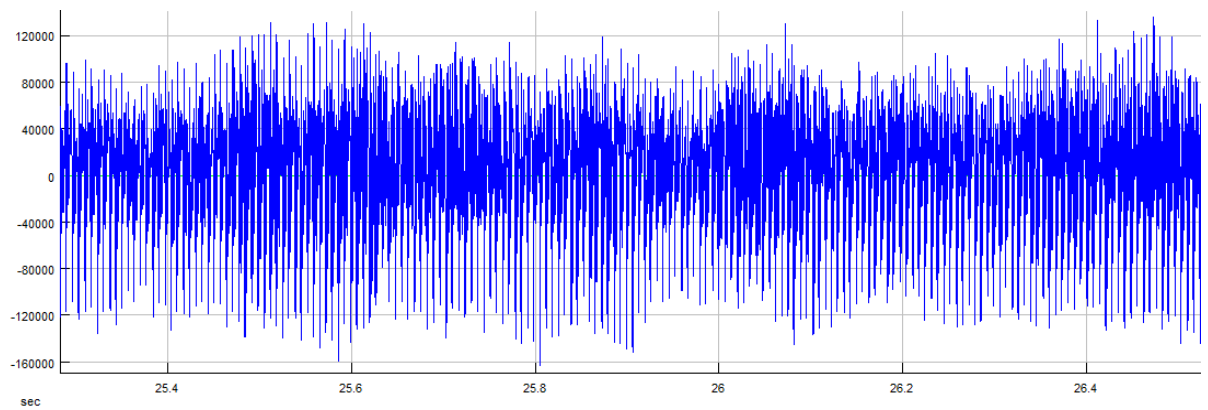
Basszus énekes [á] magánhangzó felvétele, erősen vibrált (lásd 17. ábra).



17. ábra

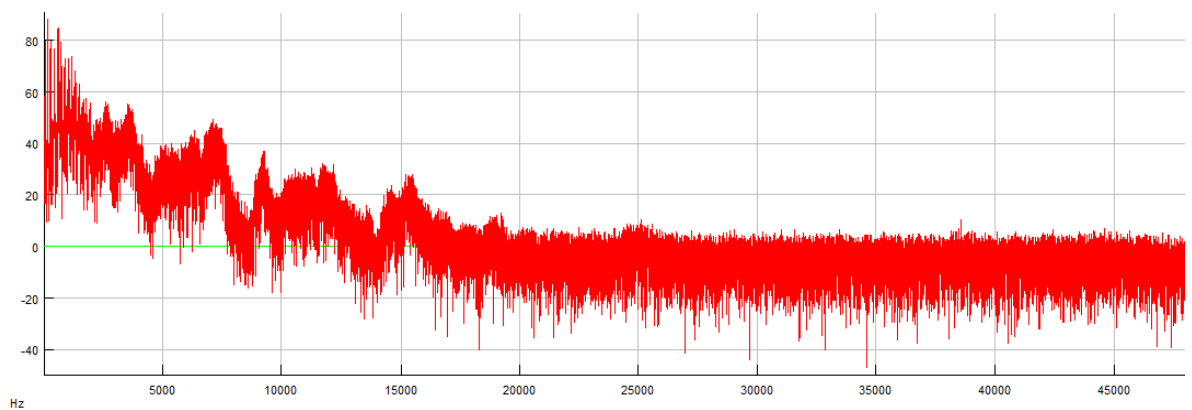
Férfi [á] magánhangzó hangnyomás / idő diagramja

Kivágott, >1sec hosszú, egyenletes hangnyomású szakasza (lásd 18. ábra).



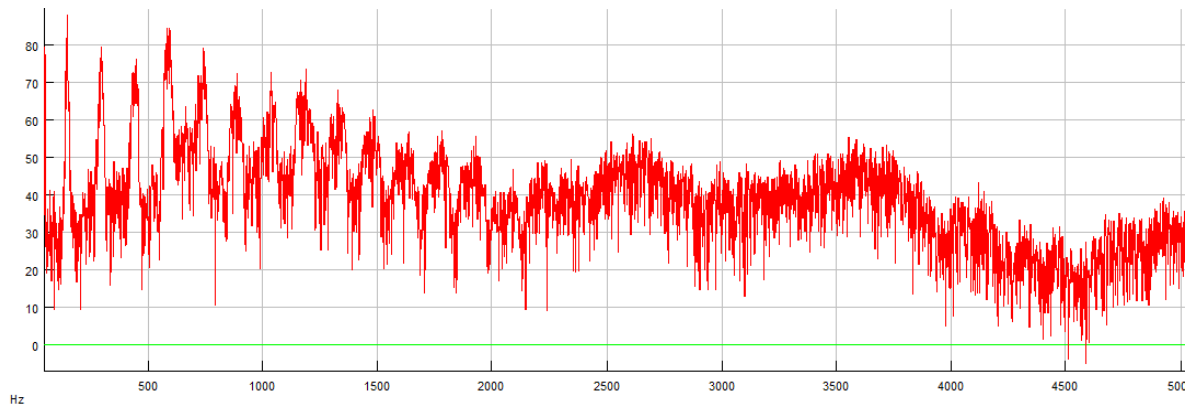
18. ábra

Férfi [á] magánhangzó hangnyomás / idő diagramjának 1 sec hosszú szakasza



19. ábra

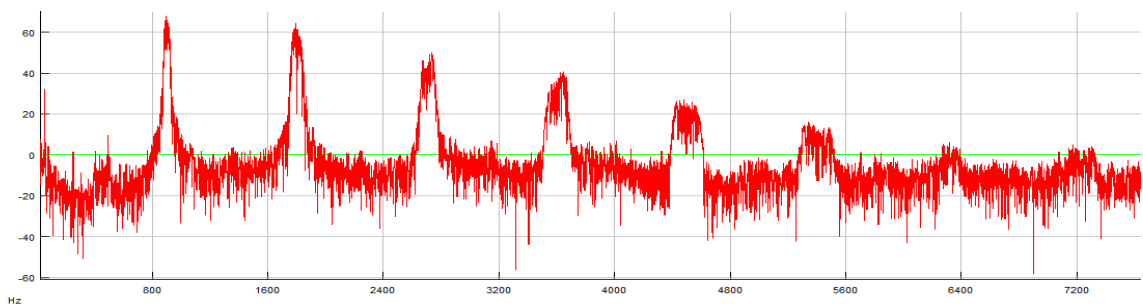
Férfi [á] magánhangzó FFT hangképe (hangnyomás / hangmagasság diagram)



20. ábra

Férfi FFT hangkép első, tagolt szakasza

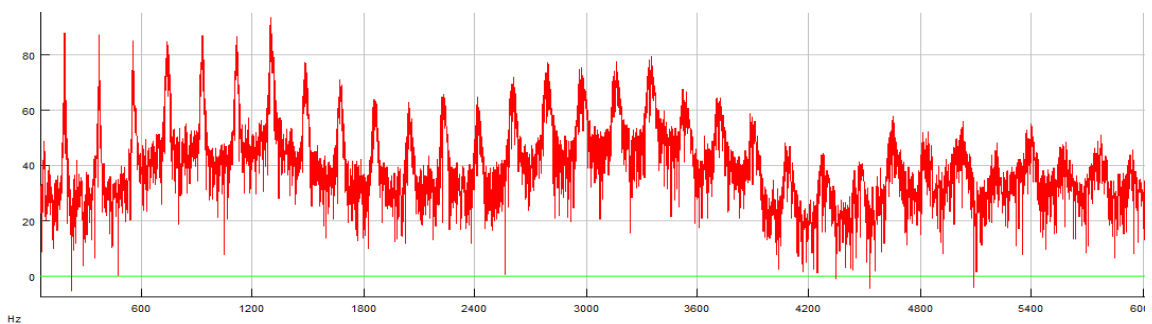
A 19. és 20. ábrákon férfi énekes [á] tartott magánhangzójának Fourier transzformációval készült hangképét és annak első, tagolt szakasza látható.



21. ábra

Női FFT hangkép F0 és első hét felhangja

A fenti ábrán (21.) egy jellegzetes női hangképet mutatunk, hét felhangig levágva. A H6 és H7 már ebben az esetben majdnem teljesen a zajba süllyed.

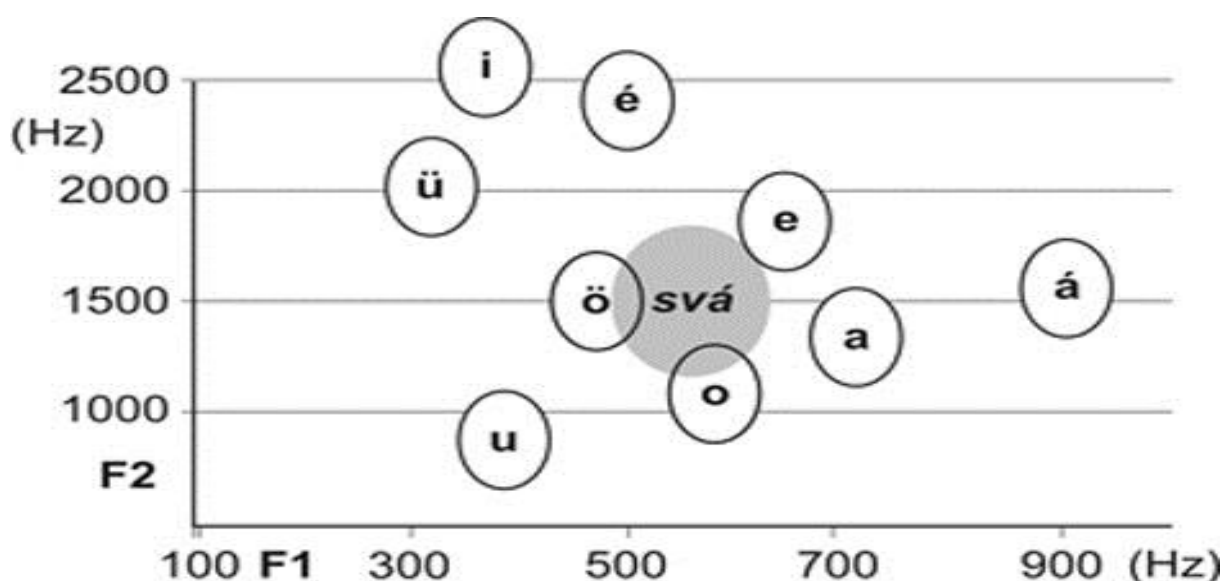


22. ábra

Jellegzetes férfi FFT hangkép (0-6 kHz)

A 22. ábrán egy jellegzetes férfi hangkép látható. A nemek közti eltérés feltűnő. A férfiak elkülönült felhangjainak száma többszöröse a nőkének. Az elemzéshez a fenti megfontolások összegzéseként az első hét felhang levágását választottuk, amellyel nemektől és hangfajoktól függetlenül összehasonlítható adatokat kaphattunk. (A 13-22. ábrák a SIEGWIEV 2.4. programmal készített hangelemzéseinkből származnak.)

Mind a kilenc magánhangzót felvettük, de elemzésre négyet választottunk ki. Ezek, a magánhangzók abszolút színét döntően meghatározó egyes (F1) és kettes (F2) formáns ábra szerint – lásd 23. ábra - az „formáns – foltok” által alkotott háromszög csúcspontjain és geometriai középpontjában vannak [í, á, ú, ö]. Ezek elemzését elegendőnek ítéltük a bemelegítés hatásának bemutatására. Van köztük magas és mély, alsó, középső és felső nyelvállású, valamint ajakcsücsörítéssel, és csücsörítés-mentes magánhangzó is. Az ábrán a négyzetek a beleírt magánhangzó F1, F2 formánsainak koordináta foltjait mutatják. Az ábrán a *svá* a semleges magánhangzó formánsainak hangoltsági helyét jelöli, amely nyelvenként eltérő. Ösztönösen – gögicséléskor, nyögéskor stb. - a nyelv szájüregi központi helyzetével képzett hangzó.



23. ábra (azonos a 10. ábrával)

Magyar magánhangzók F1/F2 formáns grafikonja <http://www.matud.iif.hu/07jan/13.html> (3)

Az elemzés során vizsgált paraméterek a III. kísérleti mérésnél is a hangnyomás átlag és a teljes harmónikus torzulás (THT) voltak. Emlékeztetőül a hangnyomás átlag mértékegysége [dB], míg a THT [%] -ban mutatja a felhangok és az alaphang hangnyomási hányadosát. A szignifikáns értékeket a táblázatokban dült kiemeléssel jelezzük.

Eredmények: elsőként páros-t próbával hasonlítottuk össze a két bemelegítés hatását. Az elemzést magánhangzónként és csoportokra bontva végeztük, és táblázatokba foglaljuk.

Az [í] magánhangzónál a teljes csoport esetén (15. táblázat) csak a szájás bemelegítésnek volt szignifikáns hatása a mély és a magas fekvésben, és csak a hangnyomás átlagra. A magas fekvésnél van egy szignifikáns érték a THT (teljes harmónikus torzulás) esetén is, de ez éppen ellenkezőleg a bemelegítés jelentős hátrányos hatását mutatja. A negatív „t” értékek alacsony száma is a bemelegítések bizonytalan hatását mutatják.

15. táblázat. Teljes csoport [i] páros-t eredményei

teljes	orros bemelegítés				szájás bemelegítés			
	hangmagasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
í	mély	átlag	1,738	0,097	mély	átlag	-2,140	0,044
		THT	-0,275	0,786		THT	0,465	0,646
	közép	átlag	0,439	0,665	közép	átlag	-1,833	0,081
		THT	0,508	0,617		THT	1,345	0,193
	magas	átlag	-1,241	0,228	magas	átlag	-4,018	0,001
		THT	1,074	0,295		THT	2,655	0,015

A nők esetén csak egy szignifikánsan előnyös hatás jelentkezett az [í] magánhangzónál, a magas fekvésű hang hangnyomásánál, a szájás bemelegítés nyomán. Ennek a bemelegítésnek szignifikánsan hátrányos hatása a THT paraméterre volt, a magas fekvésben, mint a teljes csoportnál. A szájás bemelegítés mindhárom fekvésben előnyösen hatott a hangnyomásra úgy, mint a résztvevők teljes csoportjánál (lásd 16. táblázat).

Az orros bemelegítés szignifikáns előnye sem a teljes csoportnál, sem a nőknél nem tapasztalható. A gyenge előnyös hatás is csak két-két esetben, de nem azonos paramétereknél jelentkezik. A közös paraméter ahol az orros bemelegítés hatása mindkét csoportnál előnyös, az a magas fekvés hangnyomása.

16. táblázat. Női alcsoport [i] páros-t eredményei

nők	orros bemelegítés				szájás bemelegítés			
	hangma-gasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Í	mély	átlag	0,887	0,396	mély	átlag	-0,893	0,393
		THT	0,109	0,916		THT	0,741	0,476
	közép	átlag	0,304	0,767	közép	átlag	-0,871	0,404
		THT	-0,453	0,660		THT	1,175	0,267
	magas	átlag	-0,024	0,982	magas	átlag	-2,660	0,024
		THT	0,356	0,729		THT	4,221	0,002

A férfiakat vizsgálva a teljes csoportnál (lásd 17. táblázat) szignifikáns hatások jelentkeznek a szájás bemelegítés nyomán a mély és a magas fekvésben, szintén a hangnyomásnál. A teljes csoporttal ellentétben a mély fekvésben a THT paraméternél is van mindkét bemelegítésnek előnyös, de nem szignifikáns mértékű hatása.

Az orros bemelegítés hatásánál kiemelendő, hogy egy szignifikáns, de hátrányos hatás található a mély fekvés hangnyomás átlagánál. A gyenge, de előnyös hatása az orros bemelegítésnek ugyanazoknál a paramétereknél jelezte, mint a teljes csoportnál (mély THT, magas átlag).

17. táblázat. Férfi alcsoport [i] páros-t eredményei

férfiak	orros bemelegítés				szájás bemelegítés			
	hangma-gasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Í	mély	átlag	3,293	0,008	mély	átlag	-2,222	0,008
		THT	-0,560	0,588		THT	-0,481	0,641
	közép	átlag	0,332	0,747	közép	átlag	-1,621	0,136
		THT	1,272	0,232		THT	0,673	0,516
	magas	átlag	-1,536	0,156	magas	átlag	-2,965	0,014
		THT	1,069	0,310		THT	0,333	0,746

A teljes csoportnál az [ő] magánhangzónál (lásd 18. táblázat) egyik bemelegítésnél sem volt szignifikánsan előnyös hatás. Gyenge, előnyös hatást jeleznek mindhárom fekvésben a negatív „t” értékek a hangnyomási paramétereknél. Az orros bemelegítés gyenge, előnyös hatása csak a középfekvésben jelentkezett, mindkét paraméternél.

18. táblázat. Teljes csoport [ő] páros-t eredményei

teljes	orros bemelegítés				szájjas bemelegítés			
	hangma-gasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Ő	mély	átlag	1,153	0,262	mély	átlag	-0,879	0,389
		THT	1,212	0,239		THT	0,889	0,384
	közép	átlag	-0,546	0,591	közép	átlag	-1,740	0,096
		THT	-0,537	0,597		THT	1,053	0,304
	magas	átlag	0,408	0,687	magas	átlag	-0,646	0,525
		THT	0,379	0,709		THT	1,378	0,183

A nők esetén (lásd 19. táblázat) a gyenge, előnyös hatások eloszlása a teljes csoportéval teljesen azonosak. Az orrosnál a középfekvés mellett itt a THT paraméternél magas fekvésben is, míg a szájasnál csak a hangnyomási értékeknel jelentkezik előnyös hatás minden fekvésben.

19. táblázat. Női alcsoport [ő] páros-t eredményei

nők	orros bemelegítés				szájjas bemelegítés			
	hangma-gasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Ő	mély	átlag	1,319	0,217	mély	átlag	-0,461	0,655
		THT	0,369	0,720		THT	0,715	0,491
	közép	átlag	-0,443	0,667	közép	átlag	-0,360	0,727
		THT	-1,420	0,186		THT	0,678	0,513
	magas	átlag	0,919	0,380	magas	átlag	-0,068	0,947
		THT	-0,187	0,855		THT	1,161	0,273

A férfiak alcsoportja (lásd 20. táblázat) abban mutat a többi csoporthoz képest eltérést, hogy az orros bemelegítés gyengén előnyös hatása nemcsak a középfekvésre korlátozódik, hanem a magas fekvés hangnyomásánál is jelentkezik.

20. táblázat. Férfi alcsoport [ó] páros-t eredményei

férfiak	orros bemelegítés				szájás bemelegítés			
	hangma-gasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Ő	mély	átlag	0,574	0,579	mély	átlag	-0,758	0,466
		THT	1,365	0,202		THT	0,576	0,577
	közép	átlag	-0,374	0,717	közép	átlag	-2,128	0,059
		THT	0,585	0,571		THT	0,774	0,457
	magas	átlag	-0,088	0,931	magas	átlag	-0,859	0,410
		THT	1,092	0,300		THT	0,728	0,484

Az [á] magánhangzónál az [í] –hez hasonlóan újra jelentkeznek szignifikánsan előnyös, hatások és itt is csak a szájás bemelegítés nyomán, és csak a hangnyomás átlagoknál. A teljes csoportnál (lásd 21. táblázat) a közép és a magas fekvésben.

21. táblázat. Teljes csoport [á] páros-t eredményei

teljes	orros bemelegítés				szájás bemelegítés			
	hangma-gasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Á	mély	átlag	0,769	0,450	mély	átlag	-0,679	0,504
		THT	-0,045	0,964		THT	1,250	0,225
	közép	átlag	-0,153	0,880	közép	átlag	-4,659	0,000
		THT	0,208	0,837		THT	2,262	0,034
	magas	átlag	-0,650	0,523	magas	átlag	-3,067	0,006
		THT	0,799	0,433		THT	1,258	0,222

A szájas bemelegítés előnye a mély fekvésben is kimutatható a hangnyomásnál, de ez a hatás nem szignifikáns. Az orros bemelegítés gyenge, előnyös hatása a mély fekvésben a THT, míg a közép és magas fekvésben a hangnyomási paramétereknél mutatható ki.

A nők alcsoportjánál (lásd 22. táblázat) a szájas bemelegítésnek csak egy szignifikánsan előnyös, hatása van a középfekvés hangnyomásánál. Gyenge, előnyös hatás viszont jelenkezik a hangnyomási paramétereken kívül a magas fekvés THT értékénél is.

Az orros bemelegítés három, gyengén előnyös hatása itt két esetben, a THT és csak egy esetben a hangnyomási paraméternél jelentkezik, és a magas fekvésnél jelentkezik mindkét paraméternél.

22. táblázat. Női alcsoport [á] páros-t eredményei

nők	orros bemelegítés				szájas bemelegítés			
	hangmagasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Á	mély	átlag	0,414	0,688	mély	átlag	-0,021	0,983
		THT	-0,185	0,857		THT	1,306	0,221
	közép	átlag	0,090	0,930	közép	átlag	-2,334	0,042
		THT	0,712	0,493		THT	2,230	0,050
	magas	átlag	-0,377	0,714	magas	átlag	-1,691	0,122
		THT	-0,098	0,924		THT	-0,407	0,693

A férfi alcsoport esetén (lásd 23. táblázat) ugyanazoknál a paramétereknél van a szájas bemelegítésnek szignifikánsan előnyös hatása, mint a teljes csoportnál, a közép és magas fekvésben a hangnyomásnál. Gyenge, de előnyös hatása ennek a bemelegítésnek még a teljes csoporthoz hasonlóan a mély fekvésbeli hangnyomásnál mutatható ki.

Az orros bemelegítés három gyenge, előnyös hatása jelentkezik a magas fekvés hangnyomásánál, és a középfekvésben mindkét paraméternél, a férfiaknál.

23. táblázat. Férfi alcsoport [á] páros-t eredményei

férfiak	orros bemelegítés				szájjas bemelegítés			
	hangma-gasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Á	mély	átlag	0,639	0,537	mély	átlag	-0,901	0,389
		THT	0,290	0,778		THT	0,115	0,911
	közép	átlag	-0,229	0,824	közép	átlag	-4,459	0,001
		THT	-0,843	0,419		THT	0,798	0,444
	magas	átlag	-0,521	0,614	magas	átlag	-2,662	0,024
		THT	1,900	0,087		THT	2,078	0,064

Az [ú] magánhangzó esetén a teljes csoportnál (lásd 24. táblázat) szintén két, szignifikánsan előnyös hatás jelentkezik a mély és középfekvésben a hangnyomás átlagnál a szájjas bemelegítés nyomán. Gyenge, előnyös hatása ugyancsak ennél a paraméternél van a szájjas bemelegítésnek a magas fekvésben.

Az orros bemelegítésnek ennél a magánhangzónál is csak gyenge, előnyös hatásai vannak, ezúttal a közép és mély fekvés hangnyomási paramétereinél.

24. táblázat. Teljes csoport [ú] páros-t eredményei

teljes	orros bemelegítés				szájjas bemelegítés			
	hangma-gasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Ú	mély	átlag	0,125	0,902	mély	átlag	-2,281	0,033
		THT	1,154	0,261		THT	0,769	0,450
	közép	átlag	-1,325	0,199	közép	átlag	-2,309	0,031
		THT	0,194	0,848		THT	1,256	0,223
	magas	átlag	-0,457	0,653	magas	átlag	-0,978	0,339
		THT	0,683	0,502		THT	0,905	0,376

A nők alcsoportjánál (lásd 25. táblázat) nincs előnyös, szignifikáns hatás egyik bemelegítésnél sem. Gyenge, előnyös hatás mindkét bemelegítés nyomán három-három paraméternél mutatkozik: a szájasnál a hangnyomás átlagoknál, mindhárom fekvésben, míg az orrosnál mindkét paraméternél a középfekvésben és a hangnyomás átlagnál a magas fekvésben.

25. táblázat. Női alcsoport [ú] páros-t eredményei

nők	orros bemelegítés				szájas bemelegítés			
	hangmagasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Ú	mély	átlag	0,364	0,723	mély	átlag	-1,027	0,329
		THT	0,343	0,738		THT	0,692	0,505
	közép	átlag	-0,674	0,515	közép	átlag	-1,430	0,183
		THT	-0,304	0,767		THT	2,090	0,063
	magas	átlag	-0,009	0,993	magas	átlag	-1,570	0,147
		THT	0,261	0,799		THT	0,878	0,400

A férfi alcsoportnál (lásd 26. táblázat), a mély hangmagasságnál a THT paraméterre hat egyedül szignifikánsan hátrányosan az orros bemelegítés, az [ú] magánhangzónál.

26. táblázat. Férfi alcsoport [ú] páros-t eredményei

férfiak	orros bemelegítés				szájas bemelegítés			
	hangmagasság	paraméter	t	p	hangmagasság	paraméter	t	p
Ú	mély	átlag	-0,163	0,873	mély	átlag	-2,093	0,063
		THT	3,052	0,012		THT	0,304	0,767
	közép	átlag	-1,119	0,289	közép	átlag	-1,820	0,099
		THT	0,500	0,628		THT	-0,074	0,942
	magas	átlag	-0,582	0,574	magas	átlag	-0,130	0,899
		THT	0,694	0,503		THT	0,507	0,623

Magas fekvésben az [á] magánhangzónál 9 db nem szignifikáns kapcsolat található. A 19 db szignifikáns kapcsolatból 7 db 95 %-os, míg 12 db 99 %-os erősségű. A gyengébben szignifikáns és nem szignifikáns kapcsolatok mindegyike a THT paraméterekhez kapcsolódnak, és többségük - 5 db – a szájas bemelegítés után jelentkezett.

Összefoglalva a korrelációs vizsgálatból azt szűrhetjük le, hogy erős a paraméterek közti kohézió minden fekvésben és magánhangzónál. A gyengébb kapcsolatok jelentkezése a magas fekvésben és a felhangok kierősödését mutató THT paraméternél, a résztvevők eltérő énektechnikai felvérteztségét mutatják. Ezzel az elemzéssel a két bemelegítés között érdemi különbséget nem sikerült kimutatni.

Mivel minden résztvevőről a három eltérő fekvésű hangfelvételek miatt, kettőnél több, egymással összefüggő adatunk volt (hangnyomás átlag, THT, mély-közép-magas), ezért „Ismételt méréses varianciaanalízis” („Repeated measure”, „Within subjects”, ANOVA= analysis of variance) statisztikai elemzést is elvégeztük, amelyek a páros t és a korrelációs vizsgálatokat kiegészítik. Három alábbi táblázatban közöljük, a teljes csoportra, a legváltozatosabb és ezért leginkább értelmezendő eredményeket. A szignifikáns „p” értékeket dőlt formázással jelöljük.

30. táblázat. Teljes csoport, repeated measure értékek

	hangnyomás átlag						teljes harmónikus torzulás					
	orros-szájas		fekvések		orr/száj/fekv		orros-szájas		fekvések		orr/száj/fekv	
	η^2	p	η^2	p	η^2	p	η^2	p	η^2	p	η^2	p
Í	0,364	<i>0,002</i>	0,394	<i>0,007</i>	0,018	0,834	0,028	0,442	0,205	0,101	0,051	0,592
Ó	0,093	0,156	0,124	0,267	0,041	0,661	0,052	0,298	0,029	0,743	0,073	0,471
Á	0,289	<i>0,008</i>	0,402	<i>0,006</i>	0,079	0,438	0,144	0,074	0,031	0,730	0,024	0,783
Ú	0,092	0,158	0,029	0,747	0,057	0,554	0,003	0,818	0,015	0,864	0,019	0,825

A 30. táblázatban csak a hangnyomás átlag értékeinek belső összefüggéseinél találtunk szignifikáns kapcsolatokat, a THT értékeinél nem. Mind az [i] és mind az [á] magánhangzónál az orros és szájas bemelegítés hatásának összevetésében, mind a különféle hangfekvésekben szignifikáns különbségek adódtak.

31. táblázat. Teljes csoport, 1. alkalom és orros bemelegítés repeated measure értékei

	1. alkalom, kezdés				orros bemelegítés után			
	hangnyomás átlag		THT		hangnyomás átlag		THT	
	η^2	p	η^2	p	η^2	p	η^2	p
Í	0,535	0,000	0,190	0,012	0,513	0,000	0,138	0,045
Ő	0,191	0,011	0,136	0,047	0,252	0,002	0,142	0,040
Á	0,077	0,186	0,119	0,069	0,020	0,658	0,126	0,059
Ú	0,050	0,341	0,158	0,027	0,057	0,289	0,236	0,004

A 31. táblázatban az első alkalom bemelegítés előtti mérésénél az [í] és az [ő] magánhangzónál mindkét paraméter eltérő hangfekvésű értékeinek belső kapcsolata szignifikáns. Az [ú] magánhangzónál csak a THT értékek kapcsolata szignifikáns. Az orros bemelegítés után ugyanazon értékek kapcsolata marad szignifikáns, de az 5 esetből 3-nál a szignifikancia tovább erősödik a bemelegítés hatására. Kiemelendő ugyanakkor, hogy az [í] magánhangzó THT értékeinek kapcsolata szignifikáns marad, de sokat gyengül (p: 0,012-ről 0,045-re).

32. táblázat. Teljes csoport, 2. alkalom és szájas bemelegítés repeated measure értékei

	2. alkalom, kezdés				szájas bemelegítés után			
	hangnyomás átlag		THT		hangnyomás átlag		THT	
	η^2	p	η^2	p	η^2	p	η^2	p
Í	0,406	0,000	0,162	0,025	0,522	0,000	0,095	0,122
Ő	0,244	0,003	0,195	0,011	0,191	0,012	0,129	0,055
Á	0,072	0,208	0,062	0,260	0,026	0,570	0,136	0,046
Ú	0,089	0,140	0,161	0,025	0,037	0,453	0,134	0,049

A 32. táblázatban a második alkalom bemelegítés előtti és a szájas bemelegítés utáni paramétereinek eltérő hangmagassághoz kapcsolódó értékei belső kapcsolatait mutatjuk be. A bemelegítés előtti állapot az első alkalom azonos méréséhez hasonló. Itt is ugyanaz az öt kapcsolat szignifikáns. A szájas bemelegítés hatására, azonban az [í] és [ő] THT eltérő hangmagasságból származó értékeinek belső kapcsolat elveszíti szignifikanciáját. Új szignifikáns értéként azonban az [á] magánhangzó THT értékeinek belső kapcsolata jelenik meg. A három azonos, szignifikáns értékből kettőnek – [ő] hangnyomás átlag, [ú] THT – szignifikanciája gyengül, míg egynek – [í] hangnyomás átlag - erősödik a szájas bemelegítés hatására.

6.4.1. A harmadik kísérleti mérés tapasztalatai

A páros-t eredményei a szájas bemelegítés hangnyomás átlagra gyakorolt szignifikánsan előnyös hatását igazolták, míg a THT értékeire hátrányosan hat ez a bemelegítés.

(1) a teljes csoport értékeit a férfi alcsoporthoz tartozó eredményei követik, míg a női alcsoporthoz tartozó eredményei eltérőek

(2) az [ő] magánhangzó viselkedett a páros-t szerint legkevésbé érzékenyen

(3) a nem szignifikáns, de előnyös hatások többsége a THT paraméterre az orros bemelegítésnél jelentkezett

(4) a bemelegítések előnyös hatása a hangfekvésekre nem mutatott határozott eltérést, mivel mindhárom hangfekvésben jelentkeztek hatások. A többség a közép és magas fekvésben.

(5) a szignifikánsan hátrányos hatások eloszlása a különböző hangfekvésekben egyenletes

A korrelációs vizsgálat a vizsgált paraméterek – hangnyomás átlag és THT – szoros összefüggését jelezték, különösen a mély és közép hangfekvésben.

(1) gyengébb kohézió a magas fekvésben jelentkezett csak három magánhangzónál [í, ő, ú], jelezve, hogy a felhangkierősödést jelző THT paraméter viselkedése a hangnyomás átlagtól függetlenebbé kezd válni magas hangoknál

(2) a THT értékek egymás közti összefüggései is lazultak magas fekvésben, ami ezen paraméter pontosságának felülvizsgálatát sugallja

Az „Ismételt mérés variancia-analízis” elemzés újra, a páros-t vizsgálatához hasonlóan:

(1) a hangnyomás átlag fokozott érzékenységet jelzi a bemelegítésekre, [í] és [á] magánhangzóknál

(2) a paraméterek belső összefüggéseinél a helyzet kiegyenlített. Mind a hangnyomás átlag, mind a THT belső összefüggései között vannak szignifikáns kapcsolatok.

(3) az orros bemelegítés a bemelegítés előtti összefüggéseket jobban stabilizálja, mint a szájas változat.

Következtetések:

(1) a különböző statisztikai elemzések eredményei ellentmondásosak

(2) az [ő] magánhangzó vizsgálatától eltekinthetünk

(3) a felhangkierősödés kimutatásához a THT paraméter pontatlannak bizonyult

(4) a középfekvés vizsgálata énektechnikai fejlettségtől függetlenül hitelesen jelzi a bemelegítések hatását

(5) a magas fekvés ellentmondásosan reagál

(6) az orros és szájas bemelegítést is tovább kell fejleszteni, mert nem jelentkeztek szignifikánsan meggyőző hatásaik (*Altorjay*, 2013c, 2014a).

6.5. A negyedik kísérleti mérés

Célok: az énekhang bemelegítési gyakorlatát jól modellező

- (1) szájas és orros gyakorlatokból összeállított – kétszakaszos bemelegítés esetén, az orros rámelegítési szakasz járulékos hatását igyekeztünk kipróbálni
- (2) az eddigi kísérleti tapasztalatok nyomán a THT (Total Harmonic Distorsion) paraméter helyett kipróbáltuk az első hét felhang (H1-H7) hangnyomás változását
- (3) eddigi tapasztalataink nyomán az [á, í, ú] magánhangzók elemzését elegendőnek ítéltük
- (4) bízunk a rövid – 15-15 percnyi – bemelegítési szakaszok hatásosságában
- (5) továbbfejlesztettük a bemelegítési dallamokat és szövegeket
- (6) a korrelációs elemzés helyett, a szemléletesebbnek ítélt klaszter-elemzést alkalmaztuk

Módszerek: ebben a mérésben 14 zeneművészeti szakgimnáziumi magánénekes növendéket sikerült bevonni, Szegedről (SZTE Vántus István Gyakorló Zeneművészeti Szakgimnázium) és Kecskemétről (Kecskeméti Kodály Zoltán Ének-zenei Általános Iskola, Gimnázium, Szakgimnázium és Alapfokú Művészeti Iskola). Ezúttal mind lányok voltak, 6 szoprán és 8 mezzo. Az életkori és képzettségi adataikat bemutatjuk a következő, 33. táblázatban.

33. táblázat. Negyedik kísérleti mérés résztvevőinek statisztikai adatai

csoport	létszám	életkor		képzettség	
		átlag	szórás	átlag	szórás
teljes	14	17,30	1,00	3,11	1,21
szoprán	6	17,58	0,92	3,25	0,76
mezzo	8	17,09	1,07	3,00	1,51

Ezúttal egy mérési alkalmat szerveztünk. A kísérletre a korábbiakhoz hasonlóan bemelegítés nélkül érkeztek a diákok. Először felvettük a kilenc magyar magánhangzót legalább 1 másodperc hosszan tartva, mindkét hangfaj számára kényelmes középfekvésben. Ez a szopránoknál C1-t (523,25Hz), mezzóknál A1-t (440Hz) jelentett. Ezt követte egy kétszakaszos bemelegítés.

Az első szakaszban 15 perc hosszúságú „szájas” gyakorlatokat végeztettünk, majd újra felvettük mind a kilenc magánhangzót. A közbenső felvétel után következett a 15 perc hosszúságú „orros” rámelegítés és a végén megismételtük a felvételt. A felvételeket a helyszínekre telepített Roland/Edirol R-44R Channel Recorder (hangfelvevővel), két AKG 2000B mikrofonnal készítettük. A mikrofon állványokra távolságtartó konzolt (40 cm)

szereltünk, hogy így biztosítsuk a diákok egyforma távolságát a mikrofonoktól. A felvételek elemzéséhez ezúttal is SIEGVIEW 2.4. hangelemző és az eredmények kiértékeléséhez SPSS 20. statisztikai programot alkalmaztunk.

IV. Kísérleti mérés

szájjas bemelegítő szakasz 1.dallam

A.T.

$\text{♩} = 100$

fi - rá - pi - rá fi - rá - pi - rá fi - rá - pi - rá ... fi
 té - rá - sé - rá té - rá - sé - rá té - rá - sé - rá ... té
 sza - já - la - já sza - já - la - já sza - já - la - já ... sza

A bemelegítés szájjas, első szakaszát rövid izomlazító és légzésgyakorlatokkal indítottuk. (1) A lágyszájpad emelő izmok bemelegítését száraz nyeléssel végeztettük. (2) Ezt követte „kutyalihegéses” légzésgyakorlat, ami szájon át történő ki-be légzést jelent. (3) Befejezésül rekeszből, „mélyről” indított hangtalan röhögés – garatos nevetés - következett, amivel a mélylégzést és a lágyszájpad emelést egyesítve gyakoroltattuk.

(4) Az éneklési gyakorlatokhoz két dallamot szerkesztettünk. Az első dallam a tonikai alaphangot kis hangközökkel „kerülgető”, enyhén táguló dallam. A szöveg központi magánhangzója az alsó-hátsó nyelvállású [á], amelyhez lépésről – lépésre egyre nyitottabb szájüreggel képzett magánhangzókat kapcsolunk [í→é→a]. A társított mássalhangzók többségükben zöngétlenek [f, p, t, s, sz] valamint egy zöngés rés [j], a pergetett [r], és az oldalsó [l] szerepel köztük. Ezen gyakorlatok célja a szájüreg tág, öblös, nyitott becsengetése volt.

szájjas bemelegítő szakasz, 2. dallam

A.T.

$\text{♩} = 100$

tyú - lá - tyú lá - tyú - lá tyú - lá - tyú lá - tyú - lá tyú
 há - há - há há - há - há há - há - há há - há - há há

A szájjas bemelegítő szakasz másik dallama nagy hangközökkel tágulva „ugrál” a tonika körül, elérve az oktáv hangterjedelmet. A dallam célja a szájon át történő akadálytalan hangáramlás felszabadítása volt. A szöveg központi magánhangzója továbbra is az alsó-hátsó nyelvállású [á]. A társított magánhangzó a magas-hátsó nyelvállású, ajakcsücsörített [ú], amely legzártabb mély magánhangzónk és ezzel a gyakorlattal az [á] segítségével nyitottabbá

kívántuk gyakoroltatni. A mássalhangzóknál az oldalsó [l]-en kívül, két zöngétlent, a [ty, h]-t használtuk.

IV. kísérleti mérés

orros bemelegítő szakasz, 1-2. dallam

A.T.

Ének

zárt szá-jas dú - dol-lás ...
nyi-tott szá - jas dú-do-lás ...
ú - á - ú - á ú - á - ú - á ...

Ének

zárt szá-jas dú - do - lás ...
nyi-tott szá-jas dú - do-lás ...
ú - á - ú - á - ú - ú - á - ú - á - ú ...

A szájas bemelegítő szakasz után jött a már említett közbenső hangfelvétel, majd a második, orros rámelegítő szakasz.

Ennek időtartama ismét 15 perces volt. Ennél is légzésgyakorlattal indítottunk. (1) Ezúttal „orrliegegéssel”, ami orron át történő ki-be légzést jelent. (2) Ezt követte a lágyszájpad erős lenyitását igénylő szimatolási gyakorlat.

Két dallamot alkalmaztunk ennél a bemelegítésnél is. Mindkettő alulról felfelé igyekvő, moll dallam volt. Az első kvint hangterjedelemig, a második oktáv hangterjedelemig emelkedik. Ezek célja a magas hangok elérésével a fejcsengés bekapcsolása. (3) A dallamokhoz mindkét esetben zárt szájas és utána nyitott szájas dúdolósos, zöngés gyakorlatot társítottunk. Ezekkel válik leginkább lehetővé az orr és melléküregeinek toldalékcsőbe (lásd 2.5. fejezet) való bekapcsolása. (4) A központi magánhangzó itt az [ú] volt, amelyet felső-hátsó nyelvállással képezünk és ezért képzésekor is lehetővé válik a légáram, részben az orrjárat felé terelése. A magánhangzós gyakorlatban az [ú] túlsúlyát megtartva az [á] magánhangzót kapcsolunk még be, hogy így a legnyitottabb magánhangzót (alsó-hátsó nyelvállás, ajakcsücsörítés nélkül) is zártabbá gyakoroltassuk. Mindkét bemelegítési szakasznál a magánhangzók társításánál az elérendő cél szolgálatába igyekeztünk a magánhangzó-kiegyenlítés (a magánhangzók képzésének egymáshoz közelítése) eszközét is állítani.

Az eredmények elemzésénél a korábbi kísérletek tapasztalatait igyekeztünk hasznosítani. A hangnyomás átlagot megtartottuk, mert mint paraméter eddig is érzékenynek bizonyult. A THT-t (teljes harmonikus torzulás) viszont úgy ítéltük meg, hogy pontosabb paraméterre, vagy paraméterekre kell cserélni. A III. kísérleti mérésnél már indokoltuk az első 7 felhang kiemelt kezelését. Emlékeztetőül: valamely természetes zenei hang és a kiegyenlített

(temperált) skála első részhangjai kevésbé térnek el a tiszta hangolástól, mint magasabb felhangok. Különösen a női hangoknál, ahol kevesebb a felhang, a hangkép az első hét felhanggal maradéktalanul jellemezhető (lásd 109. oldalon a 12. ábrát). A fentiek nyomán az alaphang (F0) és az első hét felhang (H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7) hangnyomásának értékét választottuk a hangnyomás átlag mellé további paramétereknek. A magánhangzók közül, azt tapasztaltuk az eddigi kísérleteknél, hogy a hangzó háromszög (a 10. ábra a 49. oldalon - vagy a 23. ábra a 113. oldalon - formáns foltjaira illeszthető háromszög) csúcsein lévő [í, á, ú] elemzése elegendő a bemelegítések hatásvizsgálatára. Emiatt a IV. kísérleti mérésnél a részletes elemzésnél már csak ezekre szorítkoztunk, az [ő] magánhangzó vizsgálatát elhagytuk.

Eredmények: az eredmények elemzéséhez páros-t, klaszter és „ismételt mérések variancia-analízis” (ANOVA) számításokat készítettünk. Elsőként, táblázatokba foglalva a páros-t eredményeit mutatjuk. Minden magánhangzóhoz 3-3 táblázat tartozik, mert bár kicsi a résztvevők száma – összesen 14 fő – hangfajokra bontva (szoprán 6 fő, mezzo 8 fő) is elvégeztük az elemzéseket. A táblázatokban dőlt kiemeléssel jelöljük a szignifikáns értékeket.

34. táblázat. Teljes csoport, [i] páros-t eredményei

Í-14	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájás bemelegítő szakasz hatása (teljes csoport)								
t	-3,597	-1,049	0,265	-1,745	-3,206	-1,089	-1,848	-2,042	-2,659
p	<i>0,003</i>	0,313	0,795	0,105	<i>0,007</i>	0,296	0,087	0,062	<i>0,020</i>
orros rámelegítés hatása									
t	-1,166	-0,783	-1,845	-0,580	-0,460	-1,390	-2,969	-0,910	-1,332
p	0,265	0,448	0,088	0,572	0,653	0,188	<i>0,011</i>	0,380	0,206
a teljes bemelegítés hatása									
t	-5,037	-1,896	-1,297	-1,687	-3,342	-1,802	-3,606	-2,301	-3,455
p	<i>0,000</i>	0,080	0,217	0,115	<i>0,005</i>	0,095	<i>0,003</i>	<i>0,039</i>	<i>0,004</i>

Az [i] magánhangzó esetén a teljes csoportnál (lásd 34. táblázat) a H1 paramétert kivéve a szájás bemelegítési szakasz hatása előnyös. Ezt mutatják a negatív „t” értékek. Három esetben – hangnyomás átlag, H3 és H7 felhangoknál - már a szájás szakasz hatása is szignifikáns. Az orros rámelegítés hatása minden változónál előnyös, de csak H5 esetén szignifikáns. A teljes bemelegítés nyomán mindkét szakasz hatása összegződik és már 5 paraméternél is szignifikáns lesz a hatásuk: a hangnyomás átlagnál és a H3, H5, H6, H7 felhangoknál is.

35. táblázat. Szoprán alcsoport, [i] páros-t eredményei

Í-6	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájjas bemelegítő szakasz hatása (szopránok)								
t	-4,042	0,744	0,652	-1,809	-2,514	-1,236	-1,012	-2,003	-2,620
p	0,010	0,490	0,543	0,130	0,054	0,271	0,358	0,102	0,047
orros rámelegítés hatása									
t	-0,730	-0,442	-4,553	-1,561	-0,826	-1,532	-3,061	-0,324	-0,999
p	0,498	0,677	0,006	0,179	0,446	0,186	0,028	0,759	0,364
a teljes bemelegítés hatása									
t	-6,185	0,154	-2,627	-2,569	-2,765	-1,905	-3,178	-2,002	-3,578
p	0,002	0,883	0,047	0,050	0,040	0,115	0,025	0,102	0,016

A szoprán alcsoportnál (lásd 35. táblázat) a szájjas bemelegítés hatása nem előnyös az F0 és H1 változóknál. Szignifikánsan előnyös a hangnyomás átlag, és a H7 változóknál. Az orros rámelegítés minden változóra előnyösen hat, és különösen előnyös a hatása a H1 és a H5 felhangokra. A teljes bemelegítés hatásában itt is előnyösen összegződnek a gyakorlati szakaszok. A kilenc változóból 6 esetben szignifikánsná erősödik a hatásuk. A hangnyomás átlagnál, a H1, H2, H3, H5 és H7 paramétereknél. Kiemelendő, hogy F0 esetén a két bemelegítési szakasz együttes hatásában a szájjas előnytelen hatását az orros nem változtatta előnyösre.

36. táblázat. Mezzo alcsoport, [i] páros-t eredményei

Í-8	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájjas bemelegítő szakasz hatása (mezzók)								
t	-1,734	-1,827	-0,095	-1,032	-1,967	-0,335	-1,495	-0,865	-1,271
p	0,127	0,110	0,927	0,337	0,090	0,748	0,179	0,416	0,244
orros rámelegítés hatása									
t	-0,871	-0,619	-0,109	0,549	-0,083	-0,328	-1,436	-0,831	-0,809
p	0,413	0,555	0,917	0,600	0,936	0,752	0,194	0,433	0,445
a teljes bemelegítés hatása									
t	-2,632	-2,687	-0,130	-0,299	-1,966	-0,582	-2,151	-1,265	-1,792
p	0,034	0,031	0,900	0,773	0,090	0,579	0,068	0,246	0,116

A mezzo alcsoport (lásd 36. táblázat), bár létszámában nagyobb, mint a szopránok, mégis kevesebb szignifikáns hatást mutatnak. A szájjas szakasz minden változóra előnyösen hat, de egyik esetben sem szignifikáns a hatása. Az orros rámelegítés hatása szintén előnyös, kivéve a

H2 felhangot, de hasonlóan a szájas bemelegítéshez, nem szignifikáns. A két gyakorlati szakasz előnye a hangnyomás átlagnál és az F0 összegződnék szignifikánsá.

37. táblázat. Teljes csoport, [á] páros-t eredményei

Á-14	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájas bemelegítő szakasz hatása (teljes csoport)								
t	-1,339	-2,746	-2,527	-1,338	-0,695	-2,309	-4,867	-3,566	-2,263
p	0,204	0,017	0,025	0,204	0,499	0,038	0,000	0,003	0,041
orros rámelegítés hatása									
t	-1,397	-0,433	-0,637	-1,779	-2,290	-1,783	-2,486	-1,433	-1,823
p	0,186	0,672	0,535	0,099	0,039	0,098	0,027	0,175	0,091
a teljes bemelegítés hatása									
t	-2,530	-2,778	-3,916	-1,972	-2,743	-2,920	-5,533	-5,915	-5,547
p	0,025	0,016	0,002	0,070	0,017	0,012	0,000	0,000	0,000

Az [á] magánhangzónál a teljes csoport esetében (lásd 37. táblázat) a szájas bemelegítési szakasz minden változóra előnyösen hat. Szignifikánsá a hatása az F0, H1, H4, H5, H6, H7 változóknál válik. Az orros rámelegítés szintén minden változóra előnyösen hat, de szignifikánsá csak a H3 és H5 felhangoknál válik. A teljes bemelegítésnél összegződnék a szakaszok előnyös hatásai, és a H2 felhangot leszámítva, minden paraméterre szignifikánsá erősödnek.

38. táblázat. Szoprán alcsoport, [á] páros-t eredményei

Á-6	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájas bemelegítő szakasz hatása (szopránok)								
t	-2,030	-2,851	-1,026	-0,260	-0,204	-2,950	-3,611	-1,241	-1,000
p	0,098	0,036	0,352	0,805	0,846	0,032	0,015	0,270	0,363
orros rámelegítés hatása									
t	-0,428	-1,829	-0,516	-1,235	-1,045	0,081	-3,021	-2,773	-2,097
p	0,687	0,127	0,628	0,272	0,344	0,939	0,029	0,039	0,090
a teljes bemelegítés hatása									
t	-5,971	-3,520	-2,156	-0,693	-0,884	-1,187	-5,261	-3,605	-5,137
p	0,002	0,017	0,083	0,519	0,417	0,288	0,003	0,015	0,004

A szoprán alcsoportnál (lásd 38. táblázat) a szájas bemelegítő szakasz minden változóra előnyösen hat. Három esetben – F0, H4, H5 – ez a hatás már szignifikáns. Az orros rámelegítés hatása a H4 felhangot kivéve szintén előnyös. Ennek a H5 és a H6 harmónikusokra szignifikáns a hatása. A teljes bemelegítésben a gyakorlati szakaszok hatása

itt is összegződik és 5 esetben – hangnyomás átlag, F0, H5, H6, H7 – már szignifikánssá válik.

39. táblázat. Mezzo alcsoport, [á] páros-t eredményei

Á-8	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájás bemelegítő szakasz hatása (mezzók)								
t	-0,313	-1,234	-2,503	-2,008	-1,178	-1,701	-3,318	-3,946	-2,115
p	0,763	0,257	0,041	0,085	0,277	0,133	0,013	0,006	0,072
orros rámelegítés hatása									
t	-1,392	0,205	-0,328	-1,216	-3,096	-4,599	-1,012	0,667	-0,600
p	0,207	0,843	0,752	0,263	0,017	0,002	0,345	0,526	0,567
a teljes bemelegítés hatása									
t	-1,110	-0,967	-3,137	-3,912	-3,262	-2,858	-3,349	-4,481	-3,251
p	0,304	0,366	0,016	0,006	0,014	0,024	0,012	0,003	0,014

A mezzo alcsoport esetében (lásd 39. táblázat) a szájás bemelegítő szakasz hatása ugyancsak minden paraméterre előnyös, a H1, H5 és H6 felhangokra szignifikánsan. Az orros rámelegítésnek az F0 és a H6 változókra nincs előnyös hatása. Erre a gyakorlat szakaszra a H3 és H4 felhangok reagálnak nagyon érzékenyen. A teljes bemelegítés is, mint a szájás gyakorlatok, minden paraméterre jótékonyan hat, és a szignifikáns hatások száma is megnő. 9 változóból 7 –nél, minden felhangnál, szignifikáns a hatása.

40. táblázat. Teljes csoport, [ú] páros-t eredményei

Ú-14	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájás bemelegítő szakasz hatása (teljes csoport)								
t	-0,020	-1,970	-3,948	-1,630	-0,816	-0,791	-3,286	-3,604	-2,310
p	0,985	0,071	0,002	0,127	0,429	0,443	0,006	0,003	0,038
orros rámelegítés hatása									
t	0,993	-0,448	-0,605	-1,038	-1,701	-2,166	-1,632	-0,439	-0,832
p	0,339	0,662	0,555	0,318	0,113	0,049	0,127	0,668	0,420
a teljes bemelegítés hatása									
t	0,964	-3,566	-4,583	-2,769	-2,505	-2,392	-5,506	-3,998	-4,154
p	0,353	0,003	0,001	0,016	0,026	0,033	0,000	0,002	0,001

Az [ú] magánhangzónál a teljes csoportot (lásd 40. táblázat) vizsgálva, a szájás bemelegítési szakasz minden változóra előnyös hatású. A H1, H5, H6, H7 felhangoknál már szignifikáns mértékben. Az orros rámelegítés a hangnyomás átlagot leszámítva szintén előnyös hatású, de

csak H4-nél szignifikánsan. A két bemelegítési szakasz együttes hatása szerencsésen ötvöződik, mert a hangnyomás átlagot leszámítva, minden paraméternél szignifikáns.

41. táblázat. Szoprán alcsoport, [ú] páros-t eredményei

Ú-6	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájás bemelegítő szakasz hatása (szopránok)								
t	-3,098	-1,850	-2,374	-1,018	-2,275	-0,771	-4,594	-3,584	-0,756
p	0,027	0,124	0,064	0,356	0,072	0,476	0,006	0,016	0,484
orros rámelegítés hatása									
t	0,124	-1,133	-1,877	-1,580	-0,718	-2,174	-0,274	-0,058	-1,151
p	0,906	0,309	0,119	0,175	0,505	0,082	0,795	0,956	0,302
a teljes bemelegítés hatása									
t	-2,991	-6,366	-4,482	-2,430	-4,214	-2,734	-4,077	-3,727	-2,291
p	0,030	0,001	0,007	0,059	0,008	0,041	0,010	0,014	0,071

A szoprán alcsoportnál (lásd 41. táblázat) a teljes csoporthoz hasonlóan, minden változóra előnyös a szájás bemelegítési szakasz, míg az orros rámelegítés ugyanúgy, csak a hangnyomás átlagra nem hat előnyösen. A szájás szakasz hatása három esetben – hangnyomás átlag, H5, H6 – szignifikáns, míg az orros rámelegítésnek nincs ilyen mértékű jótékony ráhatása. A teljes bemelegítést vizsgálva viszont a szignifikáns hatások ugrásszerű gyarapodását tapasztaljuk. A H2 és H7 felhangokat kivéve minden további paraméterre hatása szignifikáns.

42. táblázat. Mezzo alcsoport, [ú] páros-t eredményei

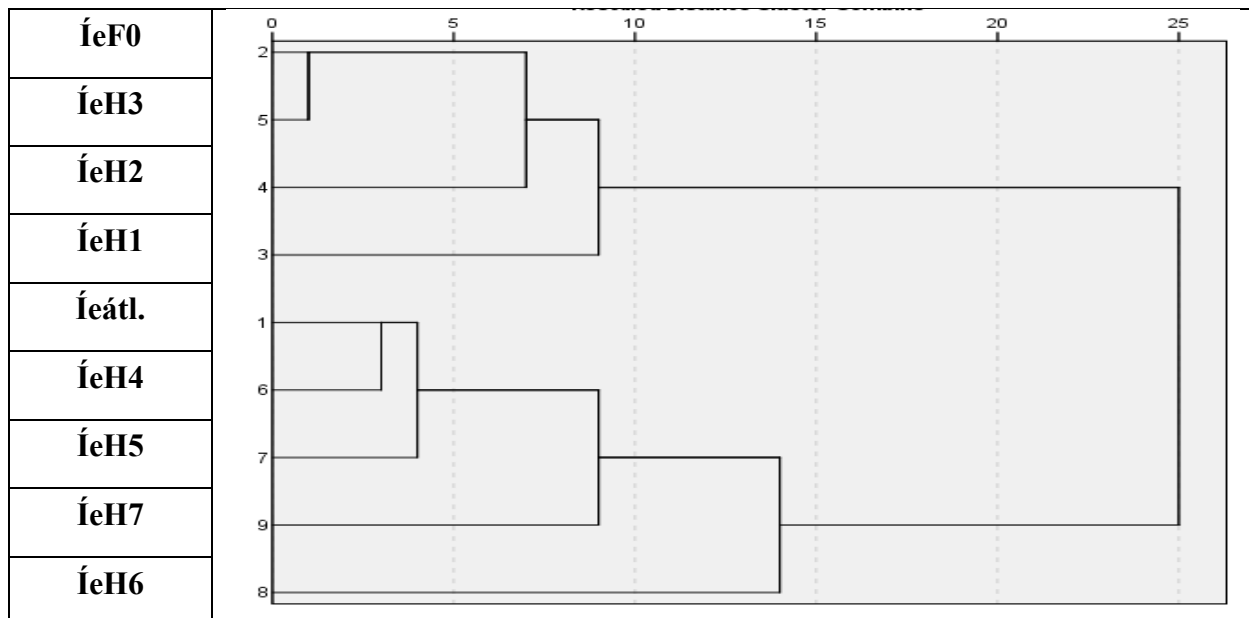
Ú-8	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájás bemelegítő szakasz hatása (mezzók)								
t	0,822	-1,414	-3,205	-1,282	1,284	-0,297	-1,287	-1,876	-2,546
p	0,438	0,200	0,015	0,241	0,240	0,775	0,239	0,103	0,038
orros rámelegítés hatása									
t	0,992	0,301	1,029	-0,136	-1,527	-1,062	-2,376	-0,529	-0,015
p	0,354	0,772	0,338	0,896	0,171	0,323	0,049	0,613	0,989
a teljes bemelegítés hatása									
t	0,988	-1,991	-2,547	-1,667	-0,533	-1,033	-4,046	-2,222	-3,508
p	0,356	0,087	0,038	0,139	0,598	0,336	0,005	0,062	0,010

A mezzo alcsoportot vizsgálva (lásd 42. táblázat) az [ú] magánhangzónál, a szájás bemelegítési szakasz a hangnyomás átlagot leszámítva minden változónál előnyösen hat. A H1 és a H7 felhangoknál ez a hatás szignifikáns mértékű. Az orros rámelegítésnek viszont

három változónál is hátrányos a hatása: hangnyomás átlag, F0 és H1. A H5 esetében viszont szignifikánsan előnyös az orros gyakorlatsor. A teljes bemelegítésnél összegződnek a hatások. A hangnyomás átlagnál marad a hátrányos hatás, de szignifikánsan előnyös marad azon paramétereknél, amelyeknél az egyes gyakorlat szakaszokban már jelentkezett ilyen hatás.

Összefoglalva a páros-t tapasztalatait, azt látjuk, hogy a szájas bemelegítési szakasz hatása minden magánhangzóra és csoportra erősebb, mint az orros rámelegítése. Fontos azonban kiemelni, hogy az orros rámelegítés kiteljesíti a szájas hatását. A legkevésbé érzékeny magánhangzónak az [i] bizonyult, különösen a mezzo alcsoportnál. A teljes csoportot nézve az [á] magánhangzó volt a legérzékenyebb. A szoprán alcsoportnál viszont az [i] magánhangzó volt a legérzékenyebb, míg a mezzo alcsoportnál az [á] magánhangzó.

A klaszter-elemzést azért készítettük el, mert számos – 9db – paraméterünk belső összefüggéseit szemléletesebben mutatják, mint a korábbi méréseknél alkalmazott korrelációs számítások. A dendrogramok mellett táblázatban közöljük a kapcsolatok együtthatóit (coefficiens) is. Jelölések: „e” – bemelegítés előtt, „sz” – szájas bemelegítés után, „orr” – orros rámelegítés után, F0-alaphang, H1-H7 – felhangok, átl – hangnyomás átlag.



24. ábra

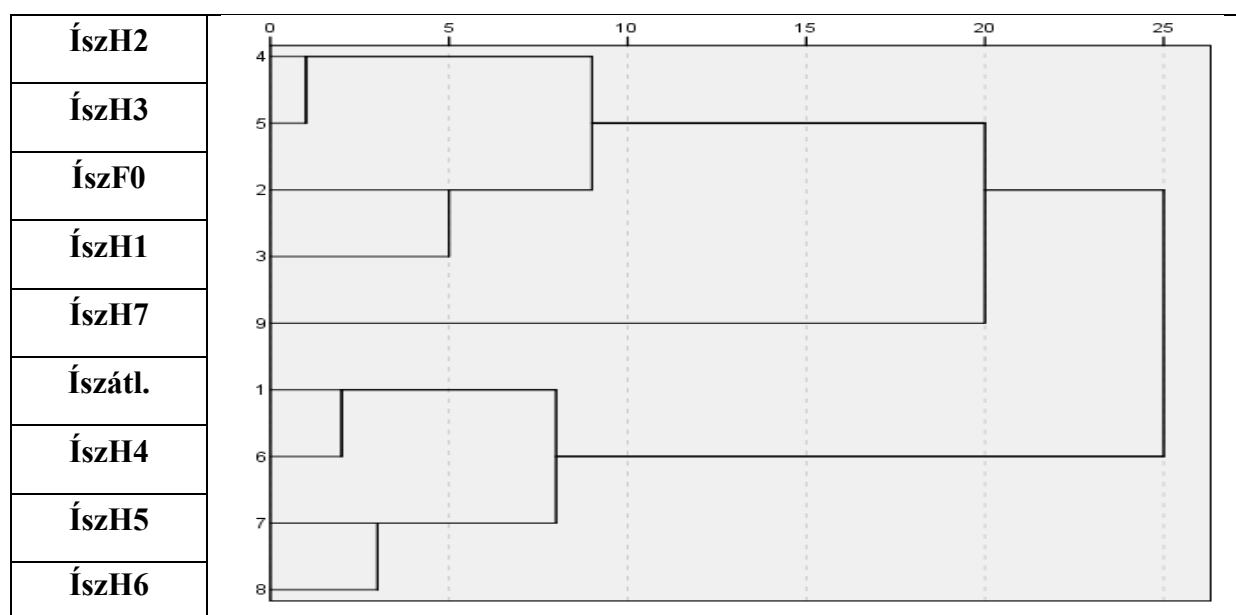
[i], (1.) bemelegítés előtt, 1. dendrogram (teljes csoport)

A bemelegítés előtt az [í] magánhangzónál (lásd 24. ábra) határozottan kirajzolódik két tömör fürt. Az egyik az alaphang és az alsó három felhang, míg a másik a hangnyomás átlaghoz kapcsolódó négy magas felhang.

43. táblázat. Együtthatók, [í], (1.) bemelegítés előtt, 1. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	2→5	1→6	1→7	2→4	1→9	2→3	1→8	1→2
együtth.	,962	,940	,926	,893	,872	,871	,819	,707

Minden klaszterkapcsolatnak az együtthatója erősebb, mint a szignifikáns küszöbérték. Ez az érték, $df=14-2$ -nél „0,532” (lásd 43. táblázat).



25. ábra

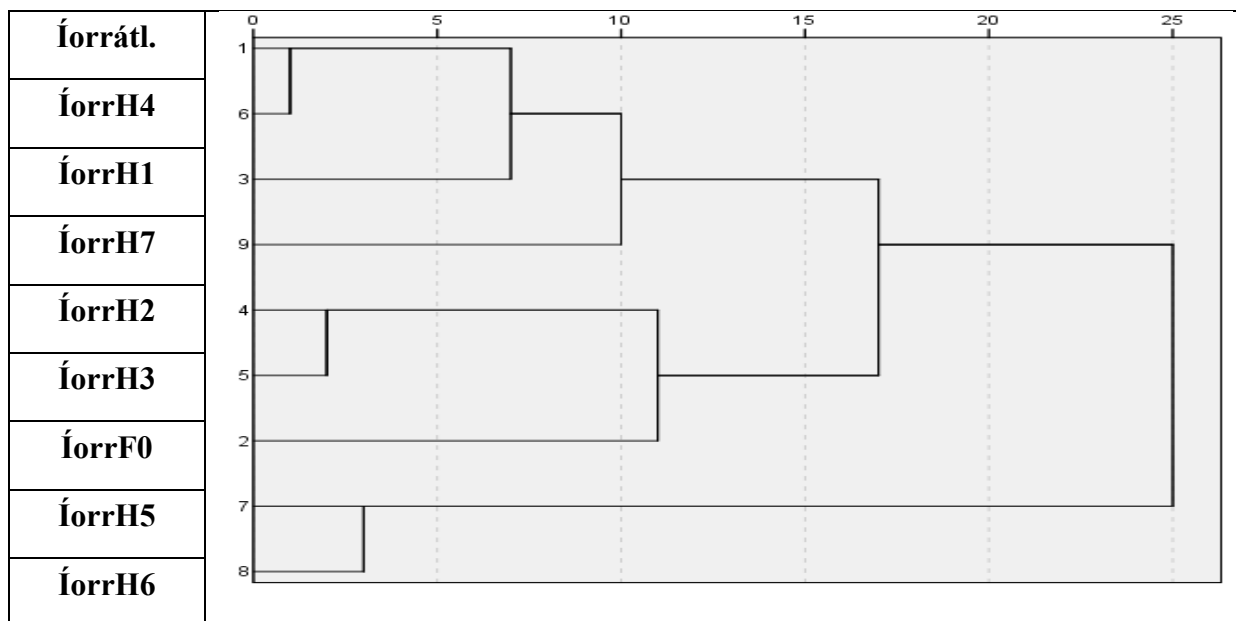
[í], szájás bemelegítés után, 2. dendrogram (teljes csoport)

A szájás bemelegítés nyomán az [í] magánhangzónál (lásd 25. ábra) marad a két határozott fürt, de két határozott változás is megfigyelhető. Az alaphang szoros kapcsolatát a H3-al, a H2-H3 erős kapcsolata váltja fel. A H7 magas felhang kiszakad magas felhangok fürtjéből és a mélyekhez csatlakozik.

44. táblázat. [í], szájás bemelegítés után, 2. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	4→5	1→6	7→8	2→3	1→7	2→4	2→9	1→2
együtth.	,936	,925	,915	,899	,867	,863	,763	,714

Az együtthatók értéke és szórása is csökken, de továbbra is jóval a küszöbérték fölötti (lásd 44. táblázat).



26. ábra

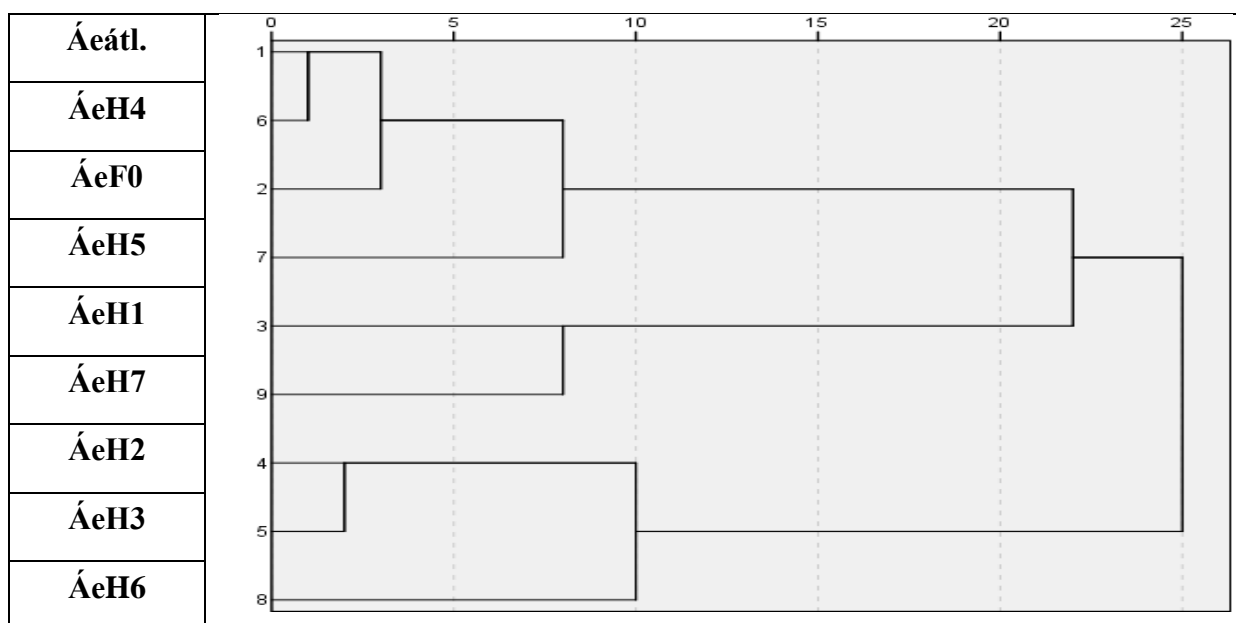
[i], orros rámelegítés után, 3. dendrogram (teljes csoport)

Az orros rámelegítés hatására (lásd 26. ábra) kiválik a magas felhangok fűrtjéből a H5-H6, míg a mély és magas felhangok fűrtjei egy közös fűrtbe egyesülnek.

45 táblázat. [i], orros rámelegítés után, 3. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	1→6	4→5	7→8	1→3	1→9	2→4	1→2	1→7
együtth.	,965	,949	,929	,883	,853	,837	,769	,662

Az együtthatók értékei (lásd 45. táblázat) továbbra is küszöbérték fölöttiek, de szórásuk megnő a 8-as kapcsolat miatt (>0,2).



27. ábra

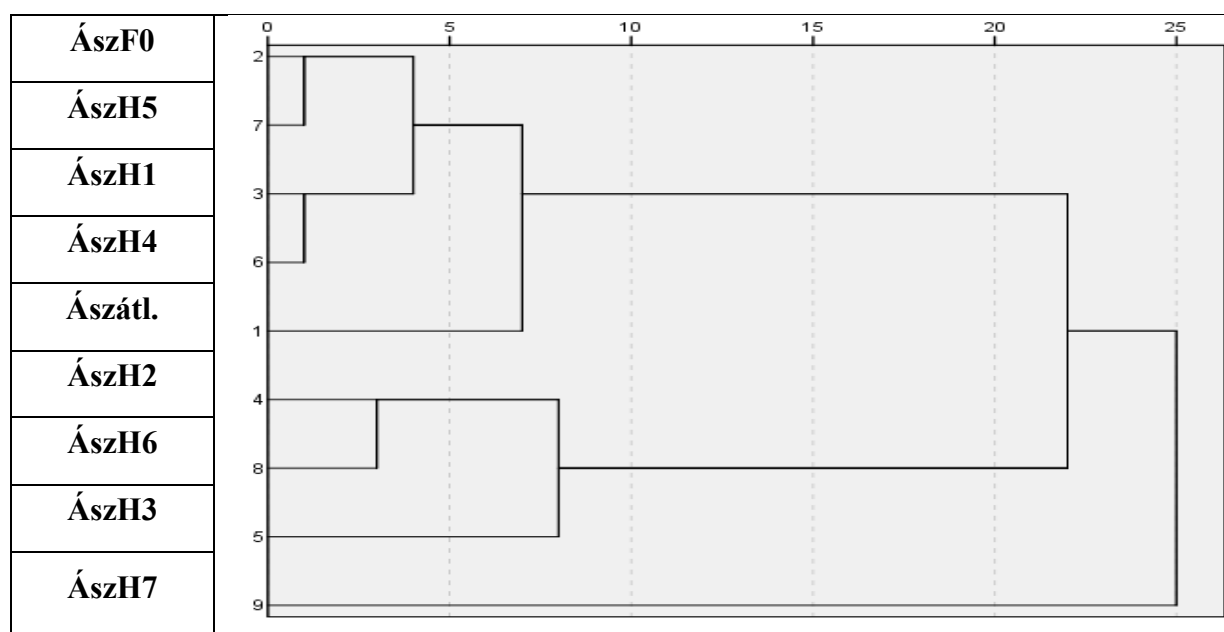
[á], (1.) bemelegítés előtt, 4. dendrogram (teljes csoport)

A bemelegítés előtt az [á] magánhangzónál (lásd 27. ábra) három határozott fűrt körvonalazódik, amelyekben szétszórtnan helyezkednek el a változók. A három fűrt: átl-F0-H4-H5; H1-H7; és H2-H3-H6.

46. táblázat. [á], (1.) bemelegítés előtt, 4. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	1→6	4→5	1→2	3→9	1→7	4→8	1→3	1→4
együtth.	,941	,934	,927	,898	,896	,888	,819	,798

Az együtthatók értéke (lásd 46. táblázat) a küszöbérték fölötti, és szórásuk kicsi (<0,15).



28. ábra

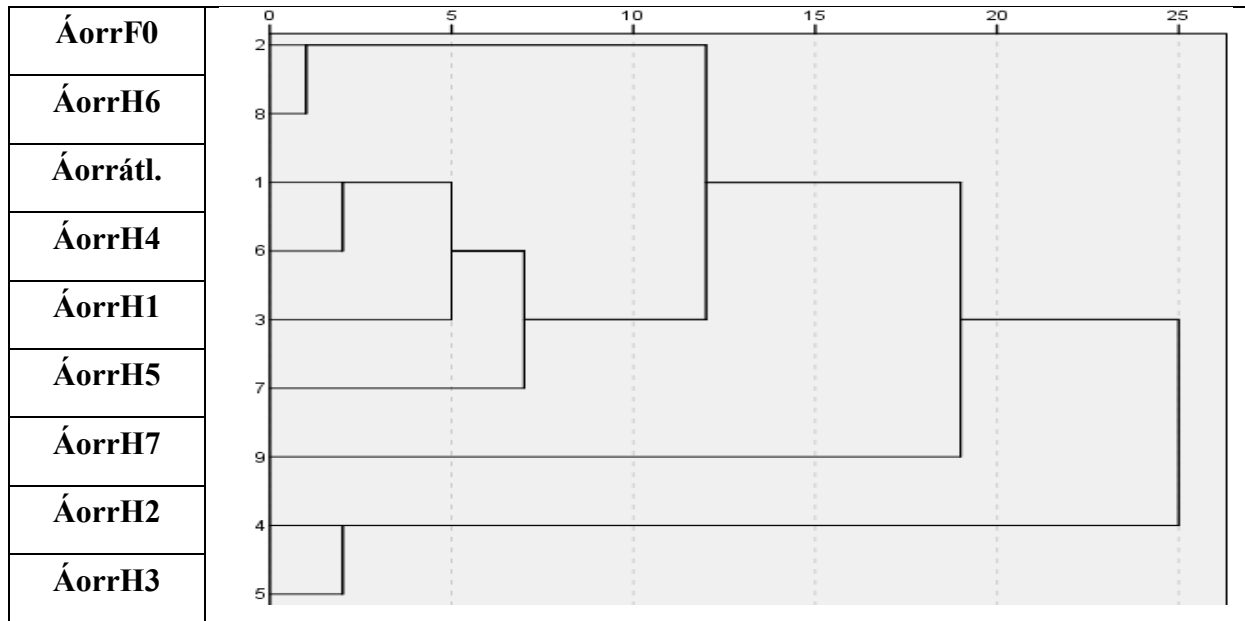
[á], szájás bemelegítés után, 5. dendrogram (teljes csoport)

A szájás bemelegítés hatására (lásd 28. ábra) az [á] magánhangzónál a H7 felhang kiszakad a 2. fűrtből. A három fűrt helyett kettőbe tömörülnek a változók. Ezek: átl-F0-H1-H4-H5; és H2-H3-H6.

47. táblázat. [á], szájás bemelegítés után, 5. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	2→7	3→6	4→8	2→3	1→2	4→5	1→4	1→9
együtth.	,956	,944	,929	,914	,883	,869	,703	,666

Az együtthatók (lásd 47. táblázat) mindegyike szignifikáns kapcsolatot jelez, de újra megnő az együtthatók szórása (=0,29).



29. ábra

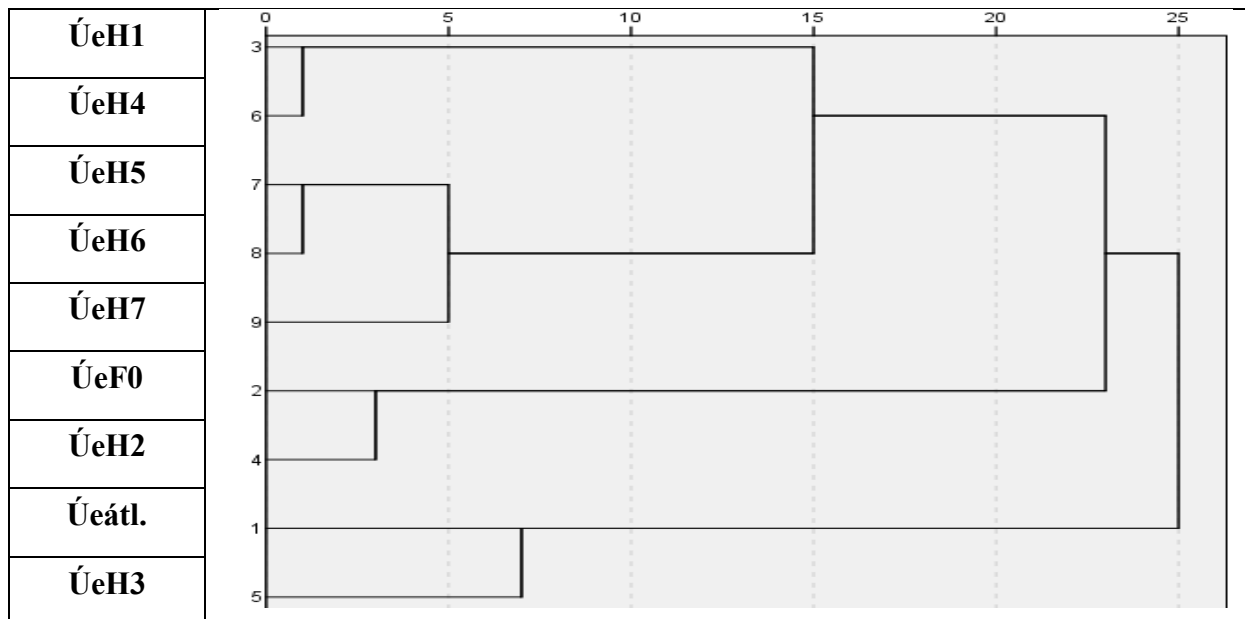
[á], orros rámelegítés után, 6. dendrogram (teljes csoport)

Az orros rámelegítés nyomán az átl és az F0 fűrtjébe integrálódik a H6. A H7 megőrzi önnállóságát. A H2-H3 fűrtjének együtttható értéke emelkedik (lásd 29. ábra).

48. táblázat. [á], orros rámelegítés után, 6. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	2→8	1→6	4→5	1→3	1→7	1→2	1→9	1→4
együtth.	,932	917	,915	,885	,851	,797	,713	,641

Az együttthatók értéke (lásd 48. táblázat), bár küszöbérték fölötti, de tovább csökken és szórásuk továbbra is magas marad (=0,291).



30. ábra

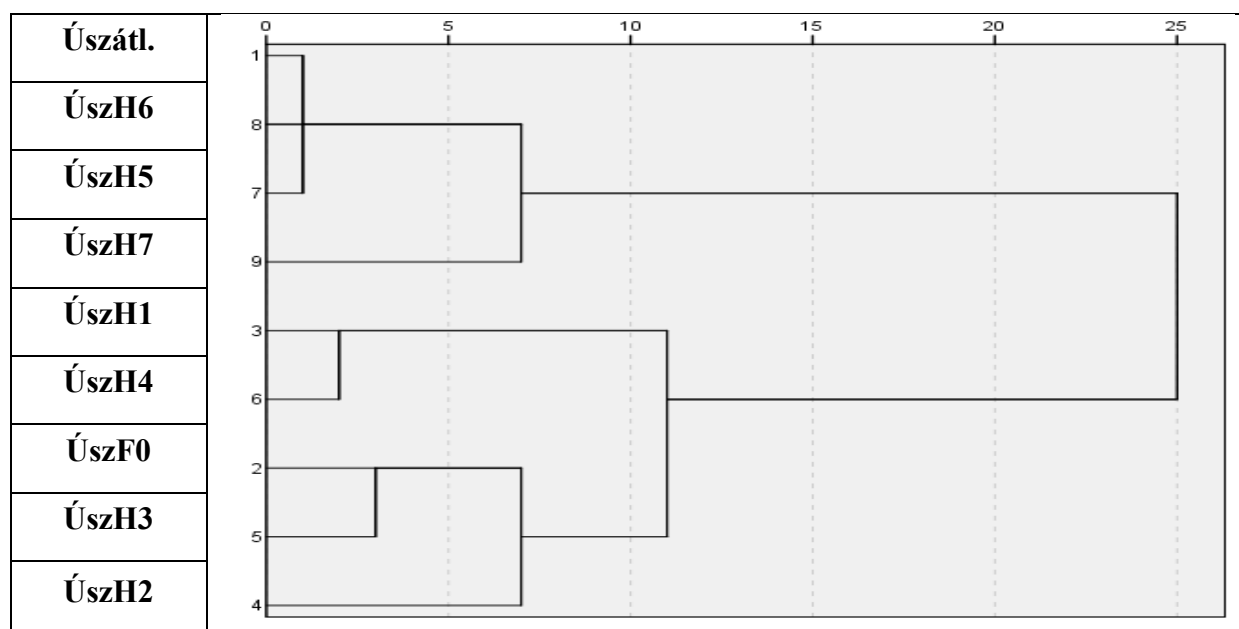
[ú], (1.) bemelegítés előtt, 7. dendrogram (teljes csoport)

A paraméterek az [ú] magánhangzónál a legtagoltabbak. 4 fűrtöt alkotnak. Ezek: H1-H4; H5-H6-H7; F0-H2; ált-H3 (lásd 30. ábra).

49. ábra. [ú], (1.) bemelegítés előtt, 7. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	3→6	7→8	2→4	7→9	1→5	3→7	2→3	1→2
együtth.	,918	,917	,889	,858	,844	,750	,650	,618

Az együtthatók értéke küszöbérték feletti, de alacsonyabb, mint a másik két magánhangzónál és szórásuk eléri a 0,3 (lásd 49. táblázat).



31. ábra

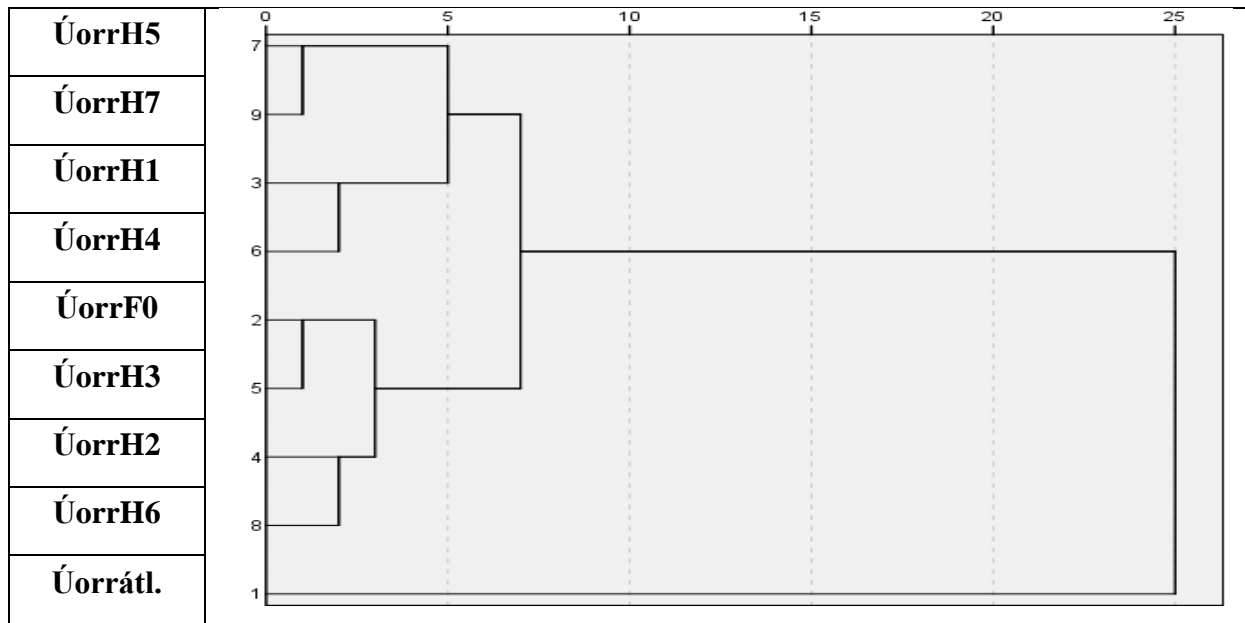
[ú], szájás bemelegítés után, 8. dendrogram (teljes csoport)

A szájás bemelegítés az [ú] magánhangzónál két, átfogó fűrtbe rendezi a változókat, az [í] magánhangzó bemelegítés előtti állapotához hasonlóan az F0-hoz csoportosítva a mély, míg a hangnyomás átlaghoz a magas felhangokat. A fűrtök: F0-H1-H2-H3-H4; ált-H5-H6-H7 (lásd 31. ábra).

50. táblázat. [ú], szájás bemelegítés után, 8. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	1→8	1→7	3→6	2→5	2→4	1→9	2→3	1→2
együtth.	,912	,899	,890	,872	,819	,816	,749	,535

Az együtthatók értéke (lásd 50. táblázat) még küszöbérték feletti, de bemelegítési állapothoz képest tovább csökken és szórásuk tovább nőtt (=0,377).



32. ábra

[ú], orros rámelegítés után, 9. dendrogram (teljes csoport)

Az orros rámelegítés hatására a két, határozott fűrt összekeveredett. Mindkettőben van magas és mély részhang is. Ezek az alábbiak: F0-H2-H3-H6; H1-H4-H5-H7. A hangnyomás átlag kiszakadt a fűrtökből (lásd 32. ábra).

51. táblázat. [ú], orros rámelegítés után, 9. dendrogram

sorsz.	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	7→9	2→5	4→8	3→6	2→4	3→7	2→3	1→2
együtth.	,942	,927	,895	,889	,839	,789	,696	,049

A dendrogramon megfigyelteket pontosan tükrözi az együtthatók táblázata (lásd 51. táblázat). A két fűrtön belüli kapcsolatok erősek, az együtthatók küszöbérték feletti. A fűrtökből kiszakadt hangnyomás átlag együtthatója a szignifikanciát jelentő küszöbérték alatti. A 7. és 8. kapcsolat között esik le az együttható értéke. Az együtthatók szórása megközelíti a 0,9 értéket.

Összefoglalva a klaszter elemzés megfigyeléseit: a magánhangzók többségénél az figyelhető meg, hogy a bemelegítés előtti fűrt-szerkezetet a szájas bemelegítés megbontja. Az orros rámelegítés ezután a megbontott szerkezetet újra egy átrendezett, de egységes fűrtbefogja össze. Az [í] magánhangzónál, bár a kapcsolatok erőssége csökken a bemelegítések hatására, de az orros rámelegítésnél megfigyelhető a kapcsolatok egy, közös fűrtbe rendeződése. Az [á] magánhangzónál mindkét bemelegítés tovább lazítja a fűrtök szerkezetét. Az [ú]

magánhangzónál megfigyelhető, hogy egy kapcsolat kiszakad a fűrtökből, de a fűrtben maradók többi kapcsolatai megerősödnek.

Ismételt méréses varianciaanalízis (Repeated measure, ANOVA= analysis of variance) elemzést a teljes csoportra végeztük el. Az első táblázatban (52.) 9 változó – hangnyomás átlag, F0, H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7 - belső összefüggésének változását mutatjuk be a bemelegítések hatására. A táblázatokban a szignifikáns értékeket dőlt kiemeléssel jelöltük.

52. táblázat. Teljes csoport, bemelegítési szakaszok

teljes csoport, 14 fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	,883	,000	Á	,897	,000	Ú	,873	,000
szájás bemelegítés után		,894	,000		,849	,000		,891	,000
orros rámelegítés után		,889	,000		,850	,000		,866	,016

Az [í] és az [á] magánhangzónál a bemelegítések hatására a paraméterek belső kohéziója változatlan marad. Kiemelendő eredmény az [ú] magánhangzónál jelentkezik. Az orros rámelegítés hatására a paraméterek belső összefüggésének erőssége meggyengül. Ez a megfigyelés azzal magyarázható, hogy az orros rámelegítés a magas felhangok kierősítésére irányul, és ez a legmélyebb színű, magas-hátsó nyelvállású, ajakcsücsörítéses, tehát legzártabb magánhangzónknál, csak hosszabb hangképzési folyamat nyomán válhat sikeressé.

Minden paraméternek 3-3 értéke van. Bemelegítés előtt, szájás gyakorlatok után és az orros rámelegítés után. Ezen értékek belső összefüggését is elemeztük változónként, a teljes csoportra (14 fő). Ezek láthatók a további három táblázatban, magánhangzónként.

53. táblázat. Teljes csoport, [í] magánhangzó, paraméterek

Í	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	
	η^2	,478	,119	,132	,124	,386	,151	,404	,233	,377
	p	,000	,194	,159	,179	,002	,118	,001	,032	,002

Az [í] magánhangzónál (lásd 53. táblázat) azt tapasztaltuk, hogy a paraméterek belső összefüggése a hangnyomás átlag mellett, a magas felhangoknál marad a bemelegítések nyomán is szignifikáns.

54. táblázat. Teljes csoport, [á] magánhangzó, paraméterek

Á		átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	,209	,300	,337	,191	,234	,339	,651	,553	,438
	p	,047	,010	,005	,064	,031	,005	,000	,000	,001

Az [á] magánhangzónál (lásd 54. táblázat) a H2 felhangot kivéve minden paraméternél megmarad a szignifikáns kohézió. Tehát ennél a magánhangzónál tűnnek leghatásosabbaknak, legcélirányosabbaknak a bemelegítések.

55. táblázat. Teljes csoport, [ú] magánhangzó, paraméterek

Ú		átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	,069	,287	,475	,233	,179	,192	,521	,457	,315
	p	,397	,012	,000	,032	,077	,062	,000	,000	,007

Az [ú] magánhangzónál (lásd 55. táblázat) a hangnyomás átlagnál és a H3, H4 felhangoknál legyengítik a kohéziót a bemelegítések.

Összefoglalva: A fentiek azt mutatják, hogy rövid bemelegítés a magas nyelvállású, zárt magánhangzónál kevésbé eredményesek, mint a nyílt, alsó nyelvállásúaknál.

6.5.1. A negyedik kísérleti mérés tapasztalatai

Tapasztalatainkat az alábbi pontokban összegezzük

(1) a THT paraméter helyett az alaphang és az első hét felhang hangnyomás változásának vizsgálata bevált. Érzékenyebb paramétereknek bizonyultak, mint a Teljes Harmonikus Torzulás (THT).

(2) három magánhangzó kiemelésével – amit korábban indokoltunk – meggyőzően tudjuk a hatásokat jellemezni

(3) a szájas bemelegítés határozott hatása mellett, az orros rámelegítés előnyei is kirajzolódtak

(4) a klaszter-elemzés a korrelációnál több összefüggést tárt fel és szemléletesebb

Következtetések:

(1) további méréseknél célszerű a résztvevők létszámát növelni

(2) a másik nemre – férfiakra - is célszerű kiterjeszteni (Altorjay, 2013d).

6.6. Az ötödik kísérleti mérés

Céljaink: a negyedik kísérleti mérés tapasztalatait hasznosítottuk a célok összeállításánál.

- (1) a negyedik kísérleti mérésnél alkalmazott kétszakaszos mérés folytatása
- (2) a résztvevők létszámának növelése
- (3) férfiak bevonása
- (4) a bemelegítő gyakorlatok továbbfejlesztése

Módszerek: ennél a mérésnél sikerült a „szájás bemelegítés-orros rámelegítés” felépítésű, a IV. kísérleti mérésnél kipróbált gyakorlatsorral, kibővített létszámmal és mindkét nemmel vizsgálatot folytatni. A vizsgálatokba az SZTE JGYPK Énekszakos hallgatói és az SZTE ZMK hangszeres hallgatói kapcsolódtak be. A méréseket 2014 januárja és áprilisa között bonyolítottuk le.

Ezúttal is egy mérési alkalmat szerveztünk. A kísérletre a korábbiakhoz hasonlóan bemelegítés nélkül érkeztek a diákok. Először felvettük a kilenc magyar magánhangzót legalább 1 másodperc hosszan tartva, minden hangfaj számára kényelmes középfekvésében. Ez a szopránoknál c1-t (523,25 Hz), mezzóknál á1-t (440 Hz), altoknál fis1-t (369,99 Hz), a tenoroknál á-t (220 Hz), a baritonoknál fis-t (185 Hz), míg basszusoknál d-t (146,83 Hz) jelentette. Ezt követte egy kétszakaszos bemelegítés. Az első szakaszban 15 perc hosszúságú „szájás” gyakorlatokat végeztettünk, majd újra felvettük mind a kilenc magánhangzót. A közbenső felvétel után következett a 15 perc hosszúságú „orros” rámelegítés és a végén megismételtük a felvételt.

A felvételeket a helyszínekre telepített Roland/Edirol R-44R Channel Recorder (hangfelvevővel), két AKG 2000B mikrofonnal készítettük. A mikrofon állványokra távolságtartó konzolt (40 cm) szereltünk, hogy így biztosítsuk a résztvevők egyforma távolságát a mikrofonoktól. A felvételek elemzéséhez ezúttal is SIEGVIEW 2.4. hangelemző és az eredmények kiértékeléséhez SPSS 20. statisztikai programot alkalmaztunk. A résztvevők statisztikai adatait az alábbi, 56. táblázatban foglaltuk össze.

56. táblázat. Az V. kísérleti mérés résztvevőinek statisztikai adatai

	létszám	életkor		képzés		hangfekvések	
		átlag	szórás	átlag	szórás	magas	mély
teljes	36	20,47	3,10	3,17	2,01	18	18
nők	25	19,43	3,02	3,41	2,32	12	13
férfiak	11	22,84	1,73	2,64	0,87	6	5

A IV. kísérleti mérésnél bevált paramétereket vizsgáltuk itt is. Ezek a hangnyomás átlag, az alaphang (F0) és a hét első felhang (H1-H7) hangnyomásának alakulása. A kilenc magánhangzóból most is a hangzó háromszög csúcsain lévő hármat, [í, á, ú] vizsgáltuk. A fenti választásainkat részletesen indokoltuk a IV. kísérleti mérés fejezetében. Az értékek elemzésénél a páros t, a klaszter és a ismételt méréses varianciaanalízis (ANOVA) elemzéseket alkalmaztuk. Ezúttal a nagyobb létszám és a mindkét nem részvétele miatt a nemi alcsoportokra is kiterjesztettük az elemzést.

Az első bemelegítési – szájas - szakasznál végeztetett gyakorlatok:

- (1) Légzésgyakorlattal kezdtük. Szájon át ki-be légzés gyorsan egymás után. Ezt kutyalihegésnek neveztük.
- (2) Továbbiakban a gége és a garat izmait melegítettük be száraz nyelési, öklendezési, ásítási gyakorlatokkal, ezzel a légyszájpad emelését, felzáró működését segítettük.
- (3) Az előkészítő gyakorlatokat rekeszből indított röhögéssel – garatos nevetés - zártuk.
- (4) Az éneklési gyakorlatoknál két dallamot alkalmaztunk.

V. Kísérleti mérés

szájas bemelegítő szakasz, 1. dallam, nők

A.T.



fá - fá lá - lá fá - fá lá - lá ...
 sá - sá lá - lá sá - sá lá - lá ...
 há - há há - há há - há há - há ...

V. Kísérleti mérés

szájas bemelegítő szakasz, 1. dallam, ffi

A.T.



V. Kísérleti mérés

szájas bemelegítő szakasz, 2. dallam, nők

A.T.



lá - lá lá - lá lá - lá lá - lá ...
 há - há há - há há - há há - há ...
 á - ú á - ú á - ó á - ó á - a á - a á - ú - á

V. Kísérleti mérés

szájjas bemelegítő szakasz, 2.dallam, ffi

A.T.



Férfiaknál is a nők dallamánál ismertetett szövegeket használtunk.

A dallamok mindkét esetben „táguló dallamok”. A hangközlépések, ugrások fokozatosan nőnek. Az első dallamban kis hangközök, a másodikban nagyobb hangközök szerepelnek. A táguló dallam célja, hogy a növekvő szájnyitással a szájüreg toldalékcsövön belüli hangsúlya is erősödjön.

A bemelegítés második, orosz szakaszában végeztetett gyakorlatok:

- (1) Légzésgyakorlattal kezdtük. Most orron át történő gyors, egymás utáni ki-be légzést csináltattunk, melyet orrlihegésnek nevezünk.
- (2) Ezt követte a szimatolás és ízlelés egyidejű végrehajtása, melyekkel a légyszájpadnak nem az emelését - mint a szájjas bemelegítésnél - hanem a széthúzását gyakoroltattuk.
- (3) A további éneklős feladatoknál, ebben a rámelegítéses szakaszban is két dallamot alkalmaztunk.

V.Kísérleti mérés

orros rámelegítéses szakasz, 1-2. dallam, nők

A.T.

Ének

zárt zön - ge ...
zárt zön - ge* ...
gú - nyú ...

Ének

nyi - tott ...
nyi - tott* ...
gú - nyú ...

A második zárt és nyitott zöngé mellett csillag azt jelzi, hogy a résztvevőket arra kértük, hogy dúdolás közben, ütemenként, hüvelyk és mutató ujjukkal az orrkagylójukat csíptessék össze, így fokozva az orrjárat ellenállást.

V.Kísérleti mérés

orros rámelegítés, 1-2. dallam, ffi

A.T.



A férfiaknál a nőkével azonos éneklési gyakorlatokat végeztünk, természetesen az egyénre és nemre jellemző hangfekvésben. Az orros dallamok elve az alaphangtól, egy irányban a magas hangok felé törekvés. Az első dallam kis lépésekben, míg a második nagyobb hangközugrásokkal törekszik a magas hangok felé. A triolás díszítéssel a hang további könnyítését, tömören zengővé és hajlékonyan mozgóvá válását céloztuk.

Eredmények: először a páros-t elemzés részleteit ismertetjük. A táblázatokban magánhangzó mellett az elemzett csoport, ill. alcsoport, jellemző létszámát tüntettük fel. A 36 a teljes csoportot (minta), a 25 a női, a 11 a férfi alcsoportot (rész minta) jelenti. A dőlt kiemeléssel a szignifikáns értékeket jelöltük.

57. táblázat. Teljes csoport, [i], páros-t

Í-36	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájás bemelegítő szakasz hatása								
t	-2,350	-2,761	-1,284	-4,404	-3,745	-3,623	-3,264	-3,605	-3,521
p	0,025	0,009	0,207	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
orros rámelegítés hatása									
t	-2,294	-1,776	-3,131	-1,470	-2,229	-1,759	-2,496	-2,108	-2,786
p	0,028	0,084	0,004	0,151	0,032	0,087	0,017	0,042	0,009
a teljes bemelegítés hatása									
t	-3,714	-4,224	-2,936	-3,995	-4,681	-4,815	-5,327	-4,559	-5,333
p	0,001	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

A teljes csoportnál az [i] magánhangzónál (lásd 57. táblázat) mindkét bemelegítési szakasznak, minden változóra előnyös a hatása, mivel minden „t” érték negatív. A szájás bemelegítés a H1 felhangot kivéve minden paraméterre szignifikánsan hat. Az orros rámelegítés járulékos hatása is a változók többségénél szignifikáns, kivéve F0, H2, H4. A két bemelegítési szakasz együttes hatásánál tisztán látszik, hogy egymás hatását kiegészítik. Minden paraméternél szignifikáns az együttes hatásuk.

58. táblázat. Női alcsoport, [i], páros-t

Í-25	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájas bemelegítő szakasz hatása								
t	-2,598	-2,330	-1,349	-3,868	-4,347	-3,674	-2,860	-3,328	-3,649
p	0,016	0,029	0,190	0,001	0,000	0,001	0,009	0,003	0,001
orros rámelegítés hatása									
t	-2,521	-1,641	-2,517	-1,630	-1,755	-0,997	-2,541	-1,969	-2,506
p	0,019	0,114	0,019	0,116	0,092	0,329	0,018	0,061	0,019
a teljes bemelegítés hatása									
t	-4,326	-3,814	-2,705	-4,024	-5,193	-4,385	-5,379	-4,305	-5,674
p	0,000	0,001	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

A női alcsoport reagálása (lásd 58. ábra) a bemelegítésekre az [i] magánhangzónál a teljes csoport viselkedését követi. Minden változóra itt is előnyösen hatnak a gyakorlatok. Két eltérés van: az orros rámelegítés hatása az F0, H2, H4 részhangok mellett a H3-as és a H6-os felhangoknál sem - a teljes csoporttal ellentétben - éri el a szignifikáns mértéket. A két szakasz hatása itt is látványosan erősíti egymást.

59. táblázat. Férfi alcsoport, [i], páros-t

Í-11	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájas bemelegítő szakasz hatása								
t	-0,384	-1,899	-0,028	-2,197	-0,181	-0,897	-1,740	-1,620	-0,813
p	0,709	0,087	0,978	0,053	0,860	0,391	0,112	0,136	0,435
orros rámelegítés hatása									
t	-0,800	-0,660	-2,140	-0,135	-1,354	-2,418	-0,687	-0,747	-1,249
p	0,443	0,524	0,058	0,896	0,206	0,036	0,508	0,472	0,240
a teljes bemelegítés hatása									
t	-0,943	-1,994	-1,165	-1,186	-1,185	-2,095	-1,706	-1,942	-1,421
p	0,368	0,074	0,271	0,263	0,264	0,063	0,119	0,081	0,186

A férfi alcsoportnál az [i] magánhangzó esetén (lásd 59. táblázat) továbbra is minden paraméter esetén a „t” értékek negatívak, jelezve, hogy a bemelegítések hatásai itt is előnyösek. Bár több paraméternél erős, szignifikánshoz közeli, de csak egyetlen esetben éri el a hatás a szignifikáns szintet, az orros rámelegítésnél a H4 felhangnál.

60. táblázat. Teljes csoport, [á], páros-t

Á-36	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájás bemelegítő szakasz hatása								
t	-2,055	-4,009	-2,891	-2,328	-2,031	-4,787	-3,079	-4,568	-3,611
p	0,047	0,000	0,007	0,026	0,050	0,000	0,004	0,000	0,001
orros rámelegítés hatása									
t	-4,126	-2,094	-3,279	-3,995	-3,334	-2,820	-4,301	-3,059	-4,729
p	0,000	0,044	0,002	0,000	0,002	0,008	0,000	0,004	0,000
a teljes bemelegítés hatása									
t	-4,441	-5,225	-5,749	-4,006	-4,618	-5,539	-6,203	-7,055	-8,377
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Az [á] magánhangzó esetén, a teljes csoportnál (lásd 60. ábra) a bemelegítések hatása egyértelmű. Minden bemelegítési fázis, minden változóra szignifikánsan hat. A szájás szakasz hatása az átlagra és a H2, H3 felhangokra, míg az orros szakaszé az F0-ra a leggyengébb.

61. táblázat. Női alcsoport, [á], páros-t

Á-25	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájás bemelegítő szakasz hatása								
t	-2,064	-4,801	-3,488	-1,951	-1,405	-4,239	-4,095	-4,438	-3,780
p	0,050	0,000	0,002	0,063	0,173	0,000	0,000	0,000	0,001
orros rámelegítés hatása									
t	-2,951	-0,873	-2,344	-2,947	-2,794	-3,052	-3,632	-3,138	-3,587
p	0,007	0,391	0,028	0,007	0,010	0,005	0,001	0,004	0,001
a teljes bemelegítés hatása									
t	-3,866	-4,619	-5,818	-3,054	-3,724	-5,426	-6,280	-8,003	-7,468
p	0,001	0,000	0,000	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000

A női alcsoportnál (lásd 61. táblázat) a teljes csoportnál megfigyelt gyengébben szignifikáns hatások tovább gyengülnek, és már nem érik el a szignifikáns szintet. A szájás bemelegítés nyomán a H2, H3, míg az orros rámelegítés hatására az F0 paramétereknél. A két szakasz együttes hatása azonban a nőknél is minden ponton szignifikáns.

62. táblázat. Férfi alcsoport, [á], páros-t

Á-11	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájas bemelegítő szakasz hatása								
t	-0,691	0,033	0,311	-1,718	-1,937	-2,983	0,414	-1,774	-0,682
p	0,505	0,974	0,762	0,117	0,081	0,016	0,688	0,106	0,511
orros rámelegítés hatása									
t	-2,978	-3,983	-3,299	-2,961	-1,985	-0,294	-2,338	-0,563	-3,239
p	0,014	0,003	0,008	0,014	0,075	0,775	0,041	0,586	0,009
a teljes bemelegítés hatása									
t	-2,196	-2,666	-1,969	-3,811	-2,761	-2,252	-2,389	-2,250	-5,937
p	0,053	0,024	0,077	0,003	0,020	0,048	0,038	0,048	0,000

A férfi alcsoportnál (lásd 62. táblázat) a szájas szakasznál megjelenik több hátrányos hatás is. Ezt a pozitív „t” értékek jelzik az F0, H1 és H5 részhangoknál. Csak egy esetben, a H4 felhangnál marad a szájas gyakorlatoknak szignifikáns hatása. Az orros rámelegítés, ezzel ellentétben, viszont minden paraméterre előnyösen hat, és hat esetben – átlag, F0, H1, H2, H5, H7 – szignifikáns mértékben. A két gyakorlatsor együttes vizsgálatánál, a hatások összegződése csak a hangnyomás átlagnál és a H1 felhangnál nem éri el a szignifikáns mértéket.

63. táblázat. Teljes csoport, [ú], páros-t

Ú-36	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájas bemelegítő szakasz hatása								
t	-0,837	-2,497	-5,302	-3,436	-2,181	-1,107	-2,954	-4,839	-3,581
p	0,408	0,017	0,000	0,002	0,036	0,276	0,006	0,000	0,001
orros rámelegítés hatása									
t	-3,865	-3,306	-2,464	-3,625	-2,271	-3,492	-3,678	-1,570	-2,809
p	0,000	0,002	0,019	0,001	0,029	0,001	0,001	0,125	0,008
a teljes bemelegítés hatása									
t	-3,137	-5,852	-7,636	-5,590	-3,989	-4,110	-5,963	-5,203	-6,602
p	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Az [ú] magánhangzónál, a teljes csoport esetén (lásd 63. táblázat), minden bemelegítési szakasznak, minden változóra előnyös a hatása. A szájas szakasznak két (átlag, H4), az

orrosnak csak egy (H6) változó esetén nincs szignifikáns hatása. A közös hatásnál ezeken a pontokon is szignifikánssá összegződik a hatásuk.

64. táblázat. Női alcsoport, [ú], páros-t

Ú-25	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájas bemelegítő szakasz hatása								
t	-0,721	-2,533	-4,310	-3,361	-1,727	-1,724	-3,482	-5,067	-3,162
p	0,478	0,018	0,000	0,003	0,097	0,098	0,002	0,000	0,004
orros rámelegítés hatása									
t	-3,28	-2,065	-1,899	-2,812	-2,983	-3,813	-3,654	-1,790	-2,764
p	0,004	0,050	0,070	0,010	0,006	0,001	0,001	0,086	0,011
a teljes bemelegítés hatása									
t	-2,546	-5,044	-6,616	-5,115	-4,496	-4,901	-7,115	-6,014	-6,697
p	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

A női alcsoportnál (lásd 64. táblázat) szintén minden gyakorlati szakasznak, minden paraméterre előnyös a hatása. A nem szignifikáns hatások a teljes csoportnál találhatóakhoz hasonlóan a szájas szakasz nyomán az átlag, H3, H4, míg az orros szakasz nyomán a H1, H6 paramétereknél jelentkeznek. A két bemelegítési szakasz együttes hatása itt is minden változó esetén szignifikánssá összegződik.

65. táblázat. Férfi alcsoport, [ú], páros-t

Ú-11	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	a szájas bemelegítő szakasz hatása								
t	-0,549	-0,434	-4,468	-1,098	-1,494	0,657	0,081	-1,328	-2,100
p	0,595	0,674	0,001	0,298	0,166	0,526	0,937	0,214	0,062
orros rámelegítés hatása									
t	-2,153	-4,002	-1,632	-2,553	-0,007	-0,942	-1,059	-0,426	-0,753
p	0,057	0,003	0,134	0,029	0,995	0,368	0,315	0,679	0,469
a teljes bemelegítés hatása									
t	-2,519	-3,197	-3,794	-2,523	-0,792	-0,390	-1,192	-0,809	-3,001
p	0,030	0,010	0,004	0,030	0,447	0,704	0,261	0,437	0,013

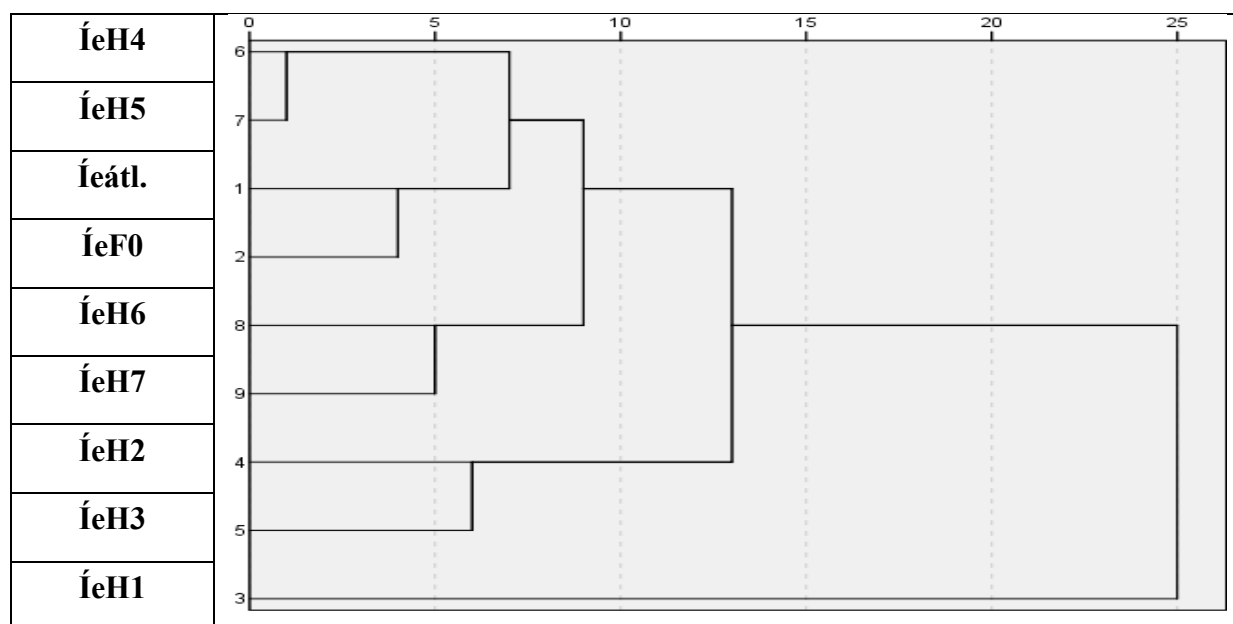
A férfi alcsoportnál az [ú] magánhangzó (lásd 65. táblázat) esetén a szájas bemelegítési szakasznak két változónál – H4, H5 - hátrányos a hatása, és csak a H1 felhangnál előnyös szignifikánsan. Az orros rámelegítés, ezzel ellentétben minden paraméterre előnyösen hat, és

az F0 és a H2 esetében szignifikáns mértékben. A gyakorlati szakaszok közös hatása látványosan összegződik, 5 paraméternél – átlag, F0, H1, H2, H7 – megtartva, vagy elérve a szignifikánsan előnyös mértéket.

Összegezve a páros-t elemzés tapasztalatait:

- (1) minden csoportnál és alcsoportnál az [á] magánhangzó reagált a legérzékenyebben a bemelegítésekre
- (2) az [i] magánhangzóra hatottak a bemelegítések a legkevésbé előnyösen
- (3) kiemelendő, hogy hátrányos hatások csak a szájas bemelegítési szakasz nyomán jelentkeztek.

A klaszter-elemzésnél, a vizsgált paraméterek belső összefüggéseinek változását, átrendeződését vizsgáltuk, mindhárom magánhangzóra bemelegítés előtt, szájas bemelegítési szakasz, majd az orros rámelegítés után, a teljes csoportra. Az együttható szignifikáns küszöbértéke 36 fős csoportnál 0,325. Jelölések: „e” – bemelegítés előtt, „sz” – szájas bemelegítés után, „orr” – orros rámelegítés után, F0-alaphang, H1→H7 – felhangok, átl – jel átlag/hangnyomás átlag.



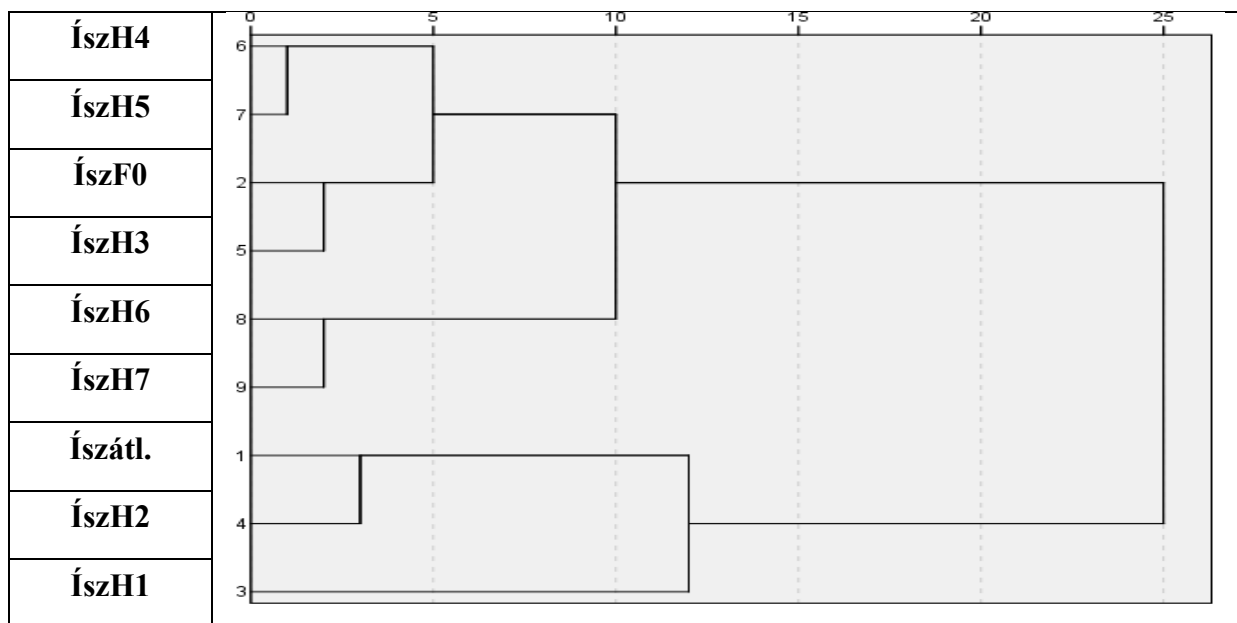
33. ábra

[i], bemelegítés előtt, teljes csoport, 1. dendrogram

66. táblázat. 1. Dendrogram az [i] magánhangzó változóiról a bemelegítés előtt

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	6→7	1→2	8→9	4→5	1→6	1→8	1→4	1→3
együttható	0,893	0,820	0,804	0,794	0,766	0,722	0,644	0,402

Az [i] magánhangzónál: a változók egy közös fürtbe rendeződnek (lásd 33. ábra), kivéve a H1 -t. A kapcsolatok mind szignifikánsak. A közös fürt tagjai: átl-F0-H2-H3-H4-H5-H6-H7. Minden együttható értéke (lásd 66. táblázat) nagyobb, mint 0,325, tehát a kapcsolatok szignifikánsak. A szórásuk 0,491.



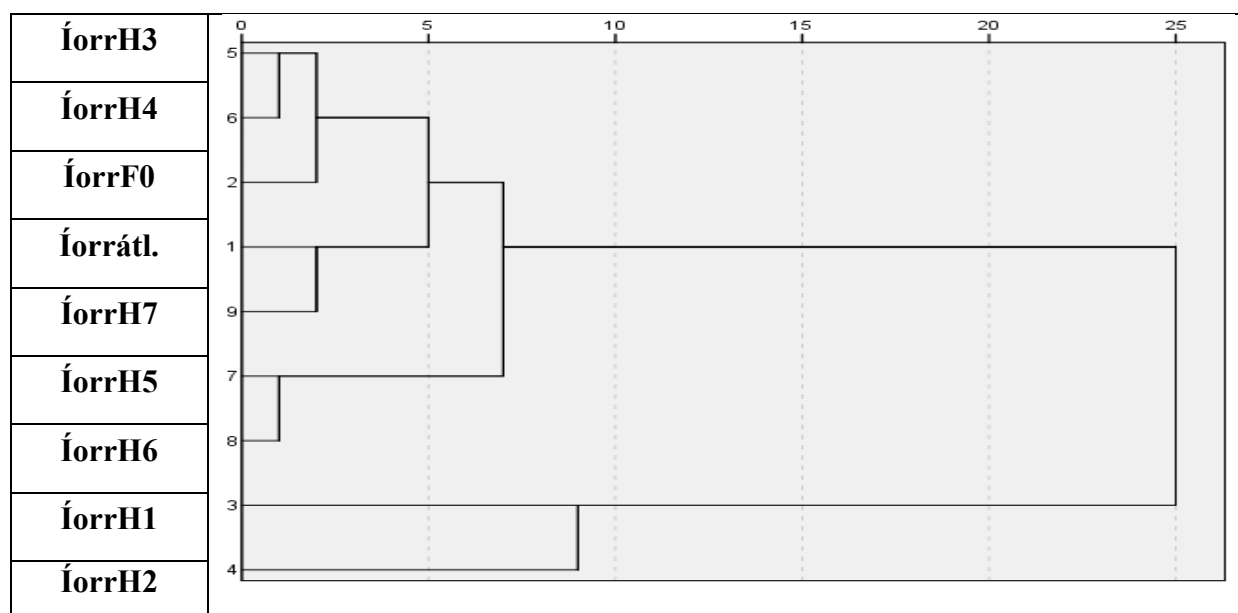
34. ábra

[i], szájas bemelegítés után, teljes csoport, 2. dendrogram

67. táblázat. [i], szájas bemelegítés után, 2. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	6→7	8→9	2→5	1→4	2→6	2→8	1→3	1→2
együttható	0,858	0,817	0,812	0,779	0,738	0,581	0,523	0,118

A változók két határozott fürtbe rendeződnek (lásd 34. ábra). Az egyikbe az átlag mellett a H1 és a H2 található. A magasabb részhangok (H3-H4-H5-H6-H7) az alaphang (F0) köré csoportosulnak. A két fürt közti és az átl és H1 közti kapcsolat már nem szignifikáns (lásd 67. táblázat). Az együtthatók értékének szórása megnőtt a szájas gyakorlatok hatására (=0,740).



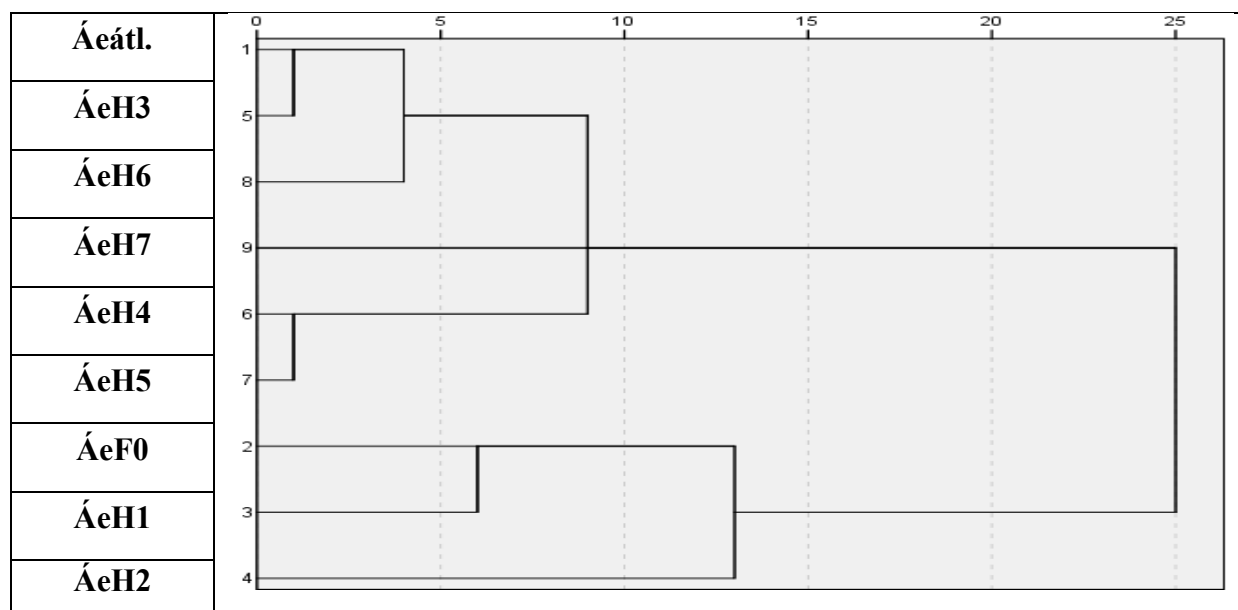
35. ábra

[i], orros rámelegítés után, teljes csoport, 3. dendrogram

68. táblázat. *[i], orros rámelegítés után, 3. dendrogram*

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	5→6	7→8	1→9	2→5	1→2	1→7	3→4	1→3
együttható	0,874	0,862	0,812	0,810	0,710	0,655	0,583	0,035

A két elkülönült fürt itt is látható (lásd 35. ábra), de a hangerő-átlag a magas felhangok fűrtjébe került át. A két fürt közötti kapcsolat együtthatója (8) nem szignifikáns itt sem, a szignifikáns együtthatók száma viszont megnőtt az orros rámelegítés hatására (68. táblázat).



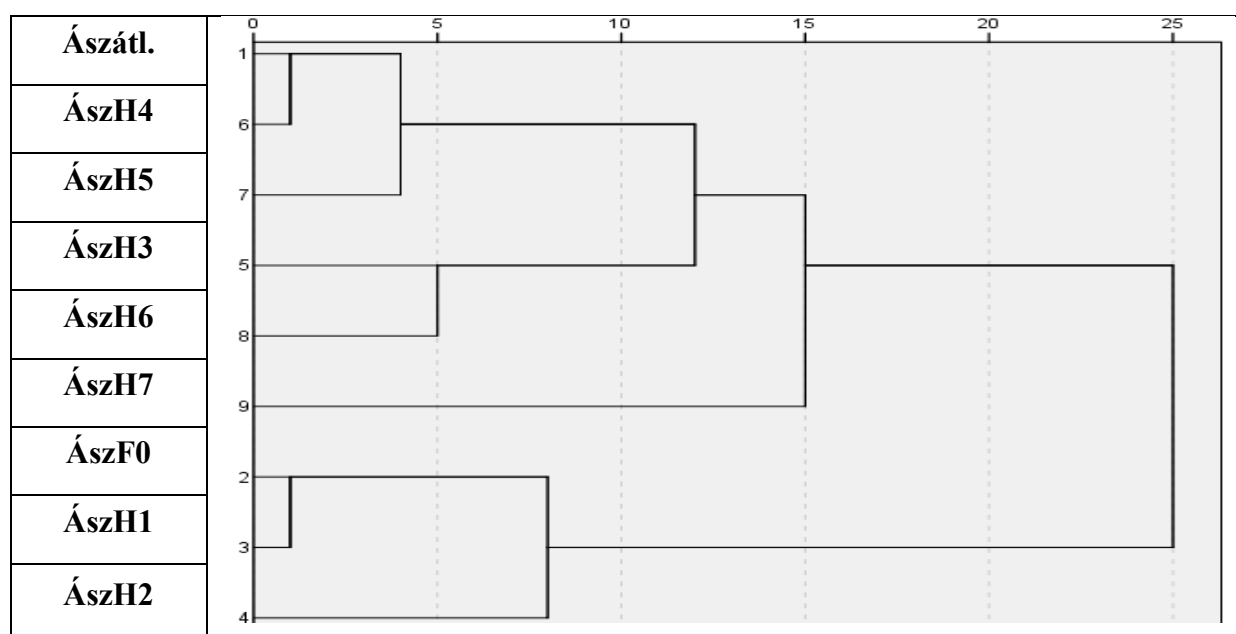
36. ábra

[á], bemelegítés előtt, teljes csoport, 4. dendrogram

69. táblázat. [á], bemelegítés előtt, 4. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	1→5	6→7	1→8	2→3	1→9	1→6	2→4	1→2
együttható	0,860	0,857	0,806	0,771	0,717	0,700	0,645	0,413

Az [á] magánhangzónál: a bemelegítés előtt két elkülönült fürtbe csoportosulnak a változók (lásd 36. ábra). Az alaphanghoz (F0) kapcsolódnak a mélyebb részhangok (H1, H2) és a hangnyomás átlaghoz a magasabb részhangok. A két fürt közötti kapcsolat együtthatója (8) is még szignifikáns (lásd 69. táblázat). Az együtthatók szórása =0,447.



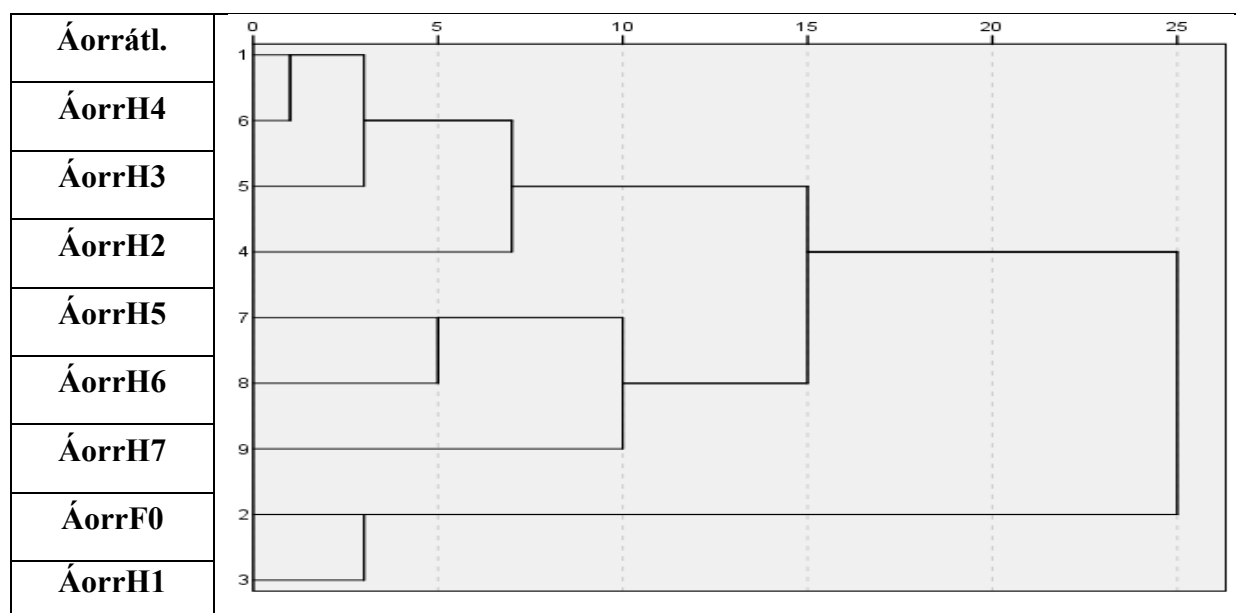
37. ábra

[á], szájás bemelegítés után, teljes csoport, 5. dendrogram

70. táblázat. [á], szájás bemelegítés után, 5. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	1→6	2→3	1→7	5→8	2→4	1→5	1→9	1→2
együttható	0,852	0,837	0,777	0,752	0,680	0,609	0,541	0,302

A szájás bemelegítés nyomán marad a két fürt, ugyanazzal az összetétellel (lásd 37. ábra): F0-H1-H2; átl-H3-H4-H5-H6-H7. A két fürt közötti kapcsolat együtthatója legyengül és nem éri el a szignifikáns szintet (lásd 70. táblázat). A kapcsolatok együtthatóinak szórása 0,550-re nő.



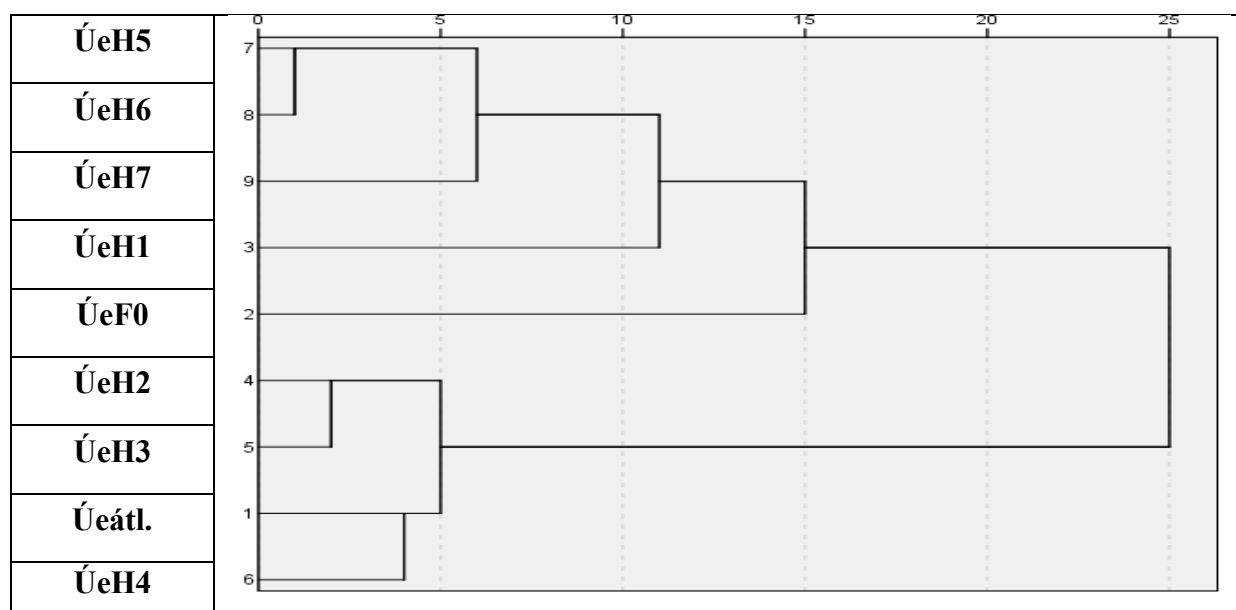
38. ábra

[á], orros rámelegítés után, teljes csoport, 6. dendrogram

71. táblázat. [á], orros rámelegítés után, 6. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	1→6	1→5	2→3	7→8	1→4	7→9	1→7	1→2
együttható	0,855	0,785	0,783	0,741	0,686	0,601	0,477	0,218

Az orros rámelegítés nyomán megmaradt a két elkülönült fürt, de a H2 felhang átkerült a magas felhangok és a hangnyomás-átlag csoportjába (38. ábra). A két fürt közti kapcsolat gyengült, és csökkent a szignifikáns kapcsolatok együtthatóinak értékszórása (71. táblázat).



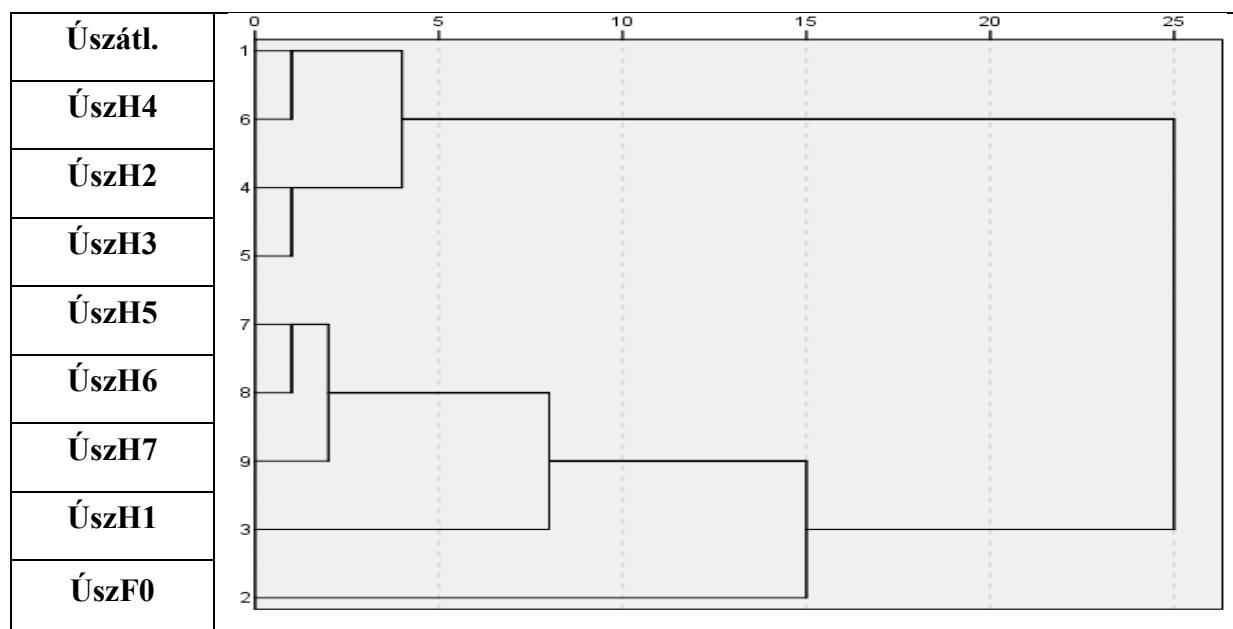
39. ábra

[ú], bemelegítés előtt, teljes csoport, 7. dendrogram

72. táblázat. [ú], bemelegítés előtt, 7. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	7→8	4→5	1→6	1→4	7→9	3→7	2→3	1→2
együttható	0,873	0,836	0,792	0,759	0,744	0,631	0,518	0,281

Az [ú] magánhangzónál a bemelegítések előtt két fürtbe rendeződnek a változók. Egyikben a mélyebb felhangok (H2, H3, H4) és a hangnyomás átlag van. A másikban a magasabb felhangok az alaphanggal (F0) és itt a legmélyebb felhang is, a H1 (lásd 39. ábra). A két fürt közötti kapcsolat bár nem szignifikáns, de a fürtökön belüli kapcsolatok mind szignifikánsak. Az együtthatók szórása =0,592 (lásd 72. táblázat).



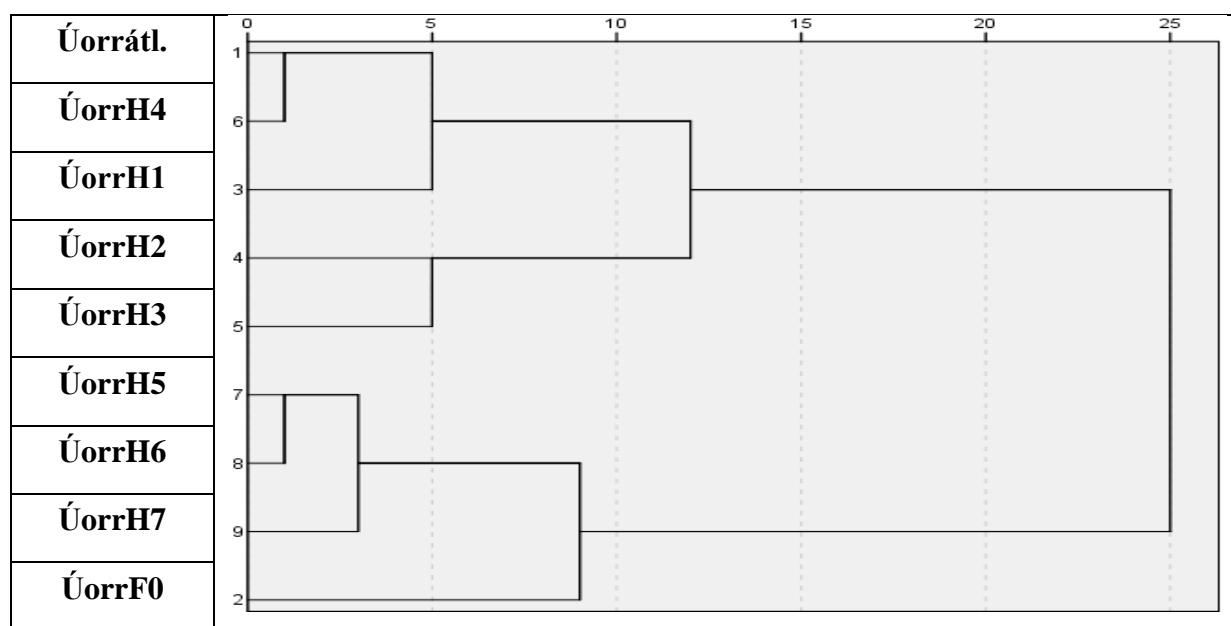
40. ábra

[ú], szájas bemelegítés után, teljes csoport, 8. dendrogram

73. táblázat. [ú], szájas bemelegítés után, 8. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	1→6	7→8	4→5	7→9	1→4	3→7	2→3	1→2
együttható	0,840	0,831	0,822	0,783	0,743	0,634	0,423	0,109

A szájas bemelegítés hatására a változók eloszlása nem változik. Marad a két fürt, azonos összetétellel (lásd 40. ábra). A kapcsolatok együtthatóinak értékszórása (0,731) viszont nő, bár a fürtökön belül mind szignifikáns marad. A két fürt közti, nem szignifikáns kapcsolat tovább gyengül (lásd 73. táblázat).



41. ábra

[ú], orros rámelegítés után, teljes csoport, 9. dendrogram

74. táblázat. [ú], orros rámelegítés után, 9. dendrogram

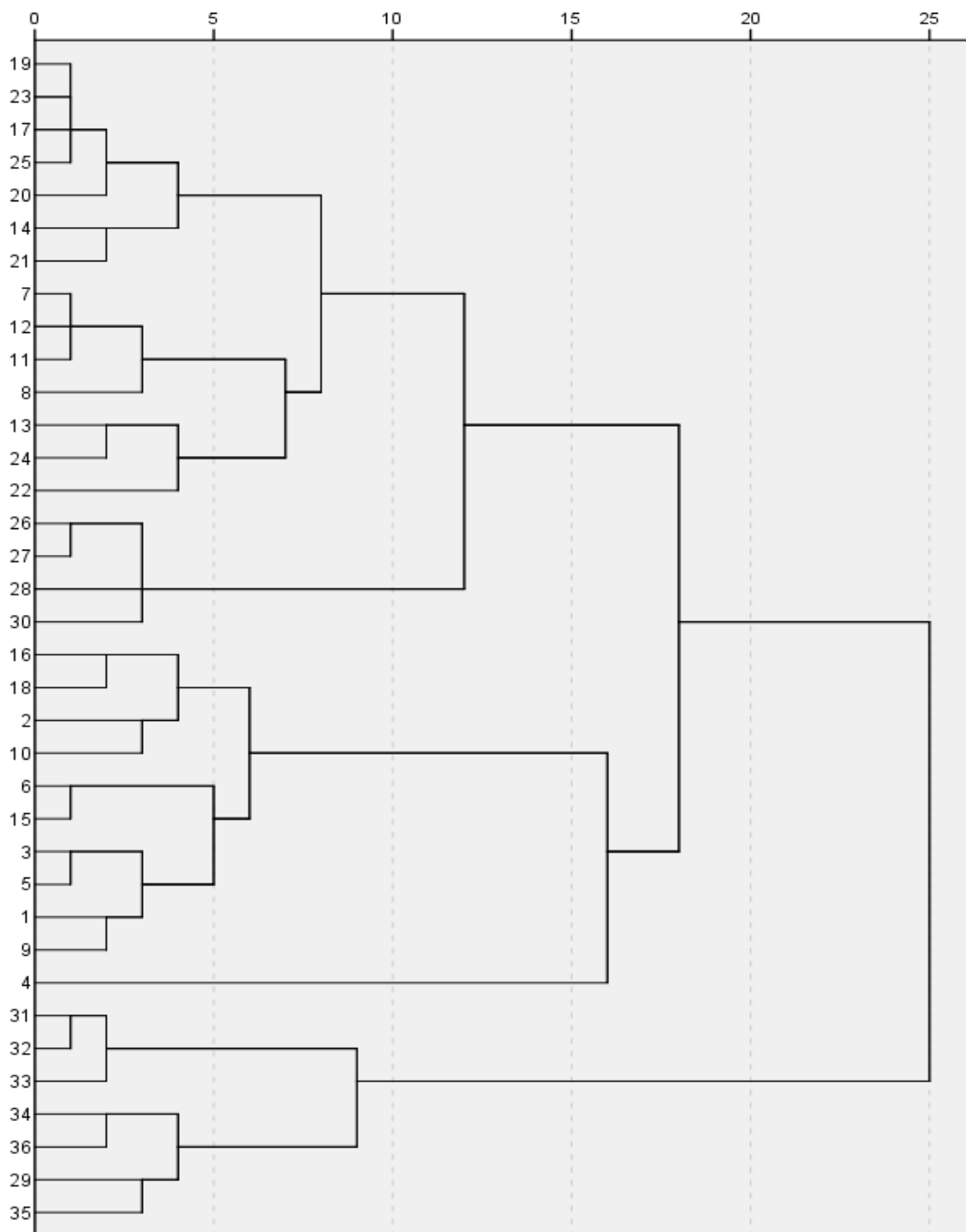
sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	1→6	7→8	7→9	1→3	4→5	2→7	1→4	1→2
együttható	0,846	0,833	0,780	0,738	0,722	0,636	0,546	0,218

Az orros rámelegítés hatására a H1 felhang átkerül a mély felhangok fűrtjébe, ami logikus változás (lásd 41. ábra). A két fűrt közötti kapcsolat marad nem szignifikáns, de erősödik a szájás bemelegítési szakasznál tapasztalt értékhez képest. A szignifikáns kapcsolatok együtthatóinak értékszórása (lásd 74. táblázat) csökkent a szájás bemelegítés utáni értékhez képest (=0,628).

Összefoglalva a változókra a teljes csoportnál végzett klaszter elemzés tapasztalatait:

- (1) azt látjuk, hogy a felhangok általában logikusan két fűrtbe csoportosulnak. Egyikbe a mélyek és másikba a magasak. Az alaphang az esetek többségében a magas felhangokhoz, míg a hangnyomás átlag a mélyekhez csatlakozik.
- (2) a bemelegítések hatására kisebb átrendeződések előfordulnak, de a fent vázolt logikus eloszlás irányába
- (3) a kapcsolatokat jellemző együtthatók értékszórása a gyakorlatok hatására általában megnő

Klaszter-elemzések esetekre: a páros-t elemzésnél az [á] magánhangzó bizonyult a legérzékenyebbnek. Ezért ennél kipróbáltuk a teljes csoport mellett a nemek és azon belül a hangfajok klaszteres elemzését esetekre is. A kapcsolatok nagy száma miatt itt nem közöljük az összes „fürt-párt”, sem az együtthatókat, csak annak két szélső értékét. A résztvevők (esetek) sorszámát a hangfajokhoz igazítottuk, a könnyebb áttekinthetőség érdekében. 1-12-ig a szopránok, 13-25-ig a mezzoszopránok, 26-31-ig a tenorok, míg 32-36-ig a basszusok találhatóak. Az együtthatók szignifikáns küszöbértéke változatlanul: 0,325.

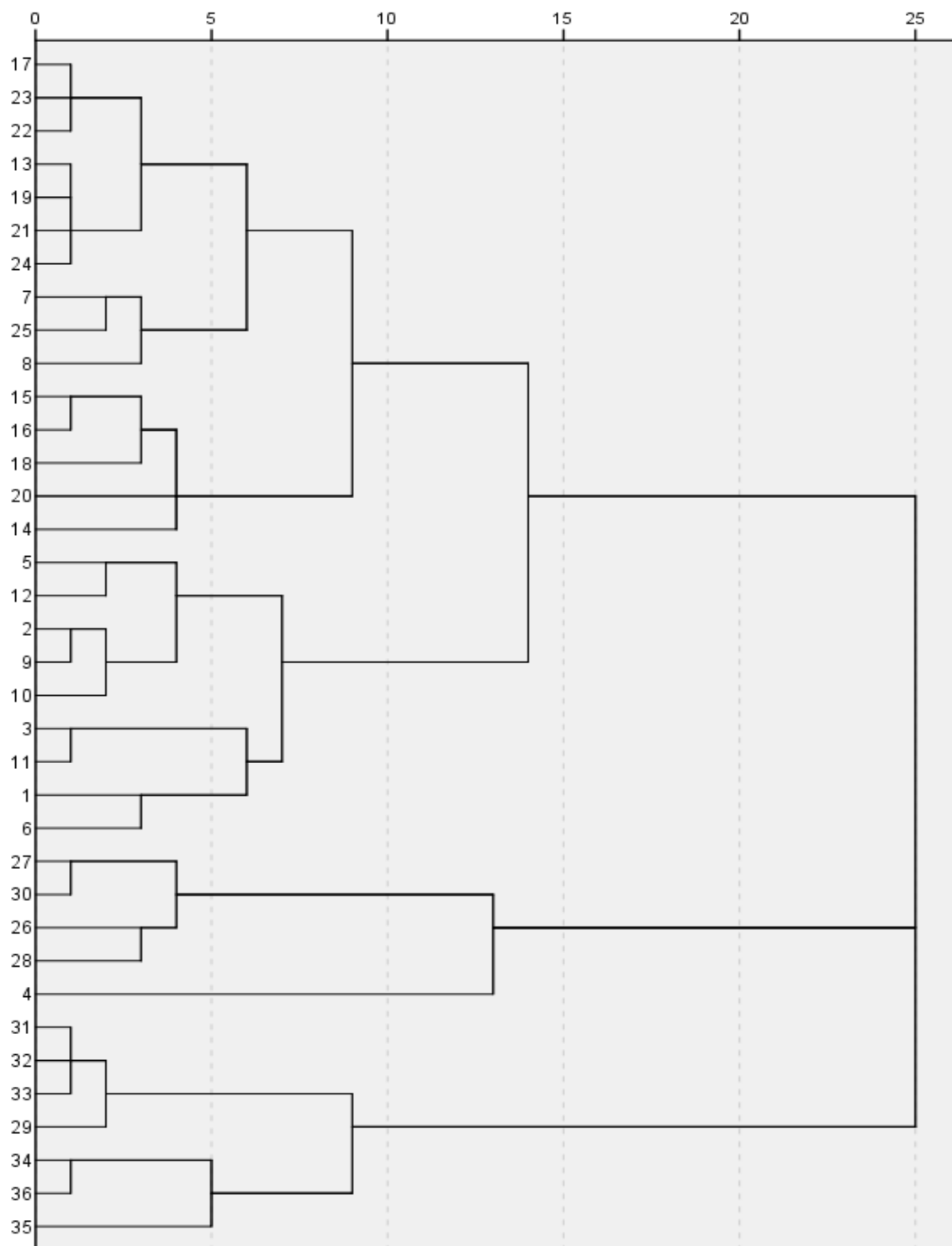


42. ábra

[á], bemelegítés előtt, teljes csoport, esetekre, 10. dendrogram

A 10. dendrogram (42. ábra) a bemelegítés előtti helyzetet mutatja az [á] magánhangzónál a teljes csoportra. A legerősebb kapcsolat a 18 és 19-es személy (két mezzoszoprán hölgy) közötti 0,993-as együttthatóval. A leggyengébb kapcsolat az 1 és 29-es személy (szoprán és tenor) közötti, 0,343-as együttthatóval. A hangfajok szerinti kapcsolódások pontosan

kirajzolódnak, de az 1-es szoprán a mezzok közé, a 29-es és 31-es tenor a basszusok közé kerül, a hangfaji összetartozásnak ellentmondva.

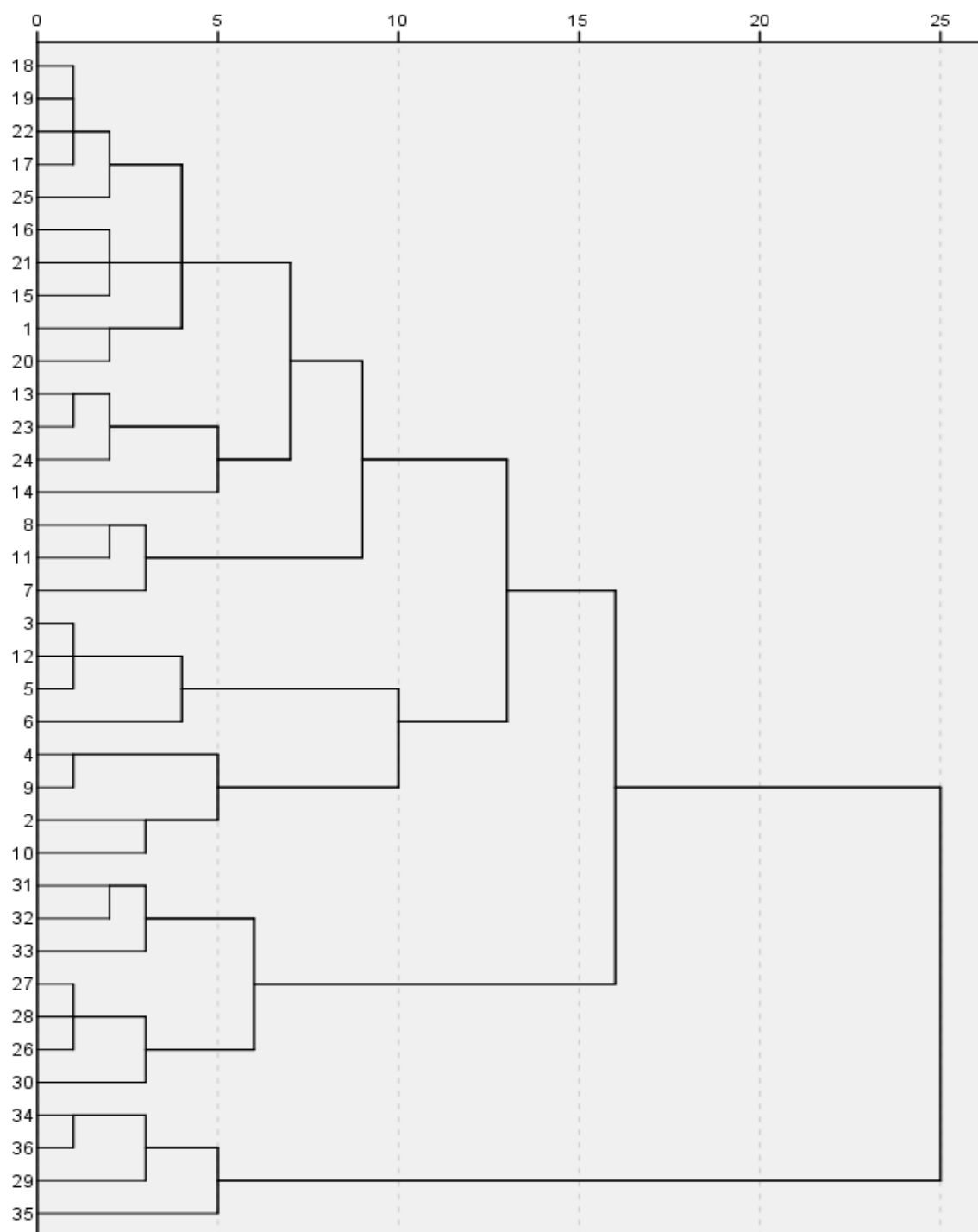


43. ábra

[á], szájás bemelegítés után, teljes csoport, esetekre, 11. dendrogram

A 11. dendrogram az [á] magánhangzónál (lásd 43. ábra) a szájás bemelegítő szakasz utáni helyzetet mutatja a teljes csoportnál. A legerősebb kapcsolat most a 19 és 23-as személyek közötti (két mezzoszoprán résztvevő), melynek együtthatója 0,994. A leggyengébb kapcsolat

az 1 és 29-es személyek közötti most is (szoprán és tenor), melynek együttthatója 0,303 (már nem szignifikáns). Idegen hangfajcsoportba került résztvevők száma megnőtt, ezek a 4-es, 7-es, 8-as szopránok, és 29-es és 31-es tenorok.



44. ábra

[á], orros rámelegítés után, teljes csoport, esetekre, 12. dendrogram

A 12. dendrogram az orros rámelegítés utáni helyzetet mutatja (lásd 44. ábra) a teljes csoportnál az [á] magánhangzónál. Legerősebb kapcsolat a 17 és 23-as személyek közötti (két

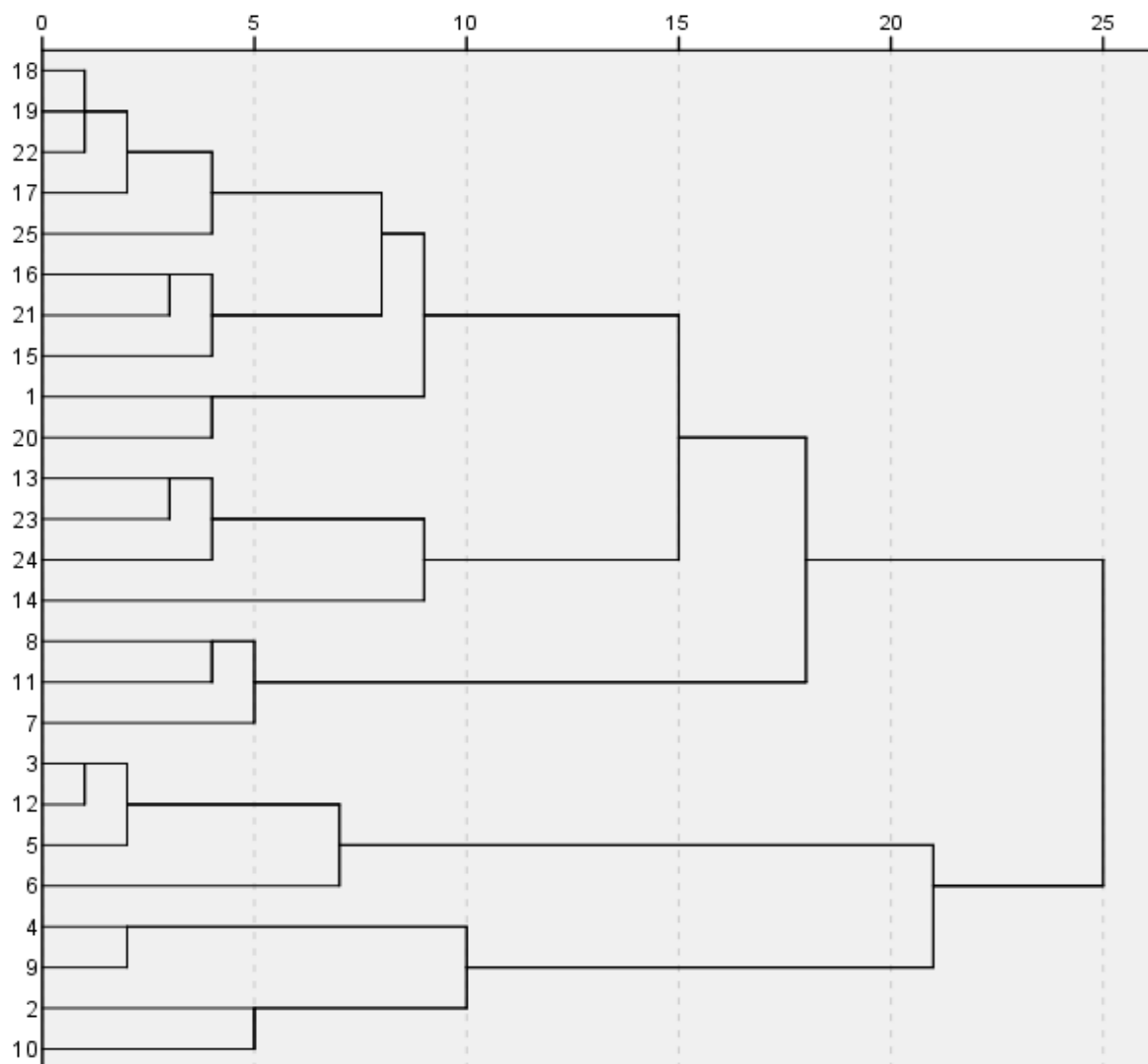
mezzoszoprán) 0,993-as együtthatóval. A leggyengébb továbbra is az 1 és 29-es személyek között (szoprán és tenor), 0,372-es együtthatóval, ami most újra szignifikáns lett. Az 1-es, szoprán a mezzók között, míg a 29 és 31-es tenorok továbbra is a basszusok között találhatók.

Összefoglalva a teljes csoportnál végzett klaszter elemzések tapasztalatait, esetekre:

- (1) a legösszetartóbb hangfaji csoport a mezzok. Az orros rámelegítés hatására erősödnek is a belső kapcsolataik.
- (2) a szájas bemelegítés után a leggyengébb kapcsolat már nem szignifikáns és nő az idegen hangfajcsoportba került esetek száma
- (3) két tenor, a 29-es és a 31-es mindhárom esetben a basszusok fűrtjében maradt
- (4) a bemelegítés előtt – 10. Dendrogram - 3 szoprán, két mezzo fűrt van és a férfi szólamok két, kevert fűrtbe tömörülnek
- (5) a szájas bemelegítési szakasz hatására – 11. Dendrogram - a szoprán és a mezzo szólamok jobban összekeverednek. 2 db mezzo, egy szoprán és egy kevert, női fűrt van. Kialakul egy elkülönült tenor fűrt is. A leggyengébb együttható érték itt kerül a szignifikáns érték alá.
- (6) az orros rámelegítés hatására – 12. Dendrogram - az együtthatók értékszórása a legkisebb lesz, és tovább erősödnek a hangfaj szerinti csoportosulások (2 mezzo, 2 szoprán, 1 tenor, 1 basszus fűrt).

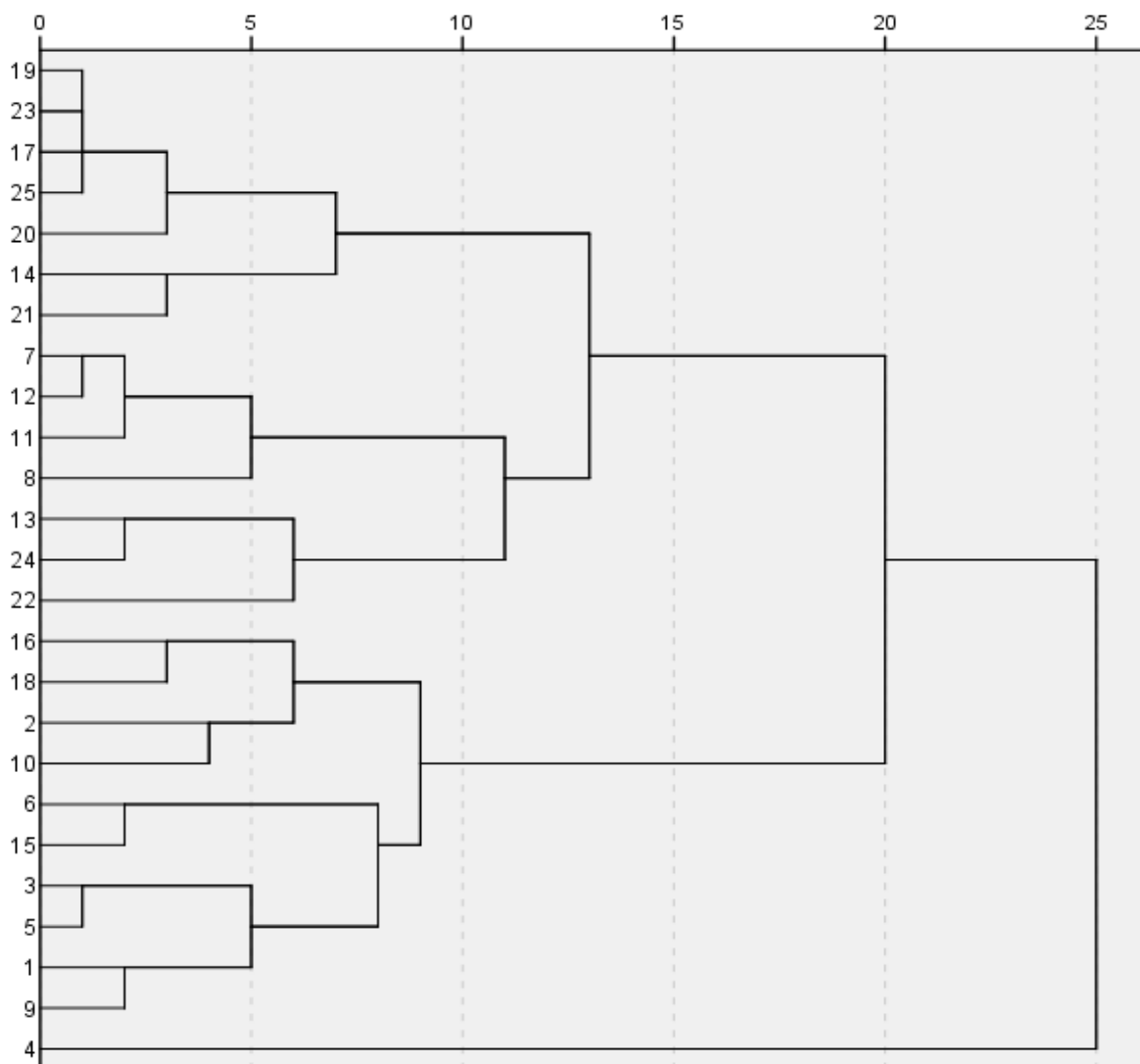
A 13. dendrogram a női résztvevőknél, [á] magánhangzó, bemelegítés előtti állapotát mutatja (lásd 45. ábra). A legszorosabb kapcsolat a 18 és 19-es személyek (akik mezzoszopránok) között volt, 0,993-as együtthatóval. A leggyengébb kapcsolat az 1 és 2-es személyek közötti (két szoprán), 0,681-es együtthatóval. Egyedül az 1-es szoprán nincs hangfajának fűrtjében. Az együtthatók szignifikáns küszöbértéke 25 fős csoportnál 0,381.

Az első tíz legerősebb kapcsolatból 6 db mezzo-mezzo, 3 db szoprán-szoprán és egy vegyes.



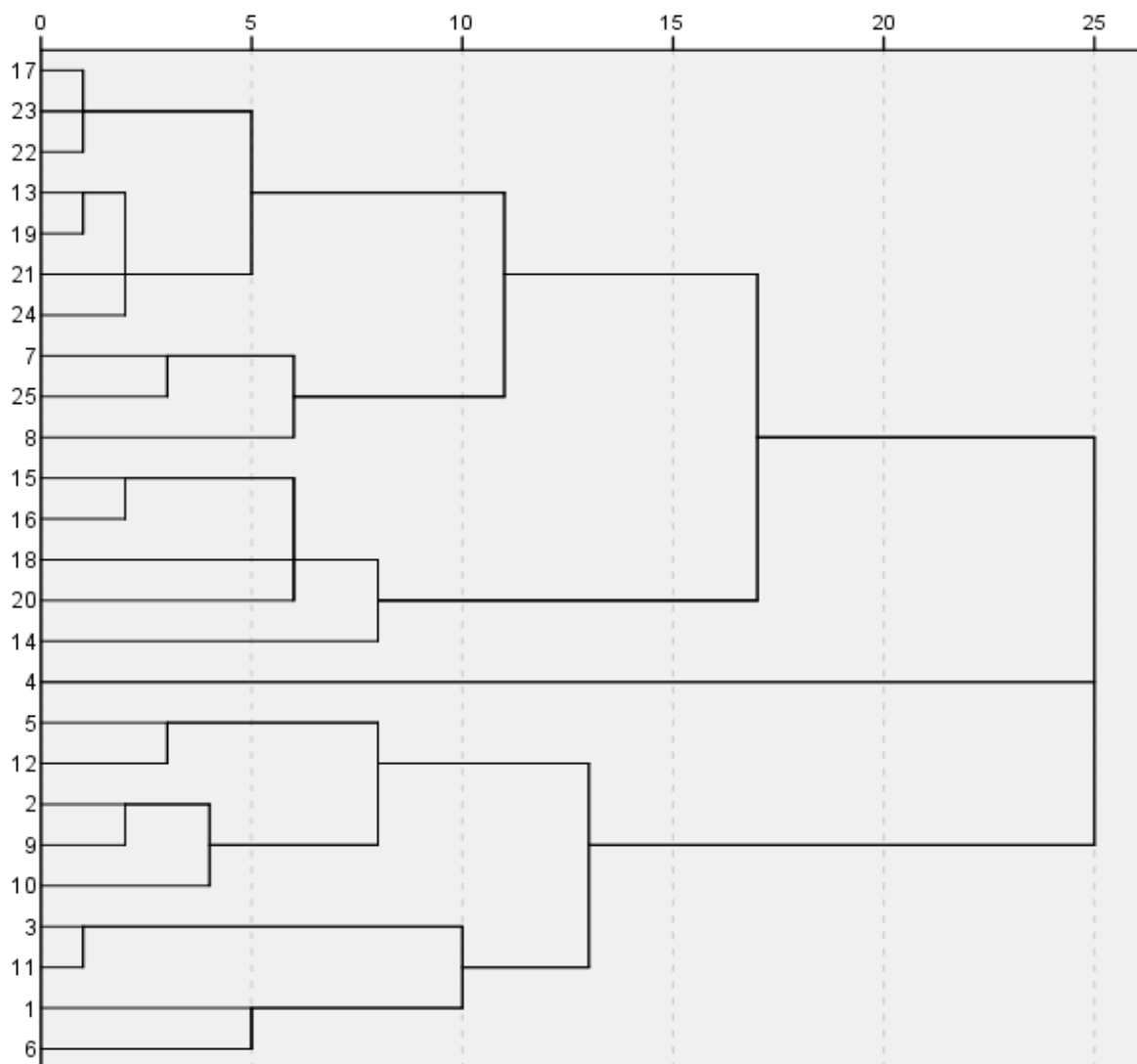
45. ábra
[á], bemelegítés előtt, női alcsoport, esetekre, 13. dendrogram

A 14. dendrogram a női résztvevők kapcsolatait mutatja a szájas bemelegítő szakasz után az [á] magánhangzónál (lásd 46. ábra). Legerősebb kapcsolat a 19 és 23-as személyek között (mindketten mezzoszopránok), 0,994 együtthatóval. Leggyengébb kapcsolat a 1 és 4-es személyek között (két szoprán), 0,567-es együtthatóval. Az első tíz legerősebb kapcsolatból 5 db mezzok közötti, 4 db szopránok közötti, és egy vegyes. A 4-es szoprán kiszakad a fürtökből, és létrejön két mezzo, egy szoprán, és egy szoprán többségű, nagy vegyes fürt is. Az együtthatók értékszórása nőtt.



46. ábra
[á], szájjas bemelegítés után, női alcsoport, esetekre, 14. dendrogram

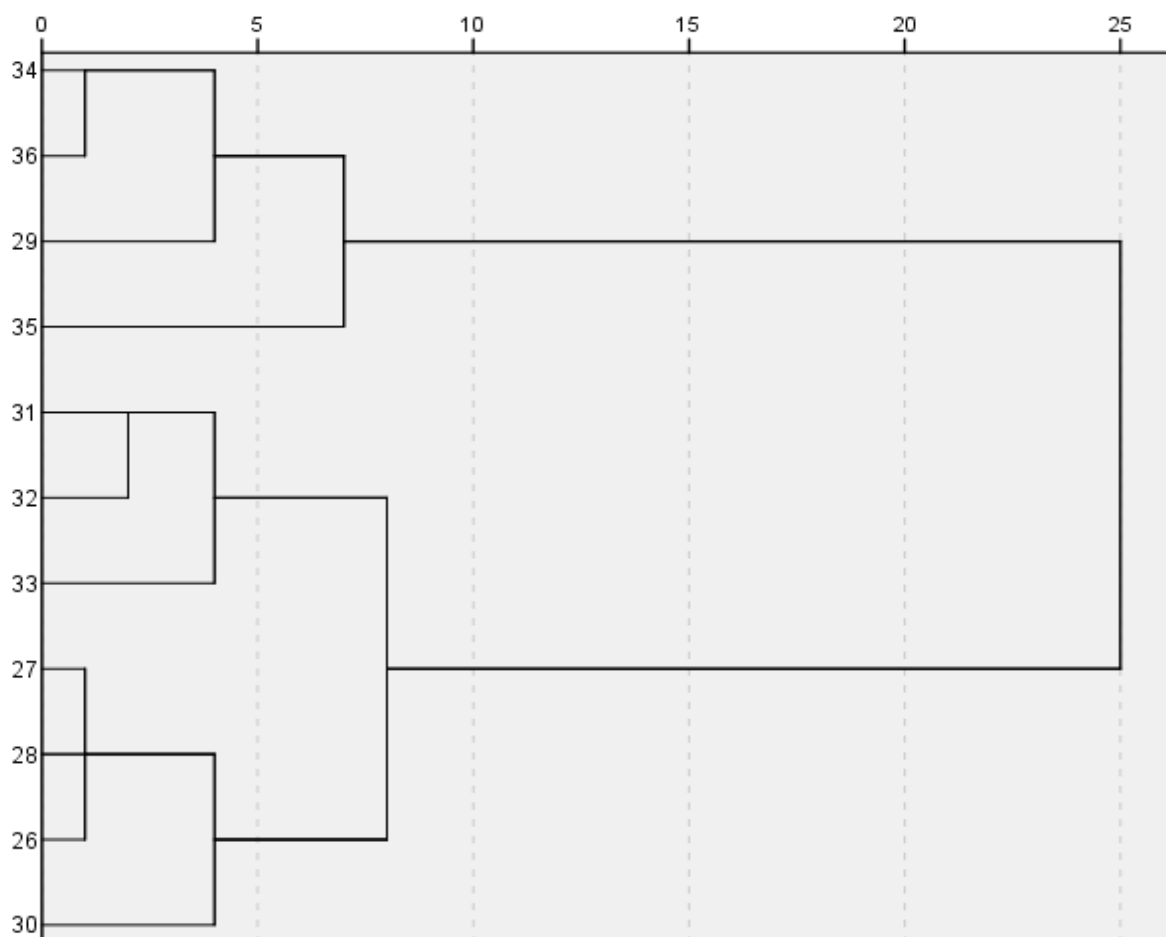
A 15. dendrogram a női résztvevők kapcsolatainak alakulását mutatja az orros rámelegítés nyomán az [á] magánhangzónál (lásd 47. ábra). A legerősebb kapcsolat a 17 és 23-as résztvevők között, (mindketten mezzoszopránok), 0,993-as együtthatóval. A leggyengébb kapcsolat a 1 és 4-es személyek között (mindketten szopránok), 0,669-es együtthatóval. A tíz legerősebb kapcsolatból 6 db mezzo-mezzo, 3 db szoprán-szoprán és egy vegyes. A nagy vegyes fűrt szopránná tisztul. A 7-es és 8-as szopránok keveredtek mezzok közé. Az együtthatók értékszórása kisebb, mint a szájjas gyakorlatok után.



47. ábra

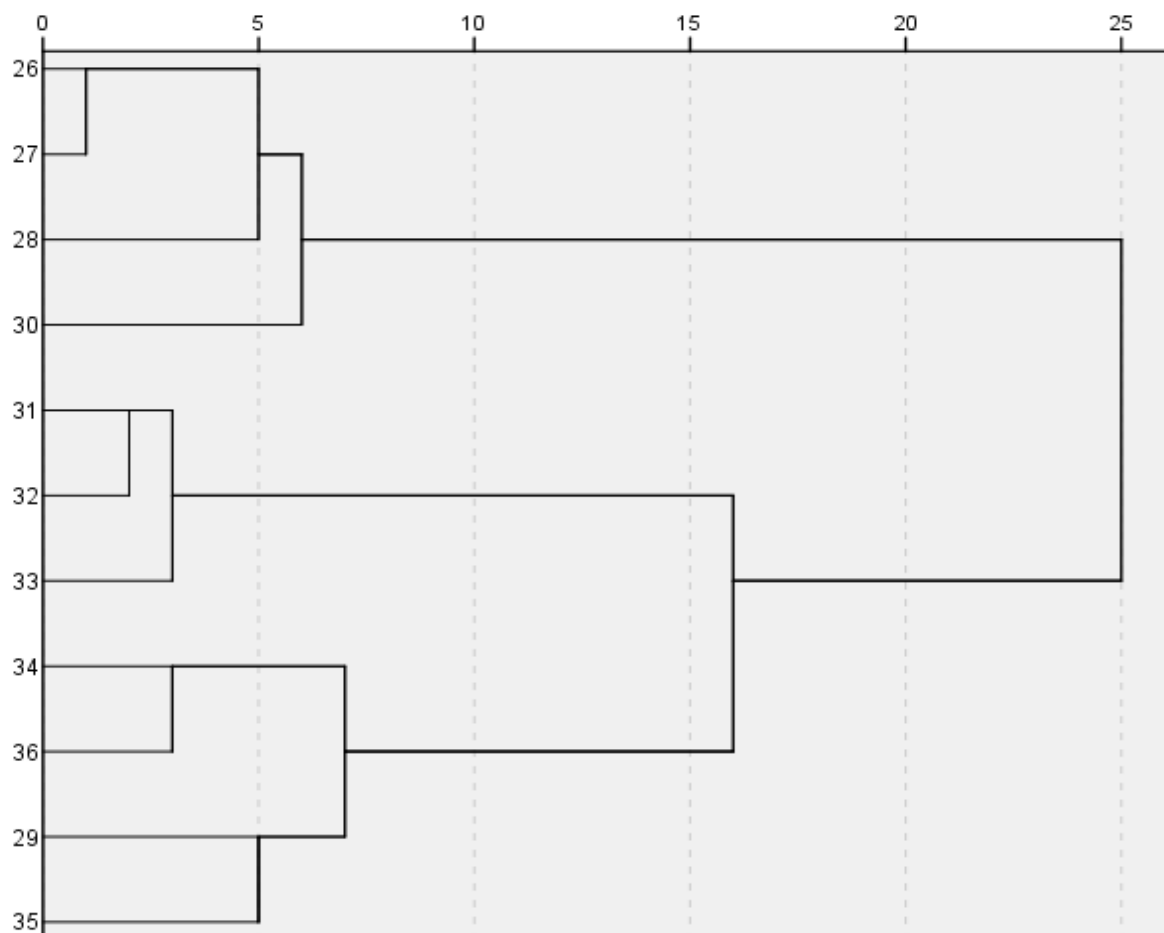
[á], orros rámelegítés után, női alcsoport, esetekre, 15. dendrogram

A 16. dendrogram a férfi résztvevők közti kapcsolatokat mutatja, az [á] magánhangzónál, bemelegítés előtt (lásd 48. ábra). A legerősebb kapcsolat a 34 és 36-os személyek között (mindketten basszusok), 0,982-es együtthatóval. A leggyengébb kapcsolat a 26 és 29-es személyek között (mindketten tenorok), 0,569-es együtthatóval. A leggyengébb kapcsolat is még szignifikáns. A 10 db kapcsolatból 5 db vegyes (tenor-basszus). A 29-es és a 31-es tenorok keveredtek basszusok közé. Az együtthatók szignifikáns küszöbértéke 11 fős csoportnál =0,553.



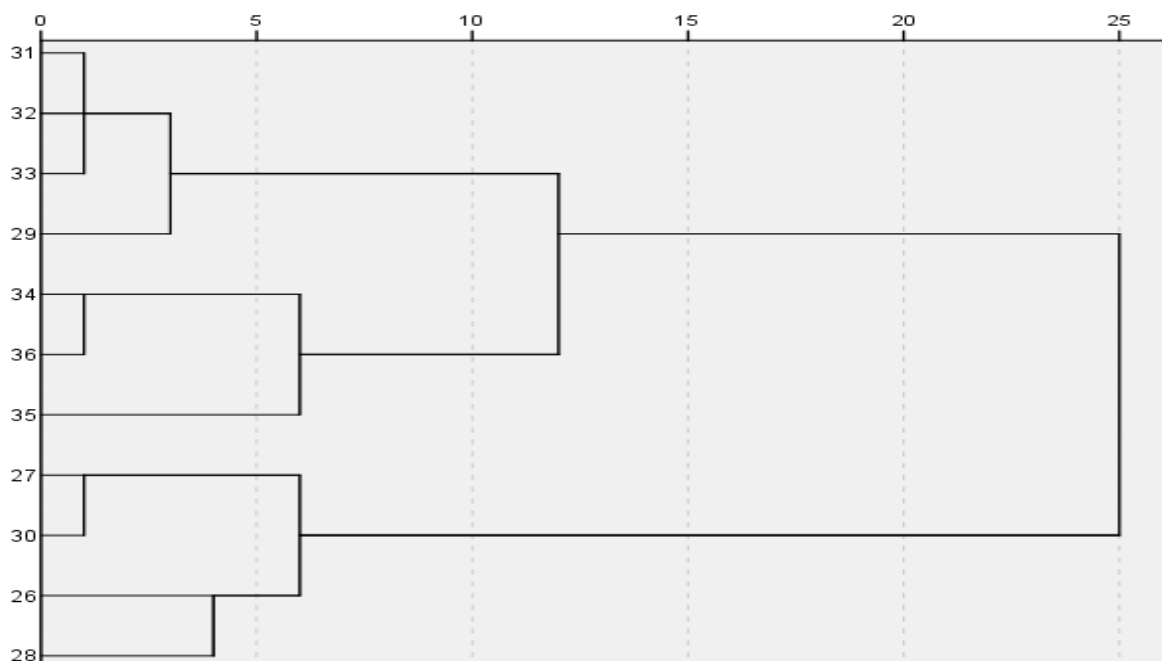
48. ábra
[á], bemelegítés előtt, férfi alcsoport, esetekre, 16, dendrogram

A 17. dendrogram a férfi résztvevők közti kapcsolatokat mutatja az [á] magánhangzónál, szájas bemelegítő szakasz után (lásd 49 ábra). A legerősebb az 26 és 27-os személyek között (mindketten tenorok), 0,993-as együtthatóval. A leggyengébb kapcsolat az 26 és 29-es résztvevők között (mindketten tenorok), 0,619-es együtthatóval. A 10 db kapcsolatból 4 db vegyes, hangfajok közti. Most is a 29-es és a 31-es tenorok kerültek basszus fűrtökbe.



49. ábra
[á], szájas bemelegítés után, férfi alcsoport, esetekre, 17. dendrogram

A 18. dendrogram a férfi résztvevők közti kapcsolatokat mutatja, az [á] magánhangzónál, orros rámelegítés után (lásd 50. ábra). Legerősebb kapcsolat a 31 és 32-es személyek között (tenor és basszus, tehát vegyes), 0,990-es együtthatóval. A leggyengébb kapcsolat továbbra is, mint a bemelegítés nélküli és a szájas bemelegítés utáni esetben, a 26 és 29-es személyek között (mindketten tenorok), 0,567-es együtthatóval. A 10 db kapcsolatból 3 db vegyes, vagyis hangfajok közötti. A 29-es és 31-es tenorok maradtak a basszusok egyik fűrtjében. Az együtthatók szórása a szájas bemelegítés nyomán lett legkisebb.



50. ábra
[á], orros rámelegítés után, férfi alcsoport, esetekre, 18. dendrogram

Összefoglalva a klaszter elemzés esetekre történt kiterjesztésének tapasztalatait a nemekre:

- (1) a nőknél a mezzok belső kapcsolatai erősebbek, mint a szopránoké
- (2) az orros rámelegítés hatására az együtthatók értékszórása csökken, jelezve a kapcsolatok erősödését
- (3) a férfiaknál a bemelegítés előtt és a szájas bemelegítési szakasz után egy-egy tenor fürt mellett, két-két vegyes fürt található
- (4) az orros rámelegítés nyomán tisztul a helyzet a férfiaknál. Egy tenor és egy basszus fürt mellett, csak egy fürt marad vegyes
- (5) a leggyengébb együttható értékek, mindhárom helyzetben küszöbérték fölöttiek
- (6) a szájas gyakorlatok hatására csökken, míg az orros gyakorlatok hatására nő az együtthatók értékszórása

„Ismételt mérések varianciaanalízis” (Repeated measure, ANOVA= analysis of variance) elemzésnél, először mind a kilenc változó belső összefüggéseinek változását vizsgáltuk a bemelegítések (alkalmak) hatására. Mivel minden „p” érték erősen szignifikáns (dólt kiemeléssel jelezve), ezért az η^2 értékeinek változásait figyeltük. A létszám jelölések a csoportokra utalnak. 36 = teljes csoport, 25 = női alcsoport, 11 = férfi alcsoport.

75. táblázat. Teljes csoport, alkalmak, repeated measure

teljes csoport, 36 fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,837	0,000	Á	0,806	0,000	Ú	0,869	0,000
szájjas bemelegítés után		0,841	0,000		0,791	0,000		0,869	0,000
orros rámelegítés után		0,842	0,000		0,800	0,000		0,879	0,000

A teljes csoportnál (lásd 75. táblázat), az [í] magánhangzónál mindkét bemelegítési szakasz hatására nő az η^2 . Az [á] magánhangzónál a szájjas szakasz hatására csökken, de az orrosra újra nő az értéke. Az [ú] magánhangzónál csak az orros rámelegítés hatására nő az η^2 értéke.

76. táblázat. Női alcsoport, alkalmak, repeated measure

női alcsoport, 25 fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,880	0,000	Á	0,879	0,000	Ú	0,894	0,000
szájjas bemelegítés után		0,897	0,000		0,864	0,000		0,899	0,000
orros rámelegítés után		0,894	0,000		0,863	0,000		0,921	0,000

A női alcsoportnál (lásd 76. táblázat) az [í] magánhangzónál mindkét bemelegítési szakasz után magasabb az η^2 értéke, az [á] magánhangzónál viszont alacsonyabb. Nagy változás az [ú] magánhangzónál figyelhető meg, ahol az orros rámelegítés hatására jelentősen megnő az η^2 értéke.

77. táblázat. Férfi alcsoport, alkalmak, repeated measure

férfi alcsoport, 11 fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,918	0,000	Á	0,861	0,000	Ú	0,942	0,000
szájjas bemelegítés után		0,923	0,000		0,842	0,000		0,948	0,000
orros rámelegítés után		0,924	0,000		0,842	0,000		0,928	0,000

A férfi alcsoportnál (lásd 77. táblázat) az [í] magánhangzónál enyhe növekedés, míg az [á] magánhangzónál enyhe csökkenést találtunk az η^2 értékekben a bemelegítések hatására. Az [ú] magánhangzónál vegyes a kép: a szájjas bemelegítési szakasz enyhe növekedést, míg az orros erősebb csökkenést okoz az η^2 értékében.

Összefoglalva:

- (1) a paraméterek belső kohézióját nem bontják meg a bemelegítések
- (2) az orros rámelegítésnek volt a teljes és a női alcsoportnál is kiemelkedő, erősítő hatása az [ú] magánhangzónál

Elemeztük a paraméterek változását egyenként is a bemelegítési szakaszok hatására, külön-külön a teljes csoportra, és a nemi alcsoportokra is.

78. táblázat. [í], teljes csoport, paraméterek, repeated measure

Í	36 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,206	0,227	0,154	0,266	0,308	0,297	0,314	0,294	0,340
	p	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Az [í] magánhangzónál (lásd 78. táblázat) az η^2 értékei viszonylag alacsonyak, szórásuk=0,134, de azért minden paraméterre a bemelegítések hatása szignifikáns.

79. táblázat. [á], teljes csoport, paraméterek, repeated measure

Á	36 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,276	0,335	0,338	0,261	0,262	0,409	0,381	0,459	0,491
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Az [á] magánhangzónál (lásd 79. táblázat) az η^2 értékei magasabbak, szórásuk=0,215. A bemelegítések hatása minden paraméterre szignifikáns.

80. táblázat. [ú], teljes csoport, paraméterek, repeated measure

Ú	36 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,151	0,310	0,455	0,372	0,208	0,217	0,366	0,362	0,371
	p	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Az [ú] magánhangzónál (lásd 80. táblázat) az η^2 értékeinek szórása a legnagyobb a három magánhangzó közül (=0,220). A bemelegítések hatása itt is szignifikáns minden paraméterre.

81. táblázat. [í], női alcsoport, paraméterek, repeated measure

Í	25 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,325	0,250	0,177	0,333	0,446	0,342	0,380	0,347	0,437
	p	0,000	0,001	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Az [í] magánhangzónál, női alcsoportra (lásd 81. táblázat) a bemelegítések hatása a H1 felhangra a legkisebb, de szignifikáns. Az η^2 értékeinek szórása itt is magas (=0,260).

82. táblázat. [á], női alcsoport, paraméterek, repeated measure

Á	25 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,289	0,399	0,421	0,233	0,244	0,479	0,518	0,569	0,533
	p	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000

Az [á] magánhangzónál (lásd 82. táblázat) minden változóra szignifikáns a bemelegítések hatása. Az η^2 értékeinek szórása itt is magas (=0,336).

83. táblázat. [ú], női alcsoport, paraméterek, repeated measure

Ú	25 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,145	0,325	0,457	0,410	0,314	0,353	0,514	0,493	0,439
	p	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Szignifikáns, de jelentősen gyengébb hatás csak a női alcsoportnál az [ú] magánhangzónál jelentkezik a hangnyomás átlag változónál (lásd 83. táblázat). Az η^2 értékeinek szórása=0,369.

84. táblázat. [í], férfi alcsoport, paraméterek, repeated measure

Í	11 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,063	0,217	0,129	0,125	0,120	0,266	0,164	0,198	0,125
	p	0,523	0,087	0,251	0,262	0,279	0,046	0,166	0,110	0,263

Az [í] magánhangzónál a férfi alcsoportnál, csak a H4 felhangra van a bemelegítéseknek szignifikáns hatása (lásd 84. táblázat).

85. táblázat. [á], férfi alcsoport, paraméterek, repeated measure

Á	11 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,266	0,413	0,270	0,496	0,364	0,314	0,228	0,254	0,528
	p	0,046	0,005	0,043	0,001	0,011	0,023	0,075	0,053	0,001

Az [á] magánhangzónál a férfi alcsoportnál, csak két paraméternél – H5, H6 – nem szignifikáns a bemelegítések hatása (lásd 85. táblázat).

86. táblázat. [ú], férfi alcsoport, paraméterek, repeated measure

Ú	11 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,275	0,431	0,491	0,355	0,049	0,051	0,058	0,083	0,286
	p	0,040	0,004	0,001	0,012	0,605	0,596	0,548	0,421	0,034

Az [ú] magánhangzónál a férfi alcsoportnál a magasabb felhangokra – H3, H4, H5, H6 – nem hatnak a bemelegítések szignifikánsan (lásd 86. táblázat). A η^2 értékek szórása is kiemelkedő (=0,442). A férfi alcsoportnál – az alacsony létszámmal összefüggésben – jelentkeznek nem szignifikáns eredmények. Ezen eredmények alapján azt látjuk, hogy az [í] magánhangzóra hatnak legkevésbé, és az [á] magánhangzóra leginkább a férfiaknál a bemelegítési gyakorlatok.

Összefoglalva azt állapíthatjuk meg, hogy a „repeated measure” vizsgálat

- (1) határozott eredményeket a változónkénti vizsgálatoknál hozott
- (2) mindhárom magánhangzónál a teljes és a női csoportokra a gyakorlatok hatása minden változó esetén szignifikáns
- (3) itt a kis létszámú férfi csoportnál domborodott ki az, hogy a bemelegítések nem egyformán hatnak a magánhangzókra
- (4) ez az elemzés is a páros-t elemzés megfigyelését erősítette meg, mely ugyancsak az [á] magánhangzó érzékenységét emelte ki (*Altorjay, 2014b*).

6.6.1. Az ötödik kísérleti mérés tapasztalatai

- (1) a nagyobb létszám, és mindkét nem részvétele a kísérletben nemi és hangfaji összehasonlítást is lehetővé tett.
- (2) mindhárom elemzés jelezte az orros rámelegítés előnyös, hozzáadódó hatását a szájás bemelegítéshez.
- (3) kiemelendő az [á] magánhangzó és a mezzo-alcsoport érzékeny reagálása a bemelegítésekre
- (4) a THT paraméter helyett a felhangok vizsgálata bevált
- (5) az [í] magánhangzóra hatottak legkevésbé a bemelegítések
- (6) hátrányos hatásai csak a szájás bemelegítésnek voltak
- (7) az orros rámelegítés hatására, a klaszter-elemzésnél a hangfaji „fürtök” határozottan elkülönülnek
- (8) legösszetartóbb hangfaji csoportnak a mezzo-k bizonyultak

6.7. A hatodik kísérleti mérés

- Célok: (1) kísérlet folytatása képzett felnőttekkel
 (2) mindkét nem képviselőinek bevonása
 (3) az V. mérésben résztvevők minél teljesebb körű bevonása az eredmények közvetlen összehasonlíthatósága érdekében
 (4) az eddig bevált paraméterek vizsgálata
 (5) az V. kutatási mérésnél bevált gyakorlatok alkalmazása
 (6) a „szájás-orros” sorrend megfordítása, a kétféle bemelegítés hatékonyságának teljesebb összevethetősége érdekében
 (7) a kétféle gyakorlatsor célszerű sorrendjének meghatározása

Módszerek: az V. kísérleti mérésnél új eredményeket hozott a résztvevők létszámának növelése, a férfiakra történt kiterjesztés is. A vizsgált paraméterek és statisztikai elemzési módszerek is megfelelőnek bizonyultak további alkalmazásra. A kísérlet során felmerült egy vizsgálandó szempont is. Az orros rámelegítés hatékonynak bizonyult a szájás bemelegítő szakasz után is, de ezzel még a kétféle bemelegítés között hatékonysági különbséget nem tudtunk igazolni. A gyakorlatban alkalmazott mindkét fajta gyakorlatok helyes sorrendjére, arányára, keverésére biztos következtetést még nem vonhattunk le.

Ezért a VI. kísérleti mérésnél megcseréltük a gyakorlatok sorrendjét. A mérésre továbbra is bemelegítés nélkül érkeztek a résztvevők. A bemelegítések előtt készítettük az első felvételt a kilenc magyar magánhangzóról, majd a 15 perc hosszúságú orros gyakorlatsor jött. Ezt követte a második felvétel, majd ezúttal 15 perc hosszú szájás rámelegítést végeztünk az énekesekkel. Végén megismételtük a kilenc magyar magánhangzó felvételét.

A vizsgálatokba az SZTE JGYPK Énekszakos hallgatói kapcsolódtak be. A méréseket 2014 májusában bonyolítottuk le. Azokat a diákokat vontuk be a mérésbe, akik 2014 januárjában és februárjában már az V. mérésben is részt vettek, mert így összevethetővé vált a kétféle bemelegítési sorrend közvetlenül.

A nemeknél és hangfajoknál a korábban alkalmazott középhangok maradtak a felvételi hangmagasságok. Ez a szopránoknál C1-t (523,25 Hz), a mezzóknál Á1-t (440 Hz), az altoknál Fis1-t (369,99 Hz), a tenoroknál á-t (220 Hz), a baritonoknál fisz-t (185 Hz), míg a basszusoknál d-t (146,83 Hz) jelentette.

A felvételeket ezúttal is a helyszínekre telepített Roland/Edirol R-44R Channel Recorder (hangfelvevővel), két AKG 2000B mikrofonnal készítettük. A mikrofon állványokra távolságtartó konzolt (40 cm) szereltünk most is, hogy így biztosítsuk a résztvevők egyforma

távolságát a mikrofonoktól. A felvételek elemzéséhez maradtak a SIEGVIEW 2.4. hangelemző, és az eredmények kiértékeléséhez SPSS 20 statisztikai programok. A résztvevők statisztikai adatait az alábbi 87. táblázatban foglaltuk össze.

87. táblázat. Résztvevők statisztikai adatai

	létszám	életkor		képzés		hangfekvések	
		átlag	szórás	átlag	szórás	magas	mély
teljes	20	23,35	2,90	3,85	2,07	10	10
nők	10	23,06	2,96	4,95	2,45	5	5
férfiak	10	23,64	2,97	2,75	0,59	5	5

A résztvevők eloszlása teljesen szimmetrikus, mind a nemeket, mind azon belül a hangfekvéseket tekintve. Az alkalmazott gyakorlatok az V. kísérleti méréssel azonosak, csak fordított sorrendben. Itt csak vázlatosan ismertetjük a 6.6. fejezetben részletezett feladatokat.

Orros bemelegítés:

- (1) légzésgyakorlat: orrlihegessel
- (2) izom bemelegítés: szimatolás, ízlelés egyidejűleg
- (3) alkalmazott énekelések, szintén két dallammal (csak a női skálákat ismertetjük)

VI. Kísérleti mérés

orros bemelegítés, 1-2. dallam, nők

A.T.

Ének

zár t zön - ge ...
zár t zön - ge* ...
gú - nyú gú ...

Ének

nyi - tott ...
nyi - tott * ...
gú - nyú gú ...

Szájas bemelegítés:

- (1) légzésgyakorlat (kutyalihegés)
- (2) izombemelegítők: száraz nyelés, öklendezés, ásítás, röhögés
- (3) két dallammal, a szöveges gyakorlatok (csak a női skálákat ismertetjük)

VI. Kísérleti mérés

szájjas bemelegítés, 1.dallam, nők

A.T.

fá - fá lá - lá fá - fá lá - lá ...
 sá - sá lá - lá sá - sá lá - lá ...
 há - há há - há há - há há - há ...

VI. Kísérleti mérés

szájjas bemelegítés, 2.dallam, nők

A.T.

lá - lá lá - lá ...
 há - há há - há ...
 á - ú á - ú á - ó á - ó á - a á - a á - ú - á

Eredmények: A felvételek elemzésénél továbbra is kilenc változót vizsgáltunk: az FFT ábra jel-átlagát (hangnyomás átlag), valamint az alaphang (F0), és hét felhang (H1-H7) FFT értékének alakulását. Három magánhangzót elemeztünk az [i, á ú] -t. Az eredmények összehasonlításához páros-t, klaszter és „Ismételt méréses varianciaanalízis (ANOVA)” statisztikai számításokat végeztünk.

Elsőként a páros-t elemzés eredményeit ismertetjük táblázatokba gyűjtve, magánhangzónként és külön a teljes, majd a nemenkénti alcsoportokra. A táblázatokban a szignifikáns „p” értékeket dőlt kiemeléssel jelezzük.

Teljes csoport:

88. táblázat. [i], teljes csoport, szájjas-orros, páros-t eredményei

Í, telj.	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájjas bemelegítési szakasz hatása								
t	-0,133	-2,061	-0,374	-2,242	-2,390	-2,397	-1,297	-2,950	-3,383
p	0,895	0,053	0,712	0,037	0,027	0,027	0,210	0,008	0,003
orros rámelegítés hatása									
t	-1,989	-1,754	-0,784	-0,594	-0,671	1,144	-0,443	-0,791	-0,136
p	0,061	0,096	0,443	0,560	0,510	0,267	0,662	0,439	0,893
a teljes bemelegítés hatása									
t	-2,059	-3,665	-0,944	-2,291	-2,844	-1,787	-2,014	-3,915	-2,552
p	0,053	0,002	0,357	0,034	0,010	0,090	0,058	0,001	0,019

A szájas-orros bemelegítési sorrendnél az [i] magánhangzónál (lásd 88. táblázat) azt látjuk, hogy a szájas szakasz minden paraméterre előnyösen hat (minden „t” érték negatív) és 5 felhangnál (H2, H3, H4, H6, H7) ez a hatás szignifikáns. Az orros rámelegítés hatása szintén előnyös (kivéve H4), de egyik változónál sem szignifikáns. A két gyakorlatsor együttes hatásánál az összegződés jelentkezik.

89. táblázat. [i], teljes csoport, orros-szájas, páros-t eredményei

Í,telj.	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	orros bemelegítés hatása								
t	-1,669	-2,618	-0,109	-2,191	-2,974	-1,657	-3,244	-1,694	-2,321
p	0,112	0,017	0,915	0,041	0,008	0,114	0,004	0,107	0,032
	szájas rámelegítés hatása								
t	-1,715	0,126	-3,516	-3,582	-0,579	-5,029	-1,485	-2,087	-3,712
p	0,103	0,901	0,002	0,002	0,569	0,000	0,154	0,051	0,001
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-3,160	-2,587	-3,265	-4,373	-3,198	-4,584	-3,767	-3,900	-4,823
p	0,005	0,018	0,004	0,000	0,005	0,000	0,001	0,001	0,000

Az orros-szájas sorrendnél (lásd 89. táblázat) az orros szakasz után – öt szignifikáns hatás - viszont a szájas rámelegítés is több paraméternél képes szignifikáns ráhatásra (négy paraméternél), és a két gyakorlatsor együttes hatása minden változónál szignifikánsan előnyös változást eredményez.

90. táblázat. [á], teljes csoport, szájas-orros, páros-t eredményei

Á,telj.	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájas bemelegítési szakasz hatása								
t	-1,443	-1,860	-1,636	-1,106	-1,613	-3,525	-1,751	-2,741	-3,524
p	0,165	0,078	0,118	0,282	0,123	0,002	0,096	0,013	0,002
	orros rámelegítés hatása								
t	-1,682	-3,515	-1,755	-2,222	-2,300	-0,204	-0,764	-0,577	-1,911
p	0,109	0,002	0,095	0,039	0,033	0,840	0,455	0,570	0,071
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-2,780	-4,452	-3,024	-2,287	-3,572	-2,339	-2,916	-2,949	-3,965
p	0,012	0,000	0,007	0,034	0,002	0,030	0,009	0,008	0,001

A száj-as-orros sorrend az [á] magánhangzónál (lásd 90. táblázat) mindkét fázisban, minden egyes változóra előnyösen hat. A száj-as szakasz hatása a H4, H6, H7, míg az orros rámelegítése F0, H2, H3 változóknál szignifikáns. A két szakasz egymás hatását előnyösen erősítve együtt minden paraméternél szignifikáns hatást eredményez.

91. táblázat. [á], teljes csoport, orros-száj-as, páros-t eredményei

Á,telj.	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	orros bemelegítés hatása								
t	-2,413	-2,957	-2,629	-1,688	-1,143	-1,542	-0,355	-2,740	-1,981
p	0,026	0,008	0,017	0,108	0,267	0,140	0,727	0,013	0,062
	száj-as rámelegítés hatása								
t	-2,149	0,539	-1,357	-2,699	-3,811	-5,386	-2,749	-1,205	-3,391
p	0,045	0,596	0,191	0,014	0,001	0,000	0,013	0,243	0,003
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-4,814	-2,985	-3,381	-3,922	-4,370	-4,851	-3,299	-4,309	-5,195
p	0,000	0,008	0,003	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000

Az orros-száj-as bemelegítési sorrend, az [á] magánhangzónál (lásd 91. táblázat), az előzőhöz hasonlóan mindkét gyakorlatsor nyomán eredményez szignifikánsan előnyös hatásokat. Az orros szakasz jel-átlagnál, F0-nál, H1-nél és H6-nál, míg a száj-as rámelegítés a jel-átlagnál, H2, H3, H4, H5 és H7 felhangoknál. Összevetve a két bemelegítést, mindkettőnél azt látjuk, hogy az orros szakasz hatása F0-ra, míg a száj-asé H4 és H7 felhangokra következetesen kiemelkedő. Az orros-száj-as sorrendnél előnyösebben összegződnek a hatások.

92. táblázat. [ú], teljes csoport, száj-as-orros, páros-t eredményei

Ú,telj.	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	száj-as bemelegítési szakasz hatása								
t	-0,744	-1,541	-3,197	-1,933	0,286	0,154	-1,386	-2,264	-2,331
p	0,466	0,140	0,005	0,068	0,778	0,879	0,182	0,035	0,031
	orros rámelegítés hatása								
t	-3,839	-3,614	-2,042	-3,479	-1,509	-2,714	-1,375	-1,071	-1,658
p	0,001	0,002	0,055	0,003	0,148	0,014	0,185	0,298	0,114
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-3,505	-3,712	-5,094	-3,926	-1,411	-2,126	-2,208	-2,448	-3,624
p	0,002	0,001	0,000	0,001	0,175	0,047	0,040	0,024	0,002

Az [ú] magánhangzónál a teljes csoportra (lásd 92. és 93. táblázatok) jelentkezik leghatározottabban az orros-szájas bemelegítési sorrend előnye. A szájas szakasz itt is a magas felhangokra hat előnyösen, míg az orros a mélyebbekre, mint az [á] magánhangzónál. A szájas gyakorlatsornál több előnytelen hatás (pozitív „t” érték) is jelentkezik.

93. táblázat. [ú], teljes csoport, orros-szájas, páros-t eredményei

Ú,telj.	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	orros bemelegítés hatása								
t	-5,243	-3,840	-3,602	-2,341	-2,378	-2,401	-2,387	-2,511	-3,129
p	0,000	0,001	0,002	0,030	0,028	0,027	0,028	0,021	0,006
szájas rámelegítés hatása									
t	-0,871	0,043	-0,402	-3,123	-1,597	-1,002	-1,541	-1,362	-1,276
p	0,395	0,966	0,692	0,006	0,127	0,329	0,140	0,189	0,217
a teljes bemelegítés hatása									
t	-4,526	-4,010	-4,947	-4,641	-3,288	-3,201	-2,956	-2,471	-3,119
p	0,000	0,001	0,000	0,000	0,004	0,005	0,008	0,023	0,006

Az orros gyakorlatok kezdetként, az [ú] magánhangzónál (lásd 92. és 93. táblázatok) minden paraméterre szignifikánsan, előnyösen hatnak, míg a szájas gyakorlatok ugyanebben a helyzetben csak három - H1, H6, H7 – változónál. A rámelegítéseknél az orros 4 változónál tud még szignifikánsan előnyösen hatni, míg a szájas rámelegítés csak egy esetben. Az együttes hatás is az orros-szájas sorrend előnyét mutatja.

Női alcsoport:

94. táblázat. [í], női alcsoport, szájas-orros, páros-t eredményei

Í,nők	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájas bemelegítési szakasz hatása								
t	0,187	-1,266	-0,799	-2,911	-2,982	-3,261	-1,413	-2,711	-3,134
p	0,856	0,237	0,445	0,017	0,015	0,010	0,191	0,024	0,012
orros rámelegítés hatása									
t	-1,984	-2,028	-0,641	-0,689	-0,372	2,299	-0,036	-0,529	0,009
p	0,079	0,073	0,538	0,508	0,718	0,047	0,972	0,610	0,993
a teljes bemelegítés hatása									
t	-1,646	-3,080	-1,507	-4,564	-4,214	-1,917	-3,577	-3,694	-1,841
p	0,134	0,013	0,166	0,001	0,002	0,088	0,006	0,005	0,099

A női alcsoportot vizsgálva az [í] magánhangzónál (lásd 94. táblázat) a szájas-orros bemelegítési sorrend együttes hatása 5 változónál ér el szignifikánsan előnyös hatást (F0, H2, H3, H5, H6), elsősorban a szájas gyakorlatsor következményeként. Itt jelentkezik először előnytelen szignifikáns hatás az orros rámelegítés nyomán a H4 felhangnál.

95. táblázat. [í], női alcsoport, orros-szájas, páros-t eredményei

Í,nők	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
orros bemelegítés hatása									
t	-2,174	-1,056	-0,903	-3,443	-2,936	-1,770	-4,903	-1,856	-2,688
p	0,058	0,318	0,390	0,007	0,017	0,111	0,001	0,096	0,025
szájas rámelegítés hatása									
t	-2,431	0,152	-1,630	-1,848	-2,638	-3,349	-1,286	-1,373	-2,759
p	0,038	0,883	0,138	0,098	0,027	0,009	0,231	0,203	0,022
a teljes bemelegítés hatása									
t	-5,585	-1,206	-2,802	-3,823	-4,310	-3,693	-3,499	-3,462	-5,046
p	0,000	0,259	0,021	0,004	0,002	0,005	0,007	0,007	0,001

Az orros kezdés után, az [í] magánhangzónál – amely H2, H3, H5, H7 felhangoknál szignifikánsan előnyös – viszont a szájas rámelegítés jóval hatékonyabb (lásd 95. táblázat). Négy esetben is (jel-átlag, H3, H4, H7) szignifikáns. A két szakasz együttes hatása a kilenc paraméter közül 8-nál szignifikánsan előnyös, míg a fordított sorrendnél csak 5 változónál volt az.

96. táblázat. [á], női alcsoport, szájas-orros, páros-t eredményei

Á,nők	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
szájas bemelegítési szakasz hatása									
t	-1,874	-2,688	-2,685	-0,448	-0,300	-3,015	-3,429	-2,132	-2,846
p	0,094	0,025	0,025	0,665	0,771	0,015	0,008	0,062	0,019
orros rámelegítés hatása									
t	-0,511	-1,585	-0,908	-0,883	-1,916	-0,095	1,329	-0,418	-0,885
p	0,622	0,147	0,388	0,400	0,088	0,926	0,217	0,685	0,399
a teljes bemelegítés hatása									
t	-1,827	-3,610	-3,630	-0,841	-1,717	-1,784	-2,584	-2,294	-2,622
p	0,101	0,006	0,005	0,422	0,120	0,108	0,030	0,047	0,028

A nőknél az [á] magánhangzónál (lásd 96. táblázat) az [í] –hez hasonló a helyzet. Kezdő bemelegítési szakaszként hatékonyabb a szájas – 5 változónál is szignifikáns (F0, H1, H4, H5, H7) - és utána az orros rámelegítés nem tud szignifikánsan előnyösen hatni.

97. táblázat. [á], női alcsoport, orros-szájas, páros-t eredményei

Á,nők	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	orros bemelegítés hatása								
t	-1,932	-3,440	-3,848	-1,206	-1,414	-0,931	-0,595	-2,021	-1,335
p	0,085	0,007	0,004	0,258	0,191	0,376	0,567	0,074	0,215
	szájas rámelegítés hatása								
t	-2,526	1,079	-0,202	-2,123	-3,355	-4,143	-3,081	-1,501	-2,595
p	0,032	0,309	0,854	0,063	0,008	0,003	0,013	0,167	0,029
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-3,690	-2,523	-3,119	-3,310	-4,134	-3,401	-3,471	-4,203	-3,907
p	0,005	0,033	0,012	0,009	0,003	0,008	0,007	0,002	0,004

Ezzel ellentétben a fordított sorrendnél az orros után a szájas nagyon hatékony (lásd 97. táblázat), 5 változónál is szignifikánsan előnyös (jel-átlag, H3, H4, H5, H7). Az együttes hatásuk szintén határozottan bizonyítja az orros-szájas sorrend előnyét. A közös hatás ez utóbbi esetben minden paraméternél szignifikánsan előnyös, míg a fordított sorrendnél csak öt változónál (F0, H1, H5, H6, H7) volt az.

98. táblázat. [ú], női alcsoport, szájas-orros, páros-t eredményei

Ú,nők	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájas bemelegítési szakasz hatása								
t	-1,425	-1,940	-2,570	-2,090	1,255	-1,127	-2,766	-3,102	-1,838
p	0,188	0,084	0,030	0,066	0,241	0,289	0,022	0,013	0,099
	orros rámelegítés hatása								
t	-3,222	-1,621	-1,162	-2,617	-1,698	-2,404	-1,124	-1,195	-1,528
p	0,010	0,139	0,275	0,028	0,124	0,040	0,290	0,263	0,161
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-3,646	-2,498	-3,816	-3,970	-0,983	-2,846	-2,749	-3,671	-3,284
p	0,005	0,034	0,004	0,003	0,351	0,019	0,023	0,005	0,009

A női alcsoportnál az [ú] magánhangzó esetén más a helyzet (lásd 98. táblázat). A szájas-orros sorrendnél az előnyös hatás a két szakasz között egyenletesebben oszlik el. Hatásaik

láthatóan jobban kiegészítik egymást. A szájas bemelegítési szakasz és az orros rámelegítés is 3-3, de nem azonos változónál hat szignifikánsan előnyösen. A szájas H1, H5, H6 változónál, míg az orros rámelegítés jel-átlag, H2, H4-nél. A szájas bemelegítési szakasz H3 felhangra előnytelenül hat. A két bemelegítési szakasz együttes hatása a H3 felhangot kivéve szignifikánsan előnyösre összegződik.

99. táblázat. [ú], női alcsoport, orros-szájas, páros-t eredményei

Ú,nők	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	orros bemelegítés hatása								
t	-4,374	-4,033	-4,809	-2,823	-1,755	-2,837	-3,763	-2,988	-6,869
p	0,002	0,003	0,001	0,020	0,113	0,019	0,004	0,015	0,000
	szájas rámelegítés hatása								
t	-1,185	0,373	1,220	-1,882	-1,529	-0,249	-1,154	-0,200	-0,718
p	0,266	0,717	0,254	0,093	0,161	0,809	0,278	0,846	0,491
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-4,256	-3,623	-3,403	-3,925	-3,001	-3,209	-4,356	-1,776	-2,715
p	0,002	0,006	0,008	0,003	0,015	0,011	0,002	0,110	0,024

Az orros bemelegítés kezdő szakaszként már nagyon hatékony (lásd 99. táblázat). A H3 felhangot kivéve minden változónál szignifikánsan előnyös. Utána a szájas rámelegítés már nem produkál egy esetben sem szignifikánsan előnyös ráhatást. Az együttes hatása ennek a sorrendnek a H6 felhangot kivéve minden változónál szignifikánsan előnyös.

Férfi alcsoport:

100. táblázat. [i], férfi alcsoport, szájas-orros, páros-t eredményei

Í,ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájas bemelegítési szakasz hatása								
t	-0,361	-1,774	0,542	-0,115	0,096	0,140	-0,138	-1,552	-1,644
p	0,726	0,110	0,601	0,911	0,926	0,892	0,894	0,155	0,135
	orros rámelegítés hatása								
t	-1,106	-0,471	-0,491	-0,111	-0,538	-1,007	-0,610	-0,670	-0,314
p	0,297	0,649	0,685	0,914	0,604	0,340	0,557	0,520	0,761
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-1,356	-2,055	0,056	-0,143	-0,445	-0,487	-0,552	-2,166	-2,161
p	0,208	0,070	0,957	0,890	0,667	0,638	0,595	0,059	0,059

Az [i] magánhangzónál látványosan jelentkezik az orros-szájas bemelegítési sorrend előnye. Míg a szájas-orros sorrendnél egyik bemelegítési szakasznak (lásd 100. táblázat) és együtt sincs szignifikánsan előnyös hatásuk egyik változóra sem, sőt a szájas szakasznak a H1, H3, H4 felhangokra még előnytelen is a hatása.

101. táblázat. [i], férfi alcsoport, orros-szájas, páros-t eredményei

Í,ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	orros bemelegítés hatása								
t	-0,515	-3,428	0,815	0,046	-1,587	-0,457	-1,382	-0,418	-0,513
p	0,619	0,008	0,436	0,964	0,147	0,659	0,200	0,686	0,621
szájas rámelegítés hatása									
t	-0,693	0,036	-3,393	-3,501	0,847	-3,859	-0,708	-1,617	-2,448
p	0,506	0,972	0,008	0,007	0,419	0,004	0,497	0,140	0,037
a teljes bemelegítés hatása									
t	-1,090	-2,450	-1,932	-2,642	-1,094	-3,037	-1,874	-2,120	-2,392
p	0,304	0,037	0,085	0,027	0,302	0,014	0,094	0,063	0,040

A kezdő orros bemelegítési szakasznak, már van egy szignifikánsan előnyös hatása az F0-ra. Igaz ugyanakkor H2, H2 felhangokra előnytelen a hatása. A szájas rámelegítésnek H1, H2, H4 és H7 felhangokra is szignifikánsan előnyös a ráhatása. Előnytelen hatása ennek a rámelegítésnek F0 és H3 paramétereknél mutatkozik. Ennél a gyakorlatsornál a közös hatások F0, H2, H4, H7 paramétereknél válik szignifikánsan előnyössé (lásd 101. táblázat).

102. táblázat. [á], férfi alcsoport, szájas-orros, páros-t eredményei

Á,ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájas bemelegítési szakasz hatása								
t	-0,236	0,236	0,871	-1,519	-3,445	-2,221	0,603	-1,954	-2,722
p	0,819	0,819	0,406	0,163	0,007	0,053	0,561	0,082	0,024
orros rámelegítés hatása									
t	-2,141	-3,883	-1,767	-2,291	-1,245	-0,321	-2,038	-0,499	-2,038
p	0,061	0,004	0,111	0,048	0,245	0,756	0,072	0,630	0,072
a teljes bemelegítés hatása									
t	-2,103	-2,751	-0,764	-3,104	-4,149	-1,855	-1,477	-2,161	-3,700
p	0,065	0,022	0,464	0,013	0,002	0,097	0,174	0,059	0,005

Az [á] magánhangzónál a férfiak alcsoportjánál egyik bemelegítési sorrend sem mutatkozik előnyösebbnek a másiknál (lásd 102. és 103. táblázatok). Mindkettőnél a gyakorlatszakaszok együttes hatása csak 4-4 paraméternél ér el szignifikánsan előnyös szintet. Az orros rámelegítés az F0 és a H2 paraméternél is szignifikánsan előnyös hatású.

103. táblázat. [á], férfi alcsoport, orros-szájas, páros-t eredményei

Á,ffi	átlag	Fo	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	orros bemelegítés hatása								
t	-1,486	-0,789	-0,346	-1,149	-0,323	-2,603	0,245	-1,904	-1,446
p	0,172	0,450	0,738	0,280	0,754	0,029	0,812	0,089	0,182
	szájas rámelegítés hatása								
t	-0,960	-0,515	-2,041	-1,789	-2,022	-4,186	-1,153	-0,226	-2,440
p	0,362	0,619	0,072	0,107	0,074	0,002	0,279	0,826	0,037
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-2,984	-1,805	-1,664	-2,527	-2,215	-4,710	-1,335	-2,128	-3,866
p	0,015	0,105	0,131	0,032	0,054	0,001	0,215	0,062	0,004

Kezdő szakaszként ennél a magánhangzónál a szájas mutatkozik első pillantásra előnyösebbnek, mivel H3 és H7 változónál is szignifikánsan előnyös hatású, míg az orros kezdő szakasz csak H4-nél. De megfigyelendő, hogy a szájas kezdő gyakorlatoknak emellett F0, H1 és H5 változóknál is előnytelen a hatása, míg az orros kezdésnek csak H5-nél. A szájas rámelegítés H4 és H7 felhangoknál előnyös szignifikánsan.

104. táblázat. [ú], férfi alcsoport, szájas-orros, páros-t eredményei

Ú,ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	szájas bemelegítési szakasz hatása								
t	0,410	-0,087	-2,826	-0,407	-0,897	1,499	0,630	0,376	-1,595
p	0,692	0,932	0,020	0,694	0,393	0,168	0,544	0,716	0,145
	orros rámelegítés hatása								
t	-2,294	-4,268	-1,669	-2,507	-0,337	-1,423	-0,751	0,117	-0,668
p	0,047	0,002	0,129	0,033	0,744	0,188	0,472	0,909	0,521
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-1,458	-3,096	-3,884	-1,801	-0,990	-0,066	-0,019	0,309	-2,116
p	0,179	0,013	0,004	0,105	0,348	0,949	0,985	0,764	0,063

Az [ú] magánhangzónál a férfi alcsoportnál megint az orros-szájas bemelegítési sorrend mutatkozott előnyösebbnek. Míg ennek nyomán a jel-átlagra, a H1 és a H2 változókra is szignifikánsan előnyös összegzett hatás mutatkozik, addig a szájas-orros sorrend nyomán csak az F0 és H1 paramétereknél mutatkozik szignifikánsan előnyös hatás és a H6 felhangra még előnytelenül is hat ez a sorrend (lásd 104. és 105. táblázatok).

105. táblázat. [ú], férfi alcsoport, orros-szájas, páros-t eredményei

Ú, ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	orros bemelegítés hatása								
t	-3,271	-1,728	-0,976	-0,724	-1,593	-0,501	-0,358	-0,358	-0,507
p	0,010	0,118	0,355	0,487	0,146	0,628	0,728	0,729	0,624
	szájas rámelegítés hatása								
t	-0,025	-0,949	-5,103	-2,608	-0,640	-1,474	-0,972	-2,762	-1,141
p	0,980	0,368	0,001	0,028	0,538	0,175	0,356	0,022	0,284
	a teljes bemelegítés hatása								
t	-2,436	-2,227	-3,995	-2,613	-1,621	-1,424	-0,955	-2,111	-1,756
p	0,038	0,053	0,003	0,028	0,140	0,188	0,364	0,064	0,113

A szájas kezdő szakasz hatása az átlag, H4, H5, H6 paraméterekre előnytelen, addig az orros kezdő szakasz minden paraméterre előnyösen hat. A rámelegítési szakaszoknál a „t” értékein mutatkozik meg a szájas rámelegítés enyhe előnye (lásd 104. és 105. táblázatok).

Összegezve a páros-t elemzés eredményeit az orros-szájas bemelegítési sorrend mutatkozik előnyösebbnek mindhárom magánhangzónál. Ezek a tendenciák a teljes csoportnál és a női alcsoportnál határozottan jelentkeznek, míg a férfi alcsoportnál már kevésbé kimutathatók.

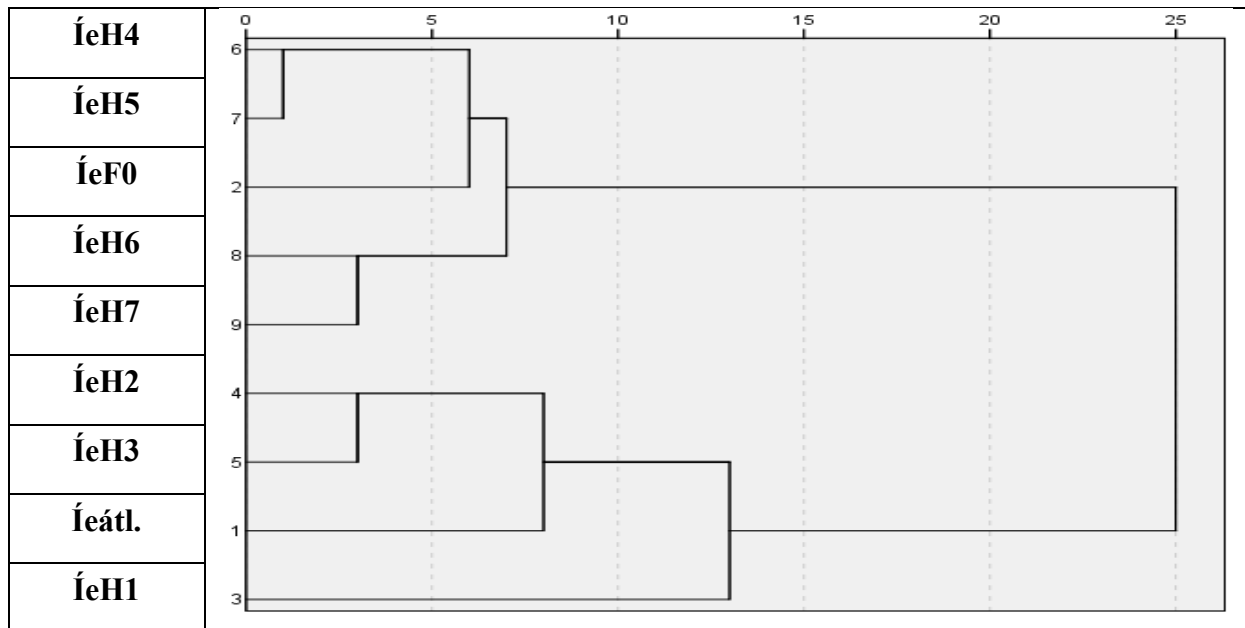
Klaszter: Ezt az elemzést a VI. kísérleti mérés kapcsán csak a teljes csoportra végeztük el, mind a változókra, mind az esetekre. Ezt indokolja a kisebb létszám (összesen 20 fő), és az, hogy a páros-t próbánál kiderült, hogy a kétféle sorrendű bemelegítések hatásának eltérései a teljes csoportnál határozottabban jelentkeznek. 20 fős mintánál az együttthatók szignifikáns küszöbértéke: 0,423.

A dendrogramokon található rövidítések jelentése: „e” – bemelegítés előtt, „sz” – szájas bemelegítés után, „orr” – orros bemelegítés után, F0-alaphang, H1-H7 – felhangok, átl – jel átlag/hangnyomás átlag.

Az 1-12. dendrogramokon a változók belső összefüggéseinek változását vizsgáltuk mindhárom magánhangzónál, és mindkét bemelegítési sorrendnél.

106. táblázat. Teljes csoport, [i], szájas-orros bemelegítés előtt, változókra, 1. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	6→7	8→9	4→5	2→6	2→8	1→4	1→3	1→2
együttható	0,854	0,719	0,715	0,540	0,471	0,455	0,169	-0,557



51. ábra

Teljes csoport, [i], szájas-orros bemelegítés előtt, változókra, 1. dendrogram

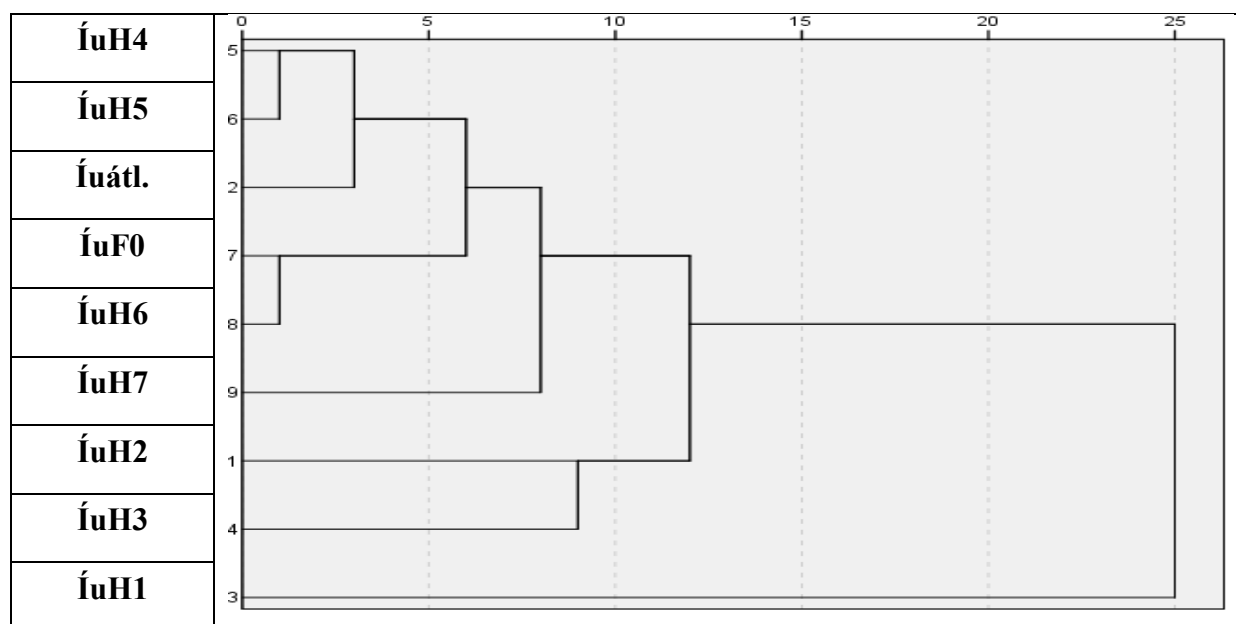
Két határozottan elkülönülő klasztert látunk (51. ábra). Az egyik az alaphanghoz kapcsolódó magas részhangoké, míg a másik a jel-átlaghoz kapcsolódó mély részhangoké.

A kapcsolatok közül a H1 és a jel-átlag valamint az alaphang és jel-átlag kapcsolata nem szignifikáns, ahogy ez a 106. táblázat 7. és 8. fürtkapcsolatánál kiderül.

107. táblázat. Teljes csoport, [i], szájas-orros bemelegítés után, változókra, 2. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	5→6	7→8	2→5	2→7	2→9	1→4	1→2	1→3
együttható	0,869	0,850	0,741	0,573	0,517	0,470	0,313	-0,378

A szájas-orros bemelegítés hatására a paraméterek egy közös fürtbe tömörültek, kivéve a H1 felhangot (lásd 52. ábra). A kapcsolatok erősödnek, mivel az együtthatók értékei nőttek (lásd 107. táblázat).

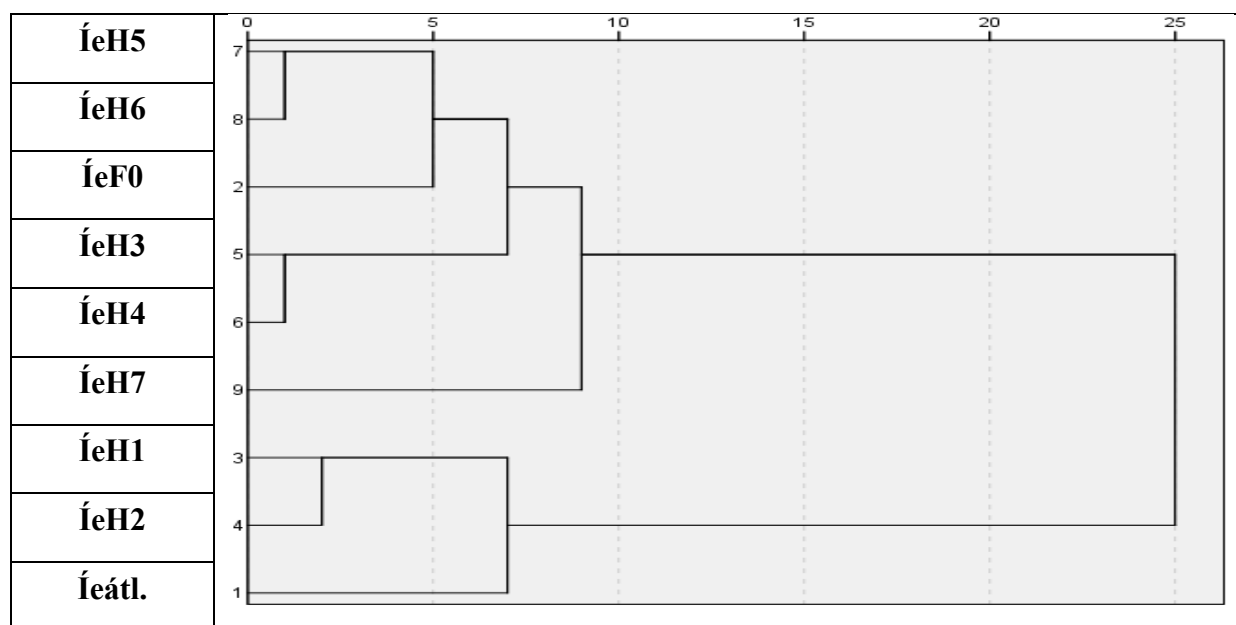


52. ábra

Teljes csoport, [i], szájas-orros bemelegítés után, változókra, 2. dendrogram

108. táblázat. Teljes csoport, [i], orros-szájas bemelegítés előtt, változókra, 3. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	7→8	5→6	3→4	2→7	2→5	1→3	2→9	1→2
együttható	0,776	0,735	0,714	0,600	0,492	0,491	0,414	-0,284



53. ábra

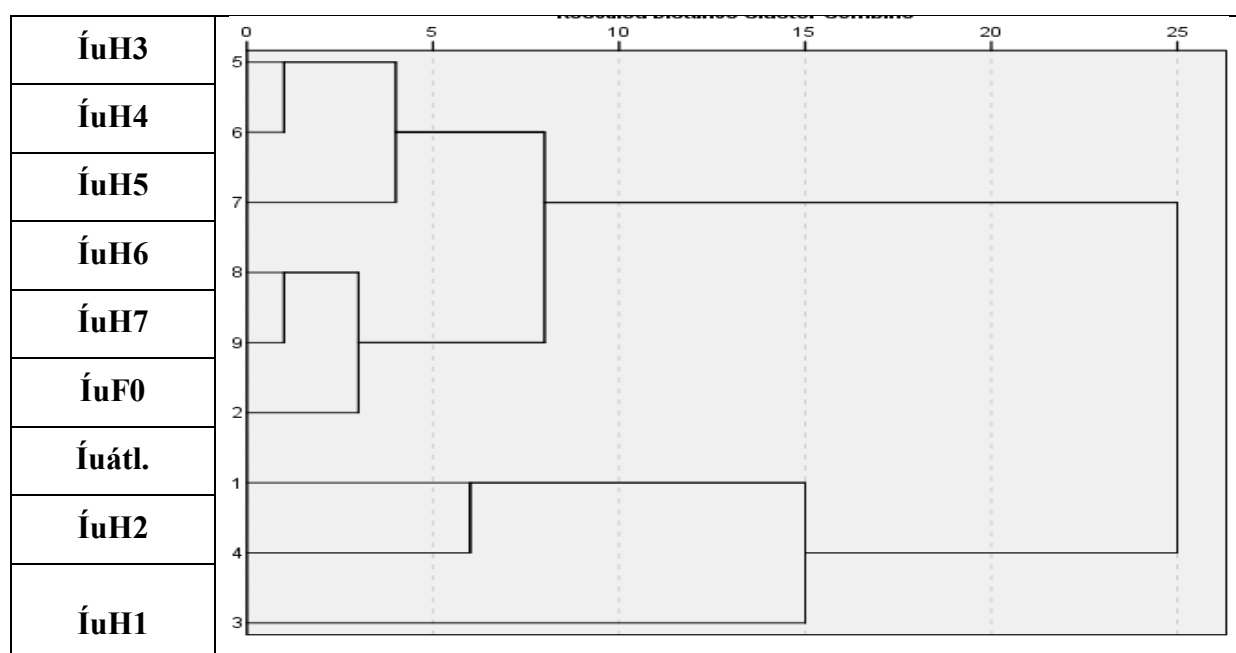
Teljes csoport, [i], orros-szájas bemelegítés előtt, változókra, 3. dendrogram

A második alkalomnál (lásd 53. ábra) is a bemelegítés nélküli állapot hasonló az 1. dendrogrammon látottakra. Itt is két határozottan elkülönülő fürt van. Az alaphang köré most

is a magas felhangok tömörülnek, míg a jel-átlaggal a H1 és H2 felhangok alkotnak egy fűrtöt. Egyedül a H3 felhang került át az alaphang csoportjába. Itt is két kapcsolat nem szignifikáns, és az első bemelegítés nélküli állapothoz hasonlóan a jel-átlag és az alaphang kapcsolata a leggyengébb (lásd 108. táblázat).

109. táblázat. Teljes csoport, [i], orros-szájas bemelegítés után, változókra, 4. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	5→6	8→9	2→8	5→7	1→4	2→5	1→3	1→2
együttható	0,845	0,806	0,710	0,661	0,520	0,407	-0,011	-0,620



54. ábra

Teljes csoport, [i], orros-szájas bemelegítés után, változókra, 4. dendrogram

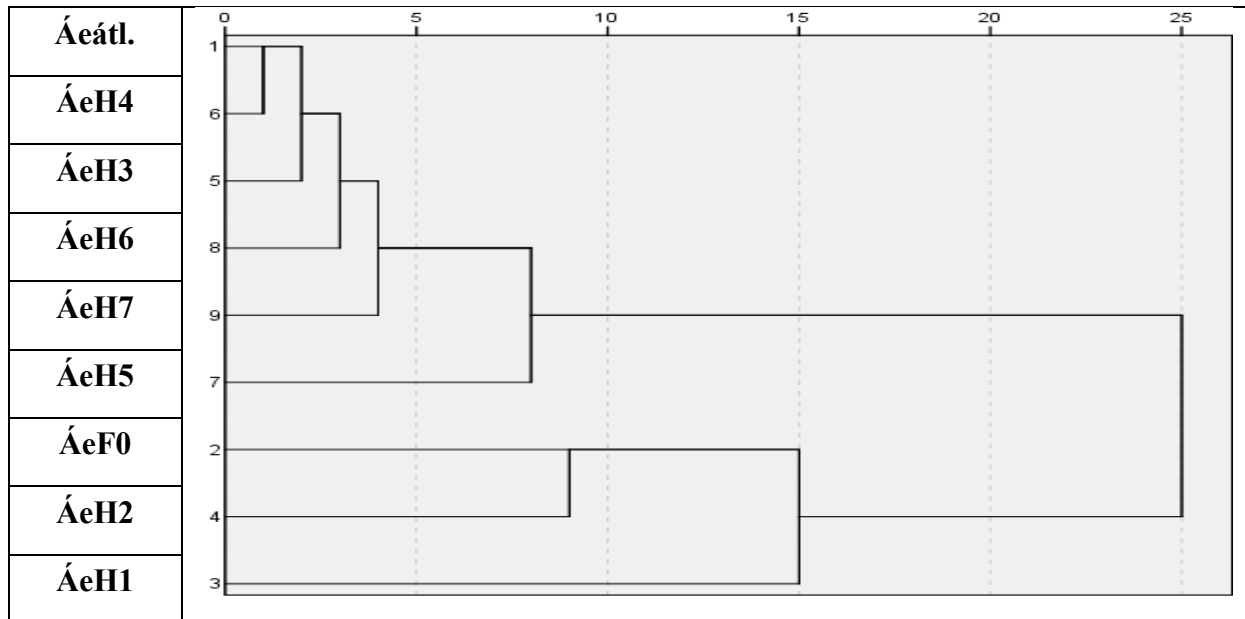
Az orros-szájas sorrend hatására nem változott meg a fűrtök összetétele (lásd 54. ábra). Az alaphang fűrtjén belül a kapcsolatok erősödtek, míg a jel-átlag fűrtjén belül jelentősen meggyengültek (lásd 109. táblázat). A leggyengébb kapcsolat itt is, változatlanul az alaphang és a jel-átlag közötti.

110. táblázat. Teljes csoport, [á], szájas-orros bemelegítés előtt, változókra, 5. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	1→6	1→5	1→8	1→9	1→7	2→4	2→3	1→2
együttható	0,879	0,829	0,744	0,720	0,528	0,451	0,174	-0,344

Az [á] magánhangzónál bemelegítés előtt az [i] magánhangzóval ellentétben a magas részhangok kötődnek a jel-átlaghoz és a mélyek az alaphanghoz (lásd 55. ábra). A magas

részhangok fűrtjének belső kapcsolatai erősebbek, mint a mély részhangoké. A 7. és 8. kapcsolat már nem szignifikáns (lásd 110. táblázat).

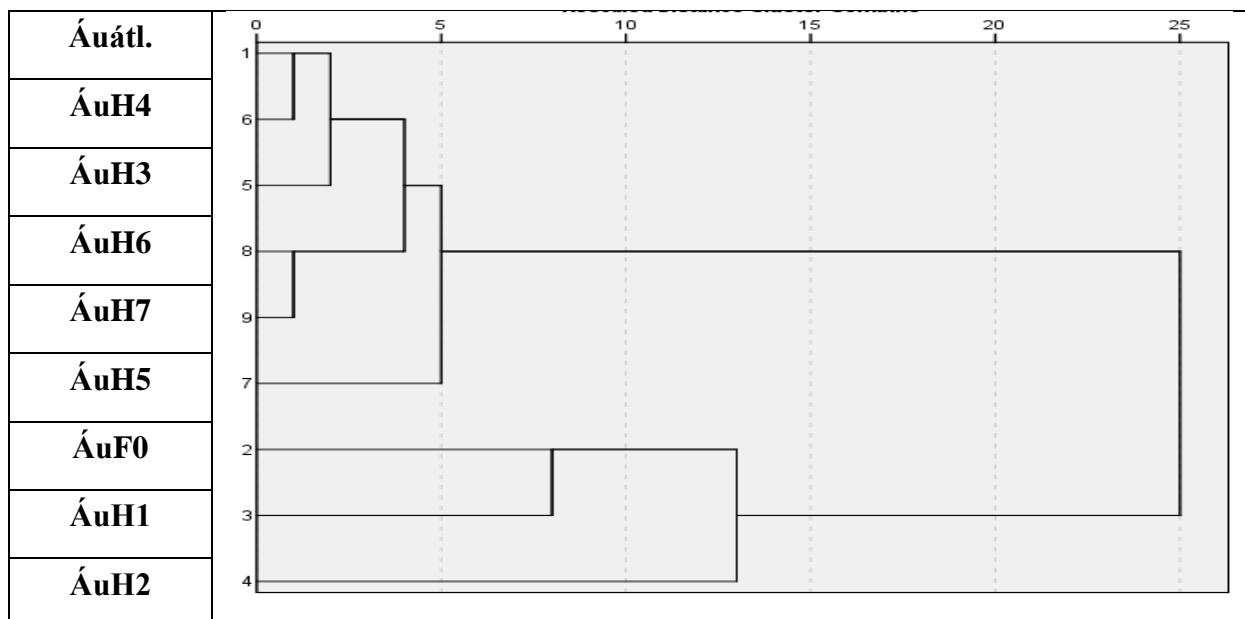


55. ábra

Teljes csoport, [á], szájas-orros bemelegítés előtt, változókra, 5. dendrogram

111. táblázat. *Teljes csoport, [á], szájas-orros bemelegítés után, változókra, 6. dendrogram*

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	1→6	8→9	1→5	1→8	1→7	2→3	2→4	1→2
együttható	0,817	0,798	0,702	0,618	0,539	0,385	0,129	-0,614



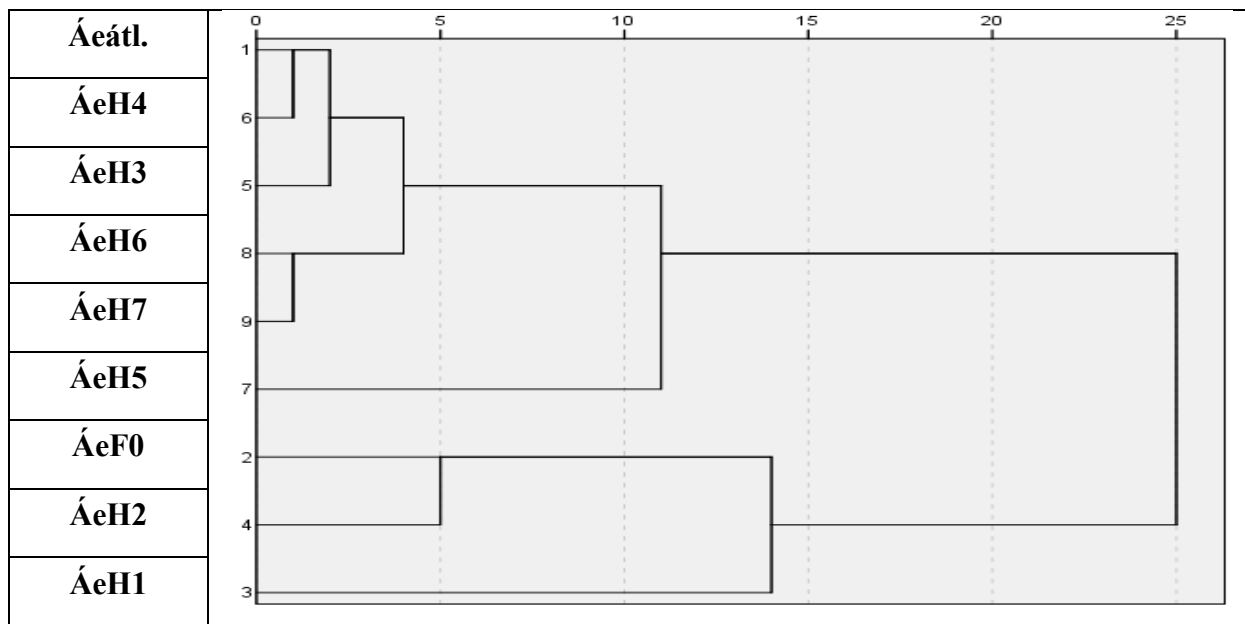
56. ábra

Teljes csoport, [á], szájas-orros bemelegítés után, változókra, 6. dendrogram

A szájas-orros bemelegítés hatására megmarad a két fűrt. A magas felhangok fűrtjében a kapcsolatok hierarchiája átrendeződik, de a mély fűrtben változatlanok maradnak (lásd 56. ábra). Mindkét fűrtben a jel-átlag és az alaphang kapcsolatát is beleértve a kapcsolatok ereje gyengül és már a három utolsó viszony nem szignifikáns (lásd 111. táblázat).

112. táblázat. Teljes csoport, [á], orros → szájas bemelegítés előtt, változókra, 7. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	1→6	8→9	1→5	1→8	2→4	1→7	2→3	1→2
együttható	0,930	0,901	0,851	0,753	0,694	0,430	0,283	-0,271



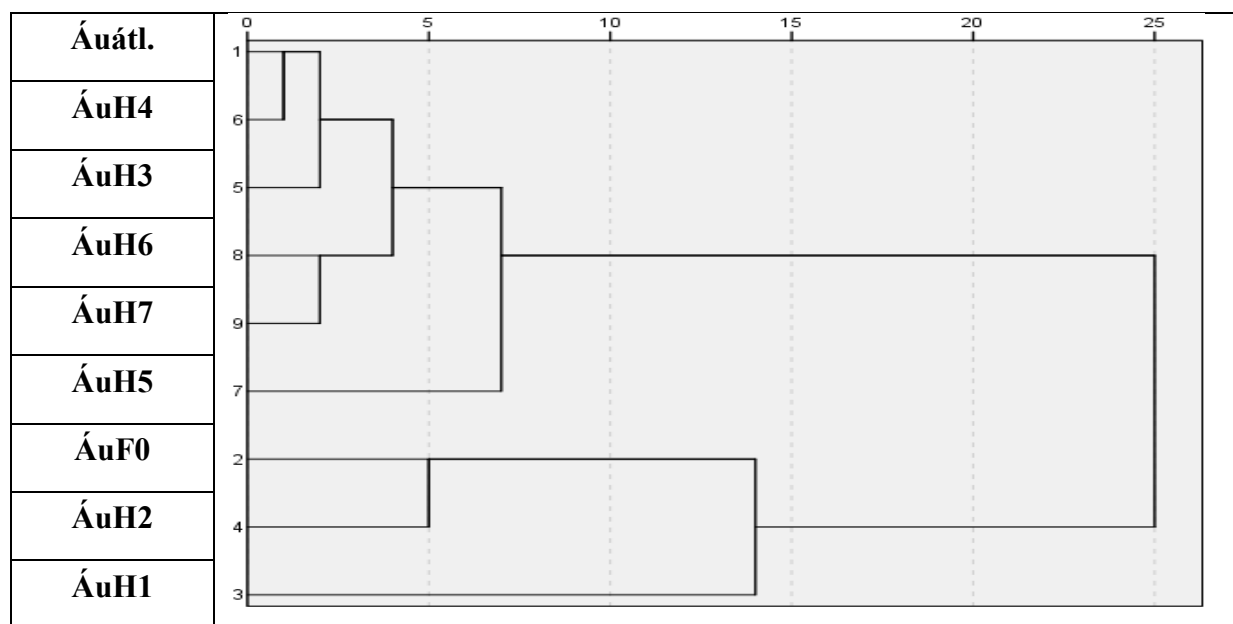
57. ábra

Teljes csoport, [á], orros-szájas bemelegítés előtt, változókra, 7. dendrogram

A második alkalommal a bemelegítési előtti állapot nagyon hasonló az első alkalom azonos helyzetéhez (lásd 57. ábra). Itt is két fűrt van, egy magas felhangos és egy mély azonos összetétellel, de a kapcsolatok erejét jelző együtthatók értéke jelentősen magasabb. Ez az eloszlás inkább a szájas-orros bemelegítés utáni állapothoz hasonló. Az utolsó két kapcsolat itt sem szignifikáns (lásd 112. táblázat).

113. táblázat. Teljes csoport, [á], orros-szájas bemelegítés után, változókra, 8. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	1→6	1→5	8→9	1→8	2→4	1→7	2→3	1→2
együttható	0,838	0,751	0,735	0,632	0,535	0,422	-0,012	-0,727



58. ábra

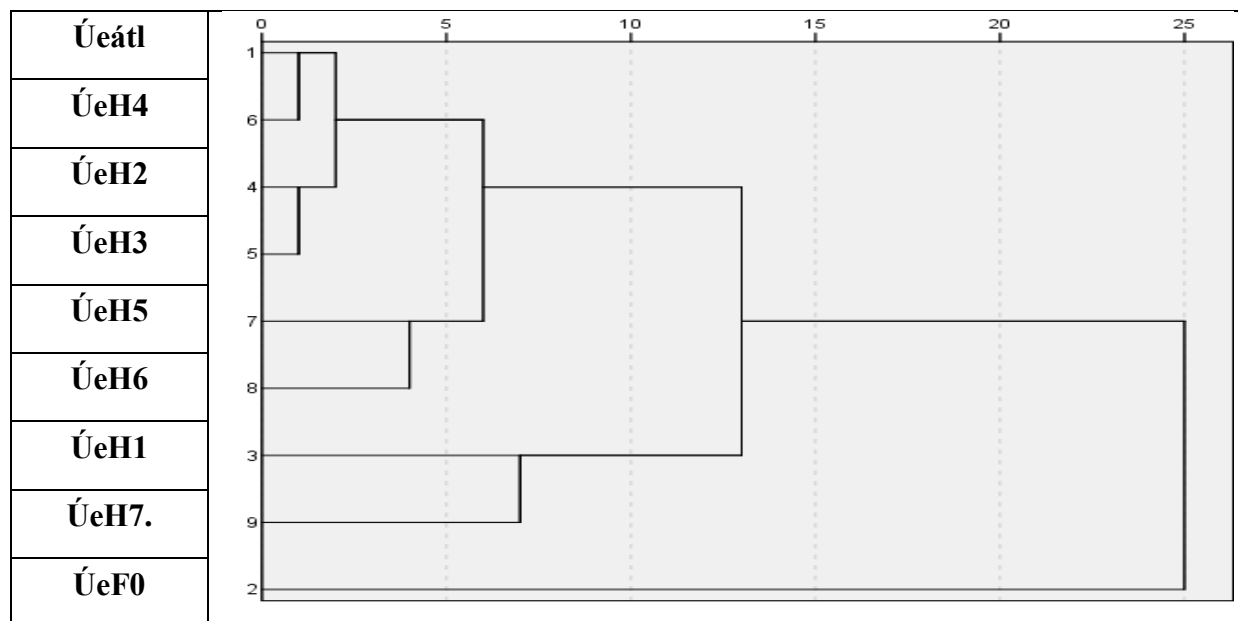
Teljes csoport, [á], orros-szájas bemelegítés után, változókra, 8. dendrogram

Az orros-szájas bemelegítés hatására a két fürt szerkezete nem változik. Csupán a kapcsolatok hierarchikus sorrendjében helyet cserélnek a H6 és H7 kapcsolata a jel-átlag és a H3 kapcsolatával (lásd 58. ábra). Minden viszony együttthatójának értéke csökken. A két utolsó kapcsolat mélyen a szignifikáns értékküszöb alá, míg a jel-átlag és a H5 kapcsolata a szignifikancia határára kerül (lásd 113. táblázat).

114. táblázat. Teljes csoport, [ú], szájas-orros bemelegítés előtt, változókra, 9. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	1→6	4→5	1→4	7→8	1→7	3→9	1→3	1→2
együtttható	0,889	0,857	0,782	0,709	0,573	0,542	0,156	-0,528

Az [ú] magánhangzónál bemelegítés előtt egy nagy közös fürtöt találunk, amelybe az alaphangot (F0) kivéve minden paraméter beletartozik (lásd 59. ábra). A kapcsolatok közül a jel-átlag és a H1, valamint a jel-átlag és az alaphang (F0) kapcsolata nem szignifikáns erősségű (lásd 114. táblázat).

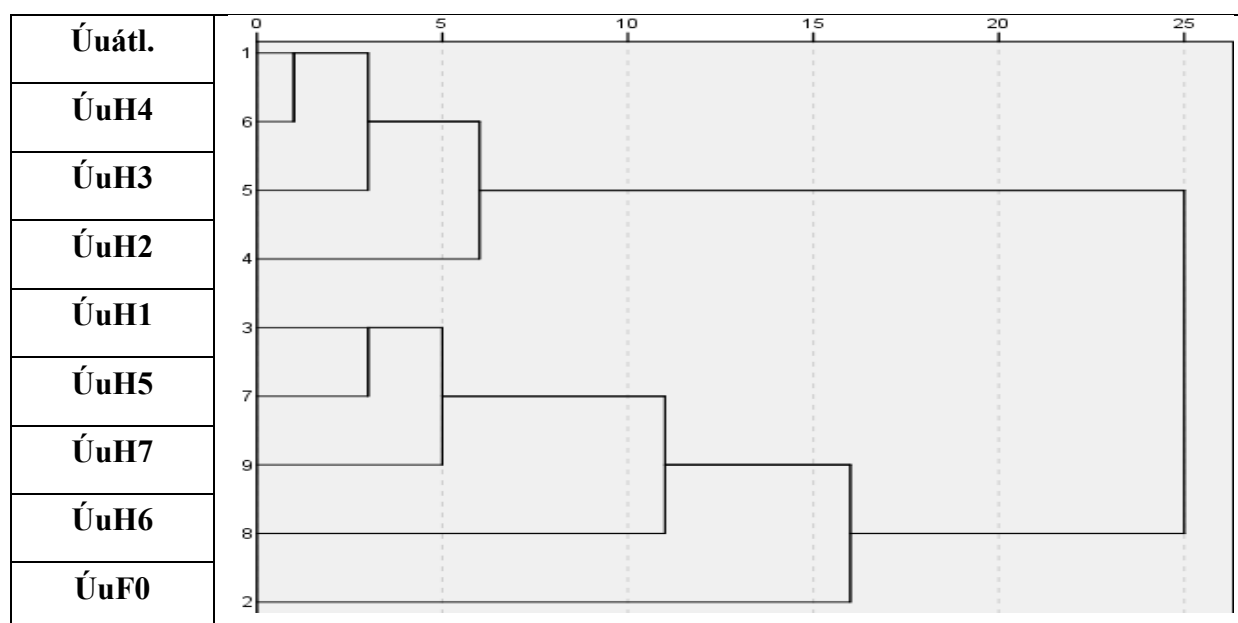


59. ábra

Teljes csoport, [ú], szájas-orros bemelegítés előtt, változókra, 9. dendrogram

115. táblázat. Teljes csoport, [ú], szájas-orros bemelegítés után, változókra, 10. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fürt	1→6	1→5	3→7	3→9	1→4	3→8	2→3	1→2
együttható	0,822	0,714	0,689	0,573	0,543	0,255	-0,008	-0,482



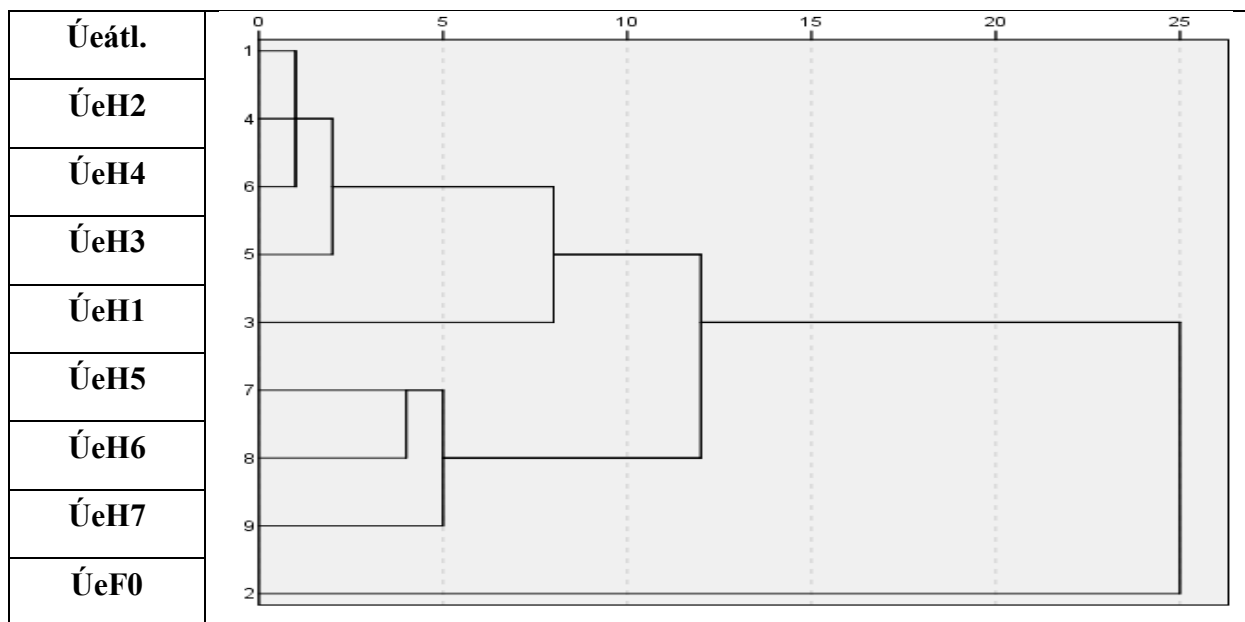
60. ábra

Teljes csoport, [ú], szájas-orros bemelegítés után, változókra, 10. dendrogram

A szájas-orros bemelegítés hatására két fűrtbe tagolódnak a paraméterek. Az F0 bekerül a H1 és a magas felhangok csoportjába, míg a jel-átlag köré a mély felhangok csoportosulnak (lásd 60. ábra). A kapcsolatok együttthatóinak értékei csökkennek, tehát gyengülnek a viszonyok, kivéve a jel-átlag és az alaphang viszonyát, amely bár továbbra sem szignifikáns, de megerősödik (115. táblázat).

116. táblázat. Teljes csoport, [ú], orros-szájas bemelegítés előtt, változókra, 11. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	1→4	1→6	1→5	7→8	7→9	1→3	1→7	1→2
együtttható	0,910	0,873	0,839	0,730	0,665	0,502	0,273	-0,443



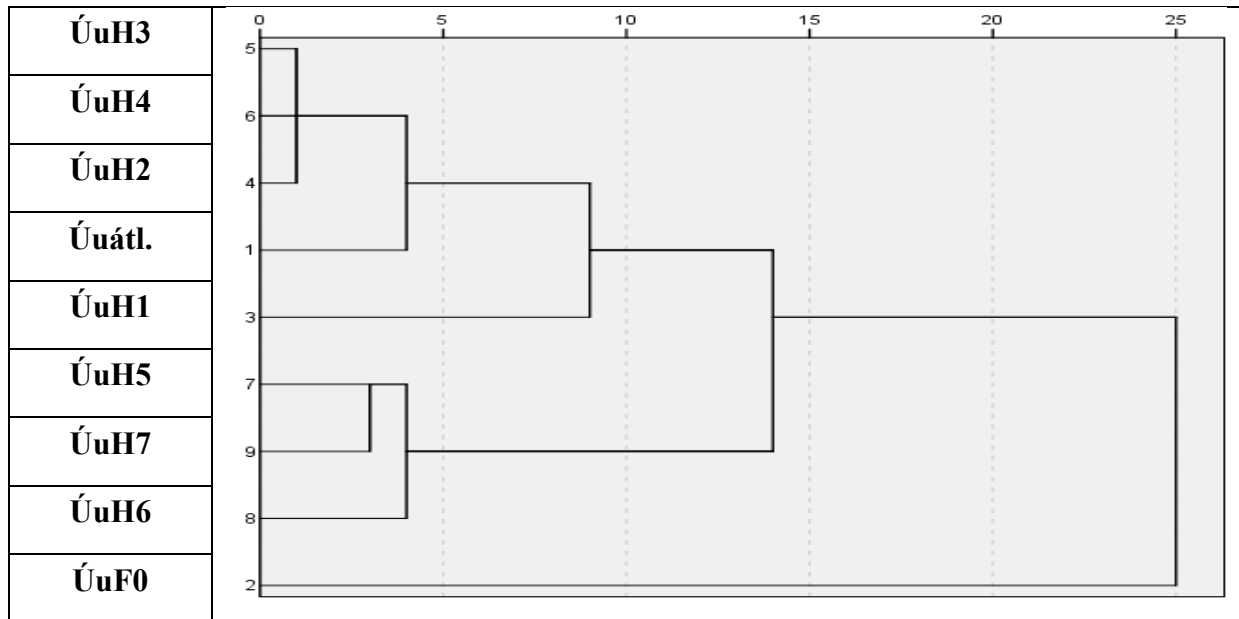
61. ábra

Teljes csoport, [ú], orros-szájas bemelegítés előtt, változókra, 11. dendrogram

Az orros-szájas bemelegítés előtt is hasonló a változók belső viszonya, mint a szájas-orros bemelegítés előtt. Most is az F0 paramétert kivéve minden változó egy fűrtbe tagolódik (lásd 61. ábra). A H1 kapcsolata a jel-átlaghoz most erősebb, mint az első alkalommal. Az együttthatók értékei is magasabbak, mint az első alkalommal (lásd 116. táblázat).

117. táblázat. Teljes csoport, [ú], orros-szájas bemelegítés után, változókra, 12. dendrogram

sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8
fűrt	5→6	4→5	7→9	1→4	7→8	1→3	1→7	1→2
együtttható	0,796	0,776	0,690	0,633	0,626	0,367	0,077	-0,507



62. ábra

Teljes csoport, [ú], orros-szájas bemelegítés után, változókra, 12. dendrogram

Az orros-szájas bemelegítés hatására, ellentétben a szájas-orros bemelegítéssel megmarad az egy fürt és az F0 különállása is (lásd 62. ábra). A nagy fürtön belüli kapcsolatok gyengülnek és átrendeződnek (lásd 117. táblázat).

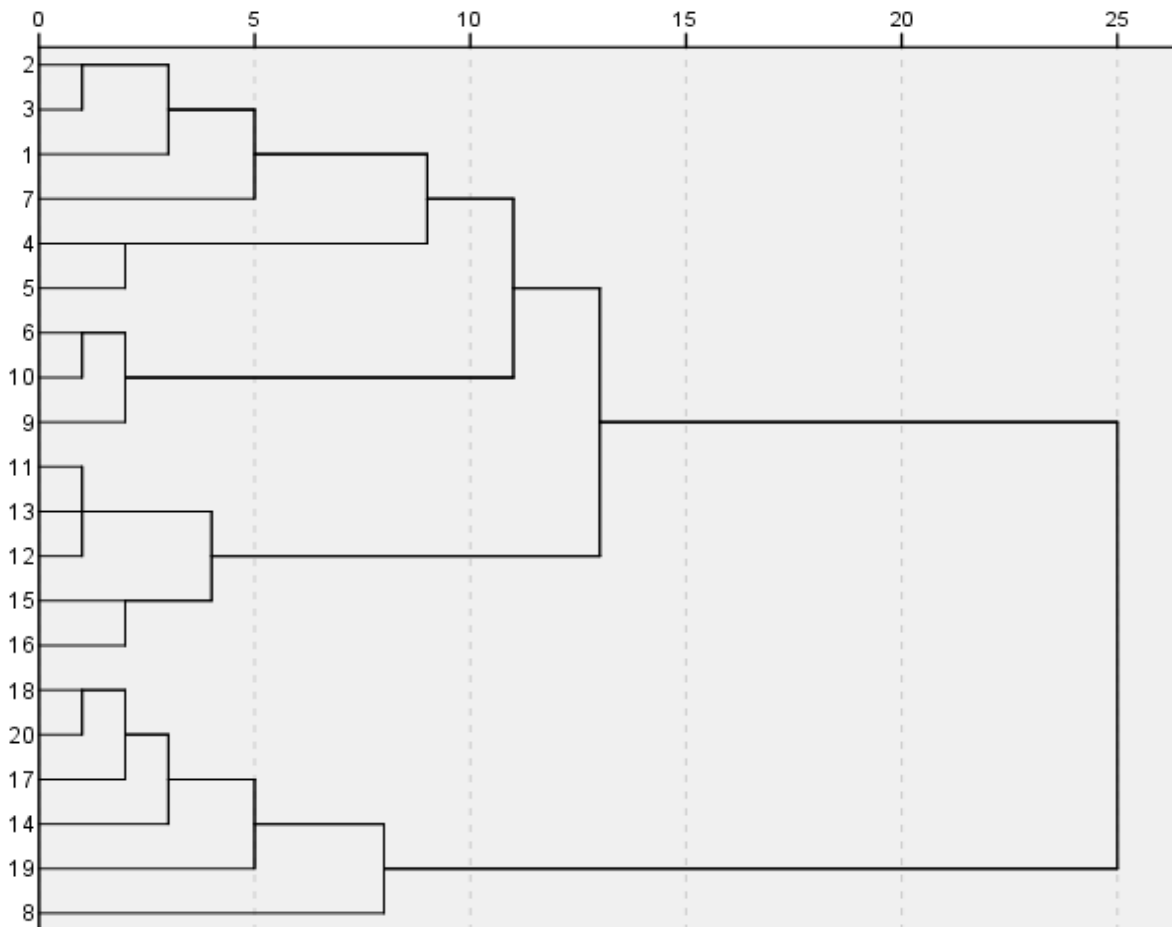
Összefoglalva: A változók belső viszonyainak vizsgálatánál a bemelegítések hatására a kapcsolatok gyengülését figyeltük meg. Átrendezésükből tendenciák nem olvashatók ki. A részhangok gyengülő kapcsolatai mögött kierősödésük áll, ami előnyös hatásnak tekinthető.

A 13-16. dendrogrammokon az esetek eloszlásának változását vizsgáljuk csak az [á] magánhangzónál, mivel a szakirodalomban is leggyakrabban vizsgált, legtágasabb szájüreggel képzett magánhangzóként jól mutatja a változásokat. A teljes csoporton belül figyeljük a nemek kapcsolatainak alakulását a gyakorlatok hatására. A sorszámoknál az 1-10 a nőket, 11-20-ig a férfiakat jelöli. A hangfajok sorszámjai: 1-5 a szopránok, 6-10 a mezzok, 11-15 a tenorok és 16-20. a basszusoké. A szignifikáns kapcsolat együtthatói küszöbértéke most is 0,423, mivel 20 fő a résztvevők száma. Jelölések: „sz.”- erőssorrend, „fü.”- fürtök/kapcsolatok, „egy.”- együtthatók.

118. táblázat. Teljes csoport, [á], szájas-orros bemelegítés előtt, esetekre, 13. dendrogram

sz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fü.	2→3	6→10	18→20	11→13	11→12	15→16	6→9	17→18	4→5	1→2
egy.	0,991	0,983	0,982	0,979	0,970	0,965	0,949	0,945	0,940	0,936
sz.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
fü.	14→17	11→15	1→7	14→19	8→14	1→4	1→6	1→11	1→8	
egy.	0,918	0,894	0,887	0,871	0,808	0,775	0,721	0,678	0,343	

A bemelegítés előtt a klaszter ábrán határozottan elkülönül a nemek két fürtje (lásd 63. ábra). Egyedül a 8-as számú mezzo résztvevő került a basszusok közé. A nemi fürtökön belül is akad néhány, a hangfajcsoportjától elszakadt eset. A szopránok közé került a 7-es mezzo, a tenorok közé a 16-os basszus és a basszusok közé a 14-es tenor. Egyedül az 1-es szoprán és a férfiak közé került 8-as mezzo kapcsolata nem szignifikáns (lásd 118. táblázat).



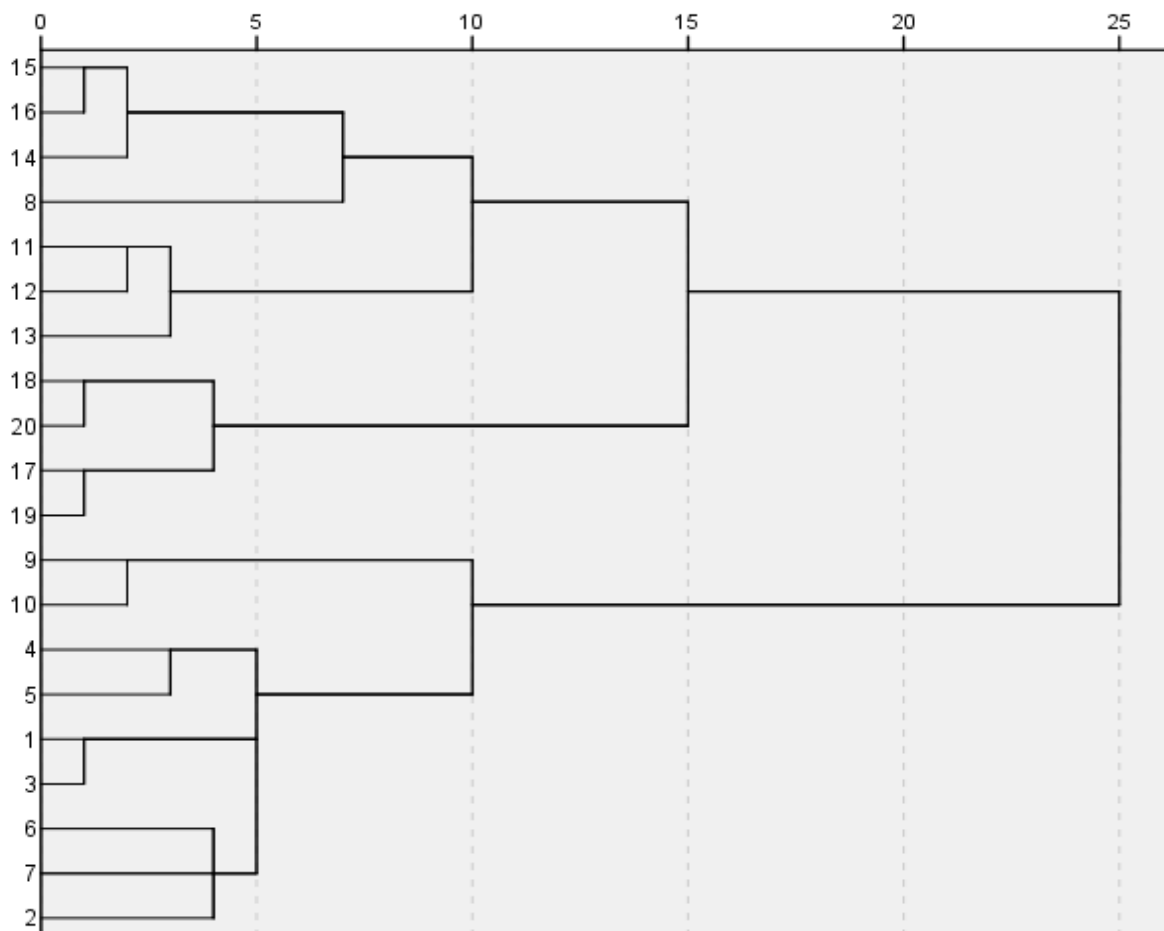
63. ábra

Teljes csoport, [á], szájas-orros bemelegítés előtt, esetekre, 13. dendrogram

119. táblázat. Teljes csoport, [á], szájas-orros bemelegítés után, esetekre, 14. dendrogram

sz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fü.	15→16	18→20	17→19	1→3	9→10	11→12	14→15	4→5	11→13	6→7
egy	0,990	0,988	0,972	0,970	0,965	0,962	0,952	0,940	0,927	0,915
sz.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
fü.	2→6	17→18	1→2	1→4	8→14	8→11	1→9	8→17	1→8	
egy	0,905	0,893	0,887	0,872	0,818	0,752	0,748	0,630	0,368	

A bemelegítés hatására a női fürt tovább tömörödik, de a szólamok jobban összekeverednek. A férfiak fürtjén belül a tenor csoport kettészakad, és a 15-ös résztvevőhöz kapcsolódva egy külön fürtöt alkotnak a bemelegítés előtt is már a hangfajcsoportjuktól elszakadt 8-as, 14-es és 16-os esetekkel (lásd 64. ábra). A kapcsolatok erőssége, az együtthatók értékeinek összehasonlítása alapján lényeges változást nem mutat. Most is ugyanaz az egy kapcsolat, az 1-es és a 8-as eseteké, az egyedüli nem szignifikáns (lásd 119. táblázat).



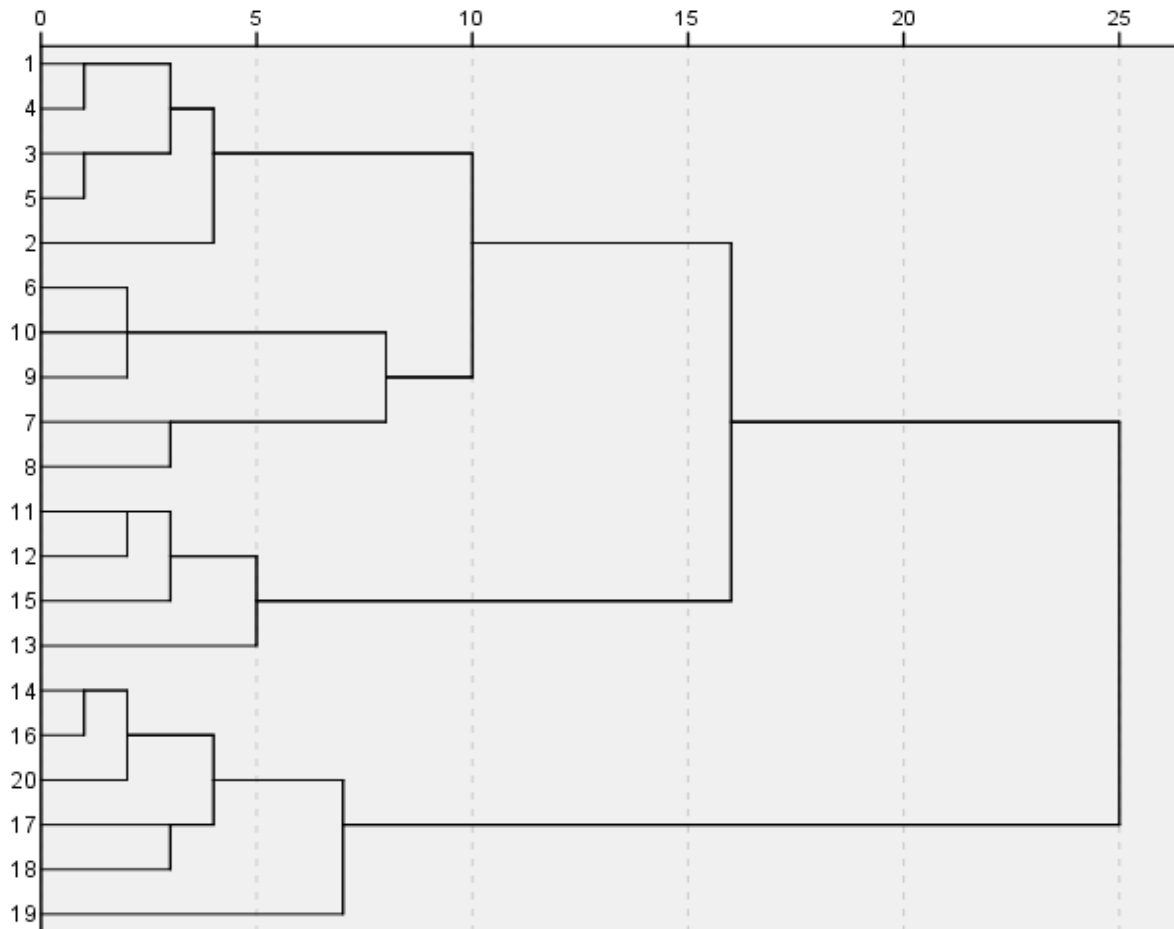
64. ábra

Teljes csoport, [á], szájas-orros bemelegítés után, esetekre, 14. dendrogram

120. táblázat. Teljes csoport, [á], orros-szájas bemelegítés előtt, esetekre, 15. dendrogram

sz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fü.	1→4	14→16	3→5	6→10	14→20	11→12	6→9	17→18	1→3	11→15
egy	0,995	0,987	0,976	0,970	0,969	0,966	0,960	0,948	0,945	0,932
sz.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
fü.	7→8	14→17	1→2	11→13	14→19	6→7	1→6	1→11	1→14	
egy	0,930	0,925	0,921	0,886	0,847	0,829	0,780	0,645	0,415	

Ebben az esetben a nemi és hangfaji elkülönülés szinte teljesen tisztán jelentkezik. Egyedül a 14-es tenor került a basszusok közé (lásd 65. ábra). A 14-es résztvevő az együtthatók tanúsága szerint is a basszusokhoz kapcsolódik, hiszen a 2. legerősebb kapcsolat a 14 és 16-os résztvevő közötti. Az együtthatók értékei magasabbak, mint volt a szájas-orros bemelegítés előtti állapotnál és itt is egy kapcsolat nem szignifikáns, de ennek értéke is a szignifikáns küszöbértékhez közeli (lásd 120. táblázat).



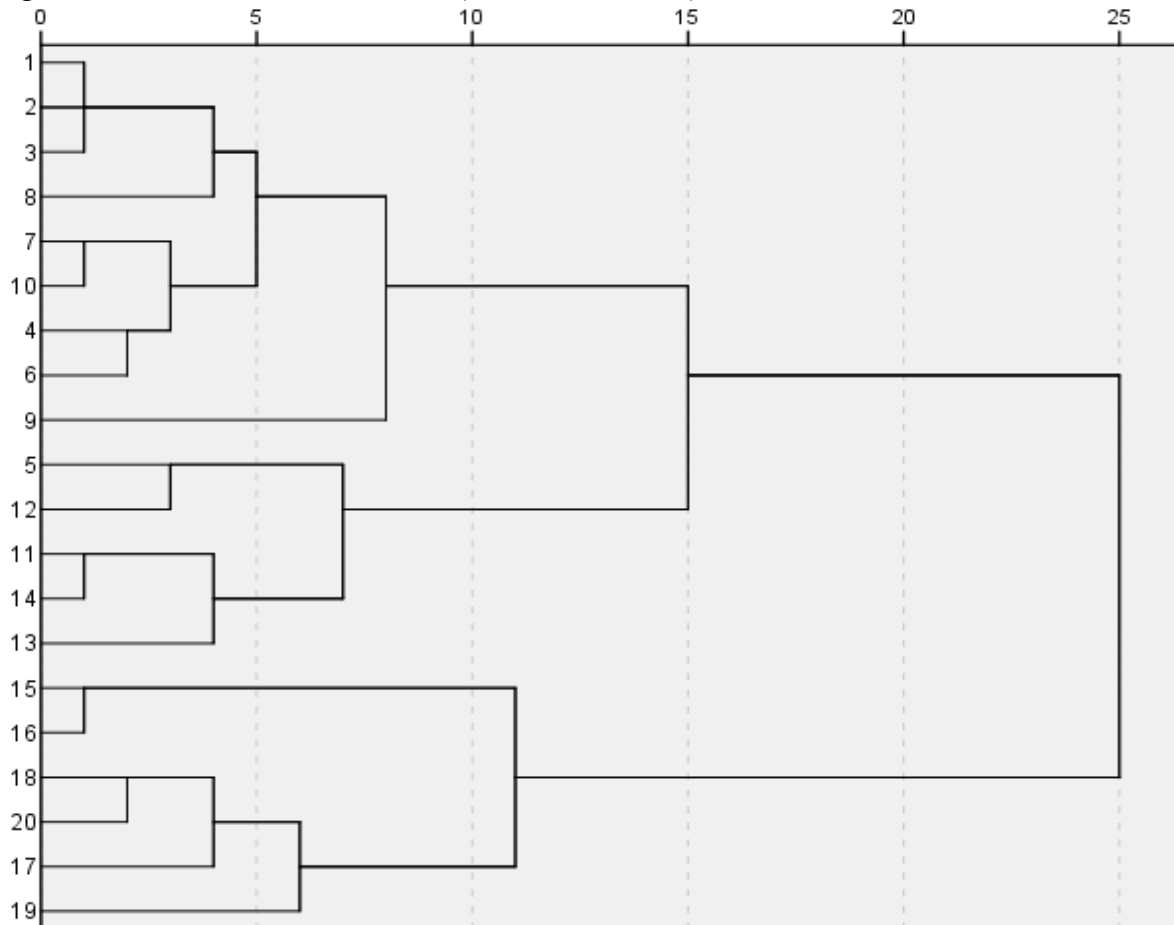
65. ábra

Teljes csoport, [á], orros-szájas bemelegítés előtt, esetekre, 15. dendrogram

121. táblázat. Teljes csoport, [á], orros →szájás bemelegítés után, esetekre, 16. dendrogram

sz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fü.	1→2	11→14	1→3	7→10	15→16	18→20	4→6	5→12	4→7	1→8
egy	0,989	0,981	0,976	0,975	0,972	0,969	0,956	0,947	0,937	0,925
sz.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
fü.	17→18	11→13	1→4	17→19	5→11	1→9	15→17	1→5	1→15	
egy	0,922	0,916	0,897	0,890	0,861	0,848	0,786	0,703	0,495	

Az orros-szájás bemelegítés hatására a női hangfaj csoportok elkülönülése megszűnik. Egy közös fürtbe tömörülnek, kivéve az 5-ös számú szoprán résztvevőt, aki a tenorokhoz kapcsolódik. A férfi csoportok továbbra is hangfaj szerint külön fürtöket alkotnak. A 15-ös tenor került egyedül a basszusok közé. A bemelegítés előtt a hangfajcsoportjából kiszakadt 14-es tenor most a tenorok közé került (lásd 66. ábra). Az együtthatók értékeit vizsgálva az a feltűnő, hogy az utolsó két kapcsolat jelentősen megerősödik és minden kapcsolat a szignifikáns küszöbértéknél erősebb (lásd 121. táblázat).



66. ábra

Teljes csoport, [á], orros-szájás bemelegítés után, esetekre, 16. dendrogram

Összefoglalva: Az eseteket vizsgálva csak az [á] magánhangzót elemeztük, mivel eddigi megfigyeléseinknél is ez a magánhangzó bizonyult a legérzékenyebbnek.

(1) mindkét esetben a bemelegítés előtti állapotnál a hangfaj szerinti csoportosodás határozottabban jelentkezett.

(2) a bemelegítések hatására a női hangfajok egy közös fűrtbe tömörültek mindkét esetben, de a férfiak megőrizték hangfaji elkülönülésüket

(3) a szájas-orros bemelegítés nyomán létrejött egy kevert fűrt is

(4) az orros-szájas bemelegítés után minden kapcsolat szignifikánssá vált

(5) az orros-szájas bemelegítési sorrend bizonyult a hangfaji elkülönülést kevésbé megzavarónak

Ismételt méréses varianciaanalízis (Repeated measure, ANOVA= analysis of variance) elemzésnél először mind a kilenc vizsgált változó belső összefüggéseinek alakulását elemeztük a bemelegítések (alkalmak) hatására. Mivel minden „p” érték erősen szignifikáns (dőlt kiemeléssel jelezve), ezért az „ η^2 ” értékeinek változásait figyeltük. A létszám jelölések a csoportokra utalnak. 20ⁿ: teljes csoport, 10ⁿ: női alcsoport, 10^f: férfi alcsoport.

122. táblázat. Teljes csoport, szájas-orros, repeated measure

teljes csoport, 20 fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,866	0,000	Á	0,752	0,000	Ú	0,877	0,000
szájas bemelegítés után		0,858	0,000		0,774	0,000		0,866	0,000
orros rámelegítés után		0,861	0,000		0,766	0,000		0,869	0,000

A teljes csoportot vizsgálva az „ η^2 ” értékeinél a szájas bemelegítési szakasz az [á], míg az orros rámelegítés az [í] magánhangzónál idézett elő nagy értéknövekedést (lásd 122. táblázat).

123. táblázat. Teljes csoport, orros-szájas, repeated measure

teljes csoport, 20 fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,860	0,000	Á	0,790	0,000	Ú	0,889	0,000
orros bemelegítés után		0,878	0,000		0,771	0,000		0,891	0,000
szájas rámelegítés után		0,864	0,000		0,818	0,000		0,890	0,000

Az orros-szájas bemelegítési sorrend határozott előnye az [á] magánhangzónál jelentkezik. Az orros bemelegítési szakasznak az [í], míg a szájas rámelegítésnek az [á] magánhangzónál van erős hatása (lásd 123. táblázat).

124. táblázat. Női alcsoport, szájas-orros, repeated measure

női alcsoport, 10 ⁿ fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,914	0,000	Á	0,863	0,000	Ú	0,928	0,000
szájas bemelegítés után		0,930	0,000		0,908	0,000		0,923	0,000
orros rámelegítés után		0,910	0,000		0,888	0,000		0,933	0,000

A női alcsoportnál is jelentkezik a szájas szakasz erős hatása az [á] magánhangzónál, míg az orros rámelegítés jelentős hatása itt is az [í] magánhangzónál figyelhető meg (lásd 124. táblázat). A szájas rámelegítés az [í] és az [á] magánhangzónál erős hatású.

125. táblázat. Női alcsoport, orros-szájas, repeated measure

női alcsoport, 10 ⁿ fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,900	0,000	Á	0,894	0,000	Ú	0,919	0,000
orros bemelegítés után		0,924	0,000		0,887	0,000		0,928	0,000
szájas rámelegítés után		0,944	0,000		0,925	0,000		0,935	0,000

Az [í] magánhangzónál az orros-szájas sorrend mutatja leginkább a hatások egymásra épülését. Mindhárom magánhangzónál az orros-szájas sorrend összegzett hatása erősebb, mint a másik sorrendé (lásd 125. táblázat).

126. táblázat. Férfi alcsoport, szájas-orros, repeated measure

férfi alcsoport, 10 ^f fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,923	0,000	Á	0,862	0,000	Ú	0,931	0,000
szájas bemelegítés után		0,936	0,000		0,860	0,000		0,930	0,000
orros rámelegítés után		0,931	0,000		0,859	0,000		0,911	0,000

A férfi alcsoportnál az [í] magánhangzó a szájas bemelegítési szakaszra reagál jelentős „ η^2 ” értéknövekedéssel, míg az [ú] mindkét rámelegítési szakaszra jelentős „ η^2 ” értékcsökkenéssel (lásd 126. táblázat).

127. táblázat. Férfi alcsoport, orros-szájas, repeated measure

férfi alcsoport, 10 ^f fő		η^2	p		η^2	p		η^2	p
bemelegítés előtt	Í	0,928	0,000	Á	0,871	0,000	Ú	0,940	0,000
orros bemelegítés után		0,939	0,000		0,872	0,000		0,947	0,000
szájas rámelegítés után		0,931	0,000		0,877	0,000		0,927	0,000

Az orros bemelegítési szakasznak csak az [i] magánhangzóra van erős hatása. Ennél az als csoportnál egyik bemelegítési sorrendnek sem mutatható ki egyértelmű fölénye (lásd 127. táblázat).

Változókra lebontva folytattuk az ismételt mérések varianciaanalízis (Repeated measure, ANOVA= analysis of variance) elemzést, mindhárom magánhangzónál a teljes és a nemenkénti als csoportokra, valamint mindkét bemelegítési sorrendre.

A táblázatokat párosával csoportosítottuk – azonos magánhangzó, azonos csoport – úgy, hogy az első mindig a szájas-orros (sz.-o.), míg a második az orros-szájas (o.-sz.) sorrend eredményeit mutatja. A szignifikáns „p” értékeket dőlt kiemeléssel jelezzük.

128. táblázat. [i], teljes csoport, szájas-orros, változók, repeated measure

Í SZ.-O.	20 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,138	0,274	0,30	0,164	0,231	0,173	0,092	0,310	0,212
	p	0,060	0,002	0,558	0,033	0,007	0,027	0,160	0,001	0,011

129. táblázat. [i], teljes csoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Í O.-SZ.	20 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,223	0,209	0,276	0,400	0,294	0,413	0,332	0,277	0,434
	p	0,008	0,012	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000

Az [i] magánhangzónál a teljes csoportnál, a szájas-orros sorrendnél a jel-átlag, a H1 és a H5 változók belső kapcsolata nem szignifikáns. A többi változónál, a F0-t és a H6-t kivéve meggyengébb a változók belső kapcsolatainak szignifikanciája az orros-szájas sorrenddel összehasonlítva. Az orros-szájas bemelegítési sorrendnél minden egyes változónál szignifikáns a belső kapcsolat a három elemzett felvételnél (lásd 128-129. táblázatok).

130. táblázat. [á], teljes csoport, szájas → orros, változók, repeated measure

Á SZ.-O.	20 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,191	0,392	0,215	0,168	0,263	0,219	0,178	0,270	0,383
	p	0,018	0,000	0,010	0,030	0,003	0,009	0,024	0,003	0,000

131. táblázat. [á], teljes csoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Á o.-sz.	20 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,364	0,235	0,297	0,314	0,402	0,467	0,253	0,313	0,435
	p	0,000	0,006	0,001	0,001	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000

Az [á] magánhangzónál, mindkét bemelegítési sorrend nyomán, minden változónál a belső kapcsolatok szignifikánsak. Az F0-t kivéve az orros-szájas sorrendnél minden további változónál erősebb a szignifikancia, mint a szájas-orros sorrendnél (lásd 130-131. táblázatok).

132. táblázat. [ú], teljes csoport, szájas-orros, változók, repeated measure

Ú sz.-o.	20 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,358	0,336	0,432	0,379	0,088	0,167	0,144	0,203	0,282
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,174	0,031	0,052	0,014	0,002

133. táblázat. [ú], teljes csoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Ú o.-sz.	20 fő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,441	0,371	0,383	0,375	0,266	0,230	0,238	0,217	0,270
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,007	0,006	0,010	0,003

Az [ú] magánhangzónál is jelentkezik az orros-szájas sorrend nyomán a paraméterek többségénél belső kapcsolataik erősebb szignifikanciája. A szájas-orros sorrend nyomán a H3 és a H5 felhangoknál a kapcsolat nem is éri el a szignifikáns szintet (lásd 132-133. táblázat).

134. táblázat. [í], női alcsoport, szájas-orros, változók, repeated measure

Í sz.-o.	10 nő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,180	0,346	0,107	0,475	0,539	0,436	0,210	0,429	0,252
	p	0,167	0,022	0,362	0,003	0,001	0,006	0,120	0,006	0,073

135. táblázat. [í], női alcsoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Í o.-sz.	10 nő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,562	0,103	0,266	0,554	0,588	0,496	0,473	0,377	0,608
	p	0,001	0,378	0,062	0,001	0,000	0,002	0,003	0,014	0,000

A női alcsoportnál is marad összességében az orros-szájas sorrend nyomán a paraméterek belső kapcsolatainak szignifikáns előnye a másik sorrendhez képest. A teljes csoportnál tapasztaltakkal ellentétben itt azonban a szájas-orros előnyösebb az F0 és a H6 változóknál (lásd 134-135. táblázatok).

136. táblázat. [á], női alcsoport, szájas-orros, változók, repeated measure

Á	10 nő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	
	SZ.-O.	η^2	0,210	0,481	0,453	0,055	0,165	0,263	0,474	0,316	0,392
		p	0,119	0,003	0,004	0,599	0,197	0,064	0,003	0,033	0,011

137. táblázat. [á], női alcsoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Á	10 nő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	
	O.-SZ.	η^2	0,471	0,420	0,507	0,3+65	0,566	0,465	0,429	0,443	0,478
		p	0,003	0,007	0,002	0,017	0,001	0,004	0,006	0,005	0,003

Az [á] magánhangzónál is egyértelmű az orros-szájas bemelegítés fölénye. Két kivétel jelentkezik az F0 és a H5 változóknál, ahol a szájas-orros sorrend nyomán erősebb a belső összefüggés szignifikanciája (lásd 136-137. táblázat).

138. táblázat. [ú], női alcsoport, szájas-orros, változók, repeated measure

Ú	10 nő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	
	SZ.-O.	η^2	0,532	0,347	0,486	0,523	0,170	0,370	0,374	0,500	0,383
		p	0,001	0,022	0,003	0,001	0,187	0,016	0,015	0,002	0,013

139. táblázat. [ú], női alcsoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Ú	10 nő	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	
	O.-SZ.	η^2	0,588	0,510	0,562	0,545	0,361	0,361	0,508	0,286	0,428
		p	0,000	0,002	0,001	0,001	0,018	0,018	0,002	0,050	0,007

Az [ú] magánhangzónál a H6 és a H4 változóknál nem jelentkezik csupán az orros-szájas bemelegítési sorrend előnye, a többinél változónál viszont itt is (lásd 138-139. táblázatok).

140. táblázat. [i], férfi alcsoport, szájas-orros, változók, repeated measure

Í	10 ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	
	SZ.-O.	η^2	0,123	0,217	0,011	0,002	0,024	0,035	0,029	0,222	0,205
		p	0,308	0,110	0,903	0,983	0,806	0,704	0,768	0,104	0,127

141. táblázat. [i], férfi alcsoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Í	10 ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,071	0,352	0,351	0,361	0,158	0,366	0,204	0,197	0,295
	p	0,516	0,020	0,020	0,018	0,213	0,017	0,128	0,139	0,043

A férfi alcsoport esetén az [i] magánhangzónál a szájas-orros bemelegítés után a változók értékeinek belső kapcsolata egy esetben sem szignifikáns, míg az orros-szájas nyomán 5 változónál már szignifikánssá válik a belső összefüggés. Ugyanakkor kiemelendő, hogy az FFT ábra jel-átlagánál és a H6 felhangnál a szájas-orros bemelegítés nyomán szorosabb – bár nem szignifikáns - a változók belső kapcsolata, mint az orros-szájas sorrend esetén (lásd 140-141. táblázat).

142. táblázat. [á], férfi alcsoport, szájas-orros, változók, repeated measure

Á	10 ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,228	0,443	0,134	0,416	0,639	0,251	0,181	0,298	0,494
	p	0,097	0,005	0,273	0,008	0,001	0,074	0,166	0,041	0,002

143. táblázat. [á], férfi alcsoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Á	10 ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,285	0,097	0,167	0,299	0,241	0,668	0,121	0,190	0,445
	p	0,049	0,399	0,193	0,041	0,083	0,000	0,314	0,149	0,005

A férfi alcsoportnál az [á] magánhangzó esetén a szájas-orros bemelegítés nyomán válnak jelentősebbé a változók értékeinek belső kapcsolatai, kivéve a jel átlag, H1 és a H4 változót. Szájas-orros sorrendnél 5 paraméternél van szignifikáns összefüggés, míg az orros-szájas esetben csak négynél (lásd 142-143. táblázat).

144. táblázat. [ú], férfi alcsoport, szájas-orros, változók, repeated measure

Ú	10 ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,210	0,436	0,469	0,265	0,57	0,146	0,037	0,010	0,207
	p	0,120	0,006	0,003	0,063	0,589	0,241	0,712	0,910	0,123

145. táblázat. [ú], férfi alcsoport, orros-szájas, változók, repeated measure

Ú	10 ffi	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	η^2	0,308	0,283	0,579	0,268	0,173	0,154	0,080	0,323	0,142
	p	0,036	0,050	0,000	0,060	0,181	0,222	0,473	0,030	0,253

A férfiaknál az [ú] magánhangzónál újra az orros-szájas bemelegítési sorrend eredményez szorosabb összefüggést a változók többségénél. A szájas-orros sorrendnél kettő, míg az orros-szájas változatnál négy szignifikáns kapcsolat van. A szájas-orros sorrend előnye csak az F0 és a H7 változóknál jelentkezett (lásd 144-145. táblázatok).

Összefoglalva: alkalmakat vizsgálva az orros-szájas sorrend az [í], míg a szájas-orros az [á] magánhangzóra volt hatásosabb a teljes csoportnál. A női alcsoportnál mindhárom magánhangzó az orros-szájas bemelegítési sorrend fölényét mutatta. A férfi alcsoportnál viszont mindkét bemelegítési sorrend hatástalan volt az [á, í] magánhangzókra, és az [ú] –ra hátrányos volt a hatásuk. A változók vizsgálatánál mindhárom magánhangzónál és csoportoknál az orros-szájas bemelegítési sorrend az előnyösebb. Egy kivétel van, az [á] magánhangzóra a férfi alcsoportnál a szájas-orros bemelegítés hat előnyösebben.

6.7.1. A hatodik kísérleti mérés tapasztalatai

- (1) összefoglalva azt állapíthatjuk meg, hogy a vizsgált 9 változó vizsgálatánál, a csoportok és magánhangzók többségénél az orros-szájas bemelegítési sorrend előnye igazolódott
- (2) a páros-t elemzés mindhárom magánhangzónál, és különösen a teljes és a női alcsoportnál igazolta az orros-szájas bemelegítés előnyét
- (3) a klaszter-elemzésnél a hangfaji csoportokat a szájas-orros sorrend megkeveri, míg az orros-szájas a belső kapcsolatokat szignifikánssá erősíti
- (4) az „ismételt méréses varianciaanalízis” (Repeated measure, ANOVA= analysis of variance) elemzés szerint a női alcsoportnál mindhárom magánhangzóra, a teljes csoportnál pedig az [í] magánhangzóra előnyösebben hat az orros-szájas bemelegítési sorrend. A férfi alcsoportnál mindkét bemelegítés hatástalan (Altorjay, 2015a)

6.8. A hetedik kísérleti mérés

- Célok: (1) új típusú (áramlásos és ellenállásos) bemelegítő gyakorlatok kipróbálása
- (2) a gyakorlatok időtartamának 20-25 percre növelése
- (3) a résztvevők létszámának növelése és mindkét nem bevonása
- (4) a régi, kipróbált paraméterek mellett, új paraméterek kipróbálása (szám, SNR 0-6, 2-4. 6-10)
- (5) az elemzések kiterjesztése hét magánhangzóra [í, e, ő, á, a, ó, ú]
- (6) a páros-t és klaszter elemzések mellett Cohen-d és Regresszió analízisek kipróbálása

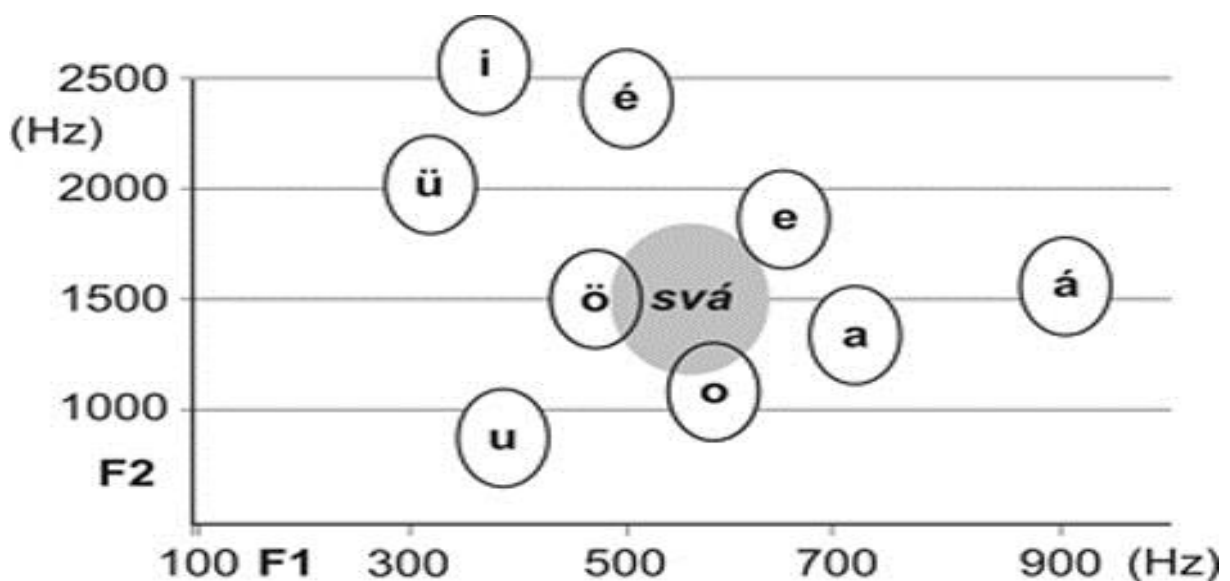
Módszerek: A VII. kísérleti mérésnél két, független kísérleti mérési alkalommal készítettünk felvételeket 36 résztvevővel (SZTE JGYPK hallgatói). A korábbi kísérleti gyakorlatnak megfelelően friss hanggal, előzetes bemelegítés nélkül érkeztek a hallgatók. Mindkét alkalommal először felvettük a kilenc magyar magánhangzót, tartott énekhangként középfekvésben, kényelmes hangerővel. Ezt követően az első alkalommal 20-25 perc időtartamú hang bemelegítés következett, melyben a gyakorlatok célja a toldalékcső ellenállásának növelése (1.) volt. A bemelegítés után újra, ugyanazon a hangmagasságokon megismételtük a tartott magánhangzók felvételét. A második alkalom felépítése az elsővel megegyezett. A különbség a 20-25 perc időtartamú gyakorlatsor céljában volt. Ezen alkalommal (2.) a toldalékcső ellenállását csökkenteni hívatott, a hang akadálytalan áramlását segítő hang gyakorlatokat végeztettünk a résztvevőkkel.

A felvételekhez a korábbi mérésekhez hasonlóan, ezúttal is helyszínrre telepített Roland/Edirol R-44R Channel Recorder (hangfelvevőt), és két AKG 2000B mikrofont használtunk. A mikrofon állványokra távolságtartó konzolt (40 cm) szereltünk most is, hogy így biztosítsuk a résztvevők ajkainak egyforma távolságát a mikrofonoktól. A felvételek elemzéséhez a SIEGVIEW 2.4. hangelemző programot használtuk. Az eredmények kiértékeléséhez SPSS 20. statisztikai programot alkalmaztuk.

A vizsgált paramétereket kiterjesztettük a felvételek Fourier transzformációval készített hangképi ábrája első – 0-6000 Hz - felhangokkal tagolt szakaszának jel-átlagára (átl), ami hangnyomás változását mutatja. Az elkülönült részhangjai számára (szám), az alaphang (F0), az első hét felhang (H1-H7), hangnyomás értékeire, valamint három szakasz jel és zaj arányainak értékeire (SNR= signal+noise ratio [dB]). Ezek a szakaszok – 0-6kHz, 2-4kHz, 6-10kHz - a vizsgált, aktív hangképi sáv és az „énekes formánsok” változásait mutatják. Az első hét felhangra azért esett a választásunk, mert ezeknél még a temperált hangoláshoz képest a

természetes intonáció eltérése minimális, és a gyakorlatok lebonyolításánál temperált zongora állt rendelkezésünkre (lásd 12. ábra).

Ezúttal a részletes elemzésünket nemcsak a „hangzó háromszög” csúcsain lévő magánhangzókra [í, á, ú] végeztük el, hanem kiterjesztettük további négy magánhangzóra [e, ő, a, ó] is. Ezzel a magyar magánhangzók minden fajtáját – illabiális, labiális; magas, mély; magas, közepes és alsó nyelvállású – bevontuk az elemzésbe. Emlékeztetőként lásd az alábbi ábrát, amely a magyar magánhangzók átlagos F1 és F2 formáns hangolását mutatja. A 67. ábra megegyezik a 10. és a 23. ábrával. A *svá* az ún. (magyar) semleges magánhangzó formáns mezejét jelöli.



67. ábra

A magyar magánhangzók F1/F2 formáns grafikonja (Gósy, 2004 nyomán)

<http://www.matud.iif.hu/07jan/13.html> (3)

A résztvevők adatainak áttekintése látható a 146. táblázatban. A nők életkora kisebb, míg hangképzésben eltöltött idejük hosszabb, mint a férfiaké. Létszámuk viszont többszöröse a férfiakénak. Ez általánosan jellemző a hazai énekoktatásra. Ezek az eltérések a hangfaj-lebontásnál is jelentkeznek. A "visszajelzés" oszlopok a résztvevők véleményét mutatják a kétféle bemelegítés hatásosságáról, amelyet a 2. alkalom után kérdeztünk és mértünk föl. Mindkét bemelegítés megítélése közel kiegyenlített. Az áramlásos 2. alkalmat ítélték a nők, míg az 1. ellenállásos alkalmat a férfiak kis többséggel hatásosabbnak és kényelmesebbnek. Feltűnő eltérés a két bemelegítés megítélésénél a mezzoknál volt az áramlásos, 2. alkalom javára.

146. táblázat. VII. kísérleti mérés résztvevőinek statisztikai adatai

csoport	létszám	életkor		képzés		visszajelzés	
		átlag	szórás	átlag	szórás	1.alkalom	2.alkalom
teljes	36	20,91	3,54	3,10	2,41	17	19
nők	27	19,95	2,80	3,35	2,64	12	15
férfiak	9	23,77	4,13	2,33	1,39	5	4
szoprán	14	20,17	2,90	3,36	2,55	8	6
mezzo	13	19,72	2,78	3,35	2,84	4	9
tenor	2	27,65	5,16	3,50	0,71	2	-
basszus	7	22,66	3,44	2,00	1,38	3	4

A kísérleti méréseknél minden hangfaj számára kényelmes középhantot választottunk a felvételekhez. Ez a szopránoknál C1-t (523,25 Hz), a mezzóknál Á1-t (440 Hz), az altoknál Fis1-t (369,99 Hz), a tenoroknál á-t (220 Hz), a baritonoknál fis-t (185 Hz), míg a basszusoknál d-t (146,83 Hz) jelentette (lásd az alábbi kottapéldát).

VII. Kísérleti mérés

Felvételi hangmagasságok

A.T.

Ének

szoprán mezzo alt

Basszus

tenor bariton basszus

Az első alkalomnál – ellenállásos - alkalmazott gyakorlatok az alábbi kottapéldán láthatóak. Most is, mint a korábbi méréseknél légzés és izom-bemelegítő gyakorlatokkal indítottunk. A kottapélda felett jeleztük ezeket a lépéseket. (1) Az orrlégzésre és az orr-járat átjárhatóságának fokozására irányult az első gyakorlat. (2) A másodiknál a szájüreg levegő-visszatorlasztó hatásával igyekeztünk a mély-gégeállást és garatüreg tágasságát fokozni.

VII. Kísérleti mérés

Toldalékcső ellenállását fokozó gyakorlatok

A.T.

1. oron át ki-be légzés 2. ornelégzés majd szájkilégzés, de pofafelfújással

dú - do - lás zárt száj - jal
dú - do - lás nyi - tott száj - jal, orr - csip - te - tés az ü - tem - vo - na - lak - nál
mő - nő - nyó mő - nő - nyó ...
bő - ró - gő bő - ró - gő ...
é - nek - lés PVC cső - be ...

Az éneklési gyakorlatokat (3) orr-dúdolásal kezdjük, amelynél a toldalékcső ellenállása a szűk járatok és kis csatlakozó üregek miatt megnő. A nyitott dúdolásnál (4) is csak az orrjáraton távozhatott a levegő és a saját-kezű orr-csíptetéssel - dúdolás közben - tovább fokoztuk az orrjárat ellenállását. A szöveges gyakorlatoknál (5) nazális zárhangzókat, majd ajak és lágy-szájpadi, zöngés zárhangzókat alkalmaztunk. Az [r] mássalhangzóra azért esett a választásunk, mert megszólaltatásakor a nyelv nagy ellenállást képez a szájüregben. Az utolsó feladatnál (6), nőknél 11mm, férfiaknál 16mm külső átmérőjű és 30 cm hosszú PVC csőbe énekelgettük a dallamot mind a kilenc magánhangzóval.

Az [ó] magánhangzó és az énekgyakorlatok dallama mindkét gyakorlatsorban közös, így jobban összehasonlítható a hatásuk. Természetesen a feladatokat mindkét irányba transzponálva ismételtettük a résztvevők adottságaihoz alkalmazkodva. A nőknél az egyvonalas oktávhoz, míg a férfiaknál a kis-oktávhoz illeszkedve.

VII. Kísérleti mérés

Toldalékcső ellenállását csökkentő gyakorlatok

A.T.

1. száj-lihegés 2. ásítás nyelvkinnyújtással 3. öklendezés szárazon

fő - só - lő	fő - só - lő	fő - só - lő	...
szó - lő - hő	szó - lő - hő	szó - lő - hő	...
í - é - e - ű - ő - á	a - ó - ú

A második alkalomnál – áramlásos - a gyakorlatokat száj-lihegéssel (1) kezdtük, ahol a légáramlás kisebb ellenállásba ütközik, mint az orrlégzésnél. Az ezt követő izom-bemelegítő gyakorlatok (2) a lágy-szájpad minél teljesebb felzárását célozták a garat hátsó falához. A szöveges gyakorlatoknál (3) kizárólag zöngétlen réshangzókat alkalmaztunk, amelyek képzésénél a szájüreg ellenállása kicsi. Ezen szándék nyomán jutottunk el a [h] torokhangzó, majd pedig az utolsó gyakorlatnál (4) a mássalhangzó nélkül énekelt magánhangzóig, amelyekkel a toldalékcső ellenállását éneklés közben, minimálisra csökkentettük.

Eredmények: Az egyes bemelegítések hatását a hangkép-vizsgálatoknál nyert paraméter adatok páros-t elemzésével történő összehasonlításával vetettük elsőként össze. A táblázatokban az egyes magánhangzóhoz kapcsolt felső két sor az 1. alkalom (ellenállásos) hatásának „t” és „p” értékeit, az alsó két sor a 2. alkalom (áramlásos) hatásának azonos értékeit mutatja.

Teljes csoport:

147. táblázat. Teljes csoport, 1. és 2. alkalom páros-t eredményei

Teljes csoport (36 fő)														
	szám	átl	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10	
Í	t	-4,64	-4,47	-5,07	-2,90	-4,07	-4,86	-3,81	-4,09	-4,82	-3,65	-4,21	-4,74	-2,16
	p	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,038
	t	-0,62	-4,98	-2,52	-1,44	-3,21	-2,74	-3,24	-2,87	-3,20	-4,38	0,31	-2,39	-0,99
	p	0,538	0,000	0,016	0,159	0,003	0,010	0,003	0,007	0,003	0,000	0,759	0,022	0,328
E	t	-3,33	-5,02	-3,87	-3,94	-4,91	-4,85	-4,58	-3,36	-3,75	-6,00	-3,59	-3,36	-1,89
	p	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,067
	t	0,57	-1,60	-2,21	-2,85	-3,04	-2,31	-1,22	-0,37	-2,68	-3,44	-3,71	-3,45	-0,20
	p	0,573	0,120	0,034	0,007	0,004	0,027	0,230	0,716	0,011	0,002	0,001	0,001	0,840
Ö	t	-3,97	-4,33	-4,66	-3,08	-4,38	-4,12	-3,82	-3,69	-2,52	-3,69	-2,47	-2,16	-2,05
	p	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,001	0,001	0,017	0,001	0,018	0,037	0,048
	t	-1,75	-0,19	-3,83	-1,65	-1,41	-4,88	-3,46	-3,31	-3,09	-2,58	-4,39	-3,64	-1,03
	p	0,090	0,849	0,001	0,109	0,169	0,000	0,001	0,002	0,004	0,014	0,000	0,001	0,310
Á	t	-2,06	-4,39	-6,20	-5,43	-3,14	-3,53	-3,70	-7,26	-4,80	-4,60	-3,10	-2,91	-2,05
	p	0,047	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,004	0,006	0,048
	t	-1,20	-0,61	-2,04	-3,40	0,28	-1,00	-1,42	-3,54	-1,70	-1,95	-3,00	-2,82	-0,29
	p	0,238	0,546	0,049	0,002	0,784	0,323	0,164	0,001	0,099	0,053	0,005	0,008	0,777
A	t	-3,81	-4,33	-5,70	-5,58	-2,51	-3,37	-2,93	-5,11	-3,28	-3,60	-3,41	-3,77	-0,22
	p	0,001	0,000	0,000	0,000	0,017	0,002	0,006	0,000	0,002	0,001	0,002	0,001	0,830
	t	-2,46	-1,56	-3,61	-3,36	-1,20	-2,60	-1,48	-2,60	-2,97	-2,00	-4,76	-2,70	-1,27
	p	0,019	0,128	0,001	0,002	0,237	0,015	0,148	0,014	0,005	0,054	0,000	0,011	0,213
Ó	t	-3,77	-5,58	-4,73	-4,68	-3,19	-3,50	-3,85	-4,96	-5,44	-5,46	-2,68	-1,99	-0,68
	p	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,055	0,504
	t	0,32	-2,63	-4,60	-4,08	-1,24	-1,73	-3,11	-3,98	-4,49	-2,60	-1,43	-1,76	-0,49
	p	0,752	0,013	0,000	0,000	0,223	0,093	0,004	0,000	0,000	0,013	0,161	0,086	0,629
Ú	t	-2,67	-4,84	-6,06	-6,40	-4,32	-3,98	-4,11	-4,18	-3,42	-5,05	-2,90	-2,52	-1,14
	p	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,006	0,016	0,261
	t	-2,67	-2,43	-3,61	-4,07	-1,79	-4,78	-4,54	-2,55	-4,79	-2,19	-3,17	-2,96	-3,27
	p	0,011	0,020	0,001	0,000	0,082	0,000	0,000	0,015	0,000	0,035	0,003	0,006	0,002

Az elemzésre kiválasztott magánhangzóknál arányosságra törekedtünk. Három magas – [í, e, ö] – mellett három mély – [a, ó, ú] – magánhangzót és a legtelítettebb, legnyitottabb, legnagyobb szájnírással képzett hangzónkat, az [á] –t is elemeztük. Az ajak helyzete szerint szerepel ajakkerekítéses (ö, a, ó, ú) és ajakkerekítés nélküli (í, e, á) is. A nyelvállás függőleges helyzete szerint van felső-zárt (í, ú), középső-félig zárt (ő, ó) és alsó-nyílt (e, á, a). A nyelvállás vízszintes helyzete szerint van egyaránt elülső-magas (í, ö, e) és hátulsó-mély (á, a, ó, ú). Az elemzett magánhangzók közül, négy általánosan használt más európai nyelvekben is (í, á, ó, ú), míg a többi előfordulása a magyarban általános, de az európai nyelvekben nem. Ez a válogatás lehetővé teszi így a nemzetközi összehasonlítást és a magyar nyelvi jellegzetességek vizsgálatát is. A táblázatok belső tagolása is a magánhangzók szintelitettségét követi. A táblázatokban az előnytelen, tehát „+” értékeket félkövér, míg a szignifikáns „p” értékeket dőlt írásmóddal emeltük ki.

A táblázatból látható, hogy mindkét bemelegítés hatása a paraméterek döntő többségénél előnyös. Négy esetben van pozitív, tehát előnytelen hatást jelző értéke a „t”-nek: az [í] magánhangzó esetén a 0-6 KHz szakasz jel és zaj arányánál (SNR 0-6) [dB], az [e] magánhangzónál az elkülönült felhangok számánál, az [á] magánhangzó esetén a H2 felhangnál, és az [ó] magánhangzónál szintén az elkülönült felhangok számánál. Kihangsúlyozandó, hogy a pozitív „t” értékek csak a 2. áramlásos bemelegítésnél jelentkeztek.

Az ellenállásos – 1. alkalom – bemelegítés előnyös hatása az [í] magánhangzónál minden paraméter esetén szignifikáns, míg az áramlásos – 2. alkalom – hatása négy paraméternél nem szignifikáns, valamint a többi esetben is kevésbé erős - kisebb „t” értékkel - mint az 1. alkalomé. Egyetlen kivétel van a hangnyomás átlag, amelynél a 2. alkalom szignifikáns hatása a magasabb „t” érték bizonyítéka szerint erősebb.

Az [e] magánhangzónál ugyancsak határozottan látható az 1. bemelegítés előnye. A szignifikánsan javuló paraméterek száma az első alkalom hatására 12 db, míg a 2. alkalom hatására 8 db.

Az [ö] magánhangzónál a szignifikánsan javuló paraméterek számának aránya 13/8 db, szintén az ellenállásos (1. alkalom) bemelegítés javára. Megjegyzendő, hogy három paraméternél – H6, SNR 0-6, SNR 2-4 – bár mindkét alkalom után szignifikánsan javultak, de ezeknél a 2. alkalom hatása erősebb.

Az [á] magánhangzó esetén az 1. bemelegítés előnye még nyilvánvalóbb. Ennek hatása minden paraméternél szignifikánsan előnyös, míg a 2. bemelegítésnek 8 db paraméternél nem szignifikáns a hatása.

Az [a] magánhangzónál 12/8 db a szignifikánsan javuló paraméterek aránya, ugyancsak az ellenállásos bemelegítés javára. Az áramlásos bemelegítés előnye a SNR [dB] értékeinél jelentkezik.

Az [ó] magánhangzónál 11/7 db a szignifikánsan javuló paraméterek aránya, szintén az 1. bemelegítés előnyét mutatva. Ennél a magánhangzónál, egyik paraméternél sem volt előnyösebb a 2. bemelegítés.

Az [ú] magánhangzónál a két bemelegítési mód hatása kiegyenlített. Mindkét esetben 1-1 paraméterre nincs szignifikáns hatásuk. Az 1. alkalomnak az SNR 6-10 paraméterre, míg a 2. alkalomnak H2 felhangra. Érdeemes kiemelni, hogy a H2 felhangra a 2. alkalom az [á] magánhangzónál sem volt előnyös hatású. A fennmaradó 12 db további paraméternél 6 esetben az 1. bemelegítés és 6 esetben a 2. alkalom szignifikáns hatása erősebb.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a teljes csoportnál az 1. ellenállásos bemelegítés előnye igazolódott hétből hat magánhangzónál, és csak az [ú] magánhangzó esetén kiegyenlített a bemelegítések előnyös hatása (lásd 147. táblázat).

Női alcsoport:

Az [i] magánhangzónál az ellenállásos bemelegítés 6-10kHz közötti jel és zaj arányt (SNR) kivéve minden paraméternél szignifikáns (12), míg az áramlásos bemelegítés csak 9 esetben. A „t” értékeit tekintve az 1. bemelegítés fölénye még inkább egyértelmű. A 13 paraméter közül 12 esetben az ellenállásos „t” értékei magasabbak. A 2. alkalom hatása két tényezőnél – elkülönült felhangok - száma, 0-6kHz közti SNR – még előnytelen („+ t” értékű) is.

Az [e] magánhangzó esetén az 1. és 2. bemelegítési mód szignifikánsan előnyös hatásainak aránya 12/6. Az ellenállásos bemelegítés minden paraméterre erősebben hat, mint az áramlásos, sőt az áramlásos a szám (elkülönült felhangoké) és a H5-ös paraméternél még előnytelen hatású is.

Az [ó] magánhangzónál a szignifikánsan előnyös hatások aránya 11/7 az ellenállásos bemelegítés javára. A „t” értékeit vizsgálva az 1. bemelegítés kilenc, míg a 2. csak négy paraméternél bizonyult hatásosabbnak a másik bemelegítésnél.

Az [á] magánhangzónál az 1. alkalom 11 paraméterre is szignifikánsan előnyös hatással van. A 2. alkalom ezzel ellentétben három paraméternél – szám, H2, SNR 6-10 - előnytelen hatású és a 13 jellemző közül csak két esetben szignifikánsan előnyös (H1 és H5). A „t” értékeket tekintve minden paraméternél erősebb az ellenállásos bemelegítés hatása.

148. táblázat. Női alcsoport, 1. és 2. alkalom páros-t eredményei

Nők (27 fő)														
	szám	átl	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10	
Í	t	-4,62	-3,76	-4,32	-3,13	-3,72	-5,48	-4,18	-4,34	-5,76	-4,55	-3,58	-4,07	-1,76
	p	0,000	0,001	0,000	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,090
	t	0,03	-4,13	-2,70	-1,61	-2,80	-2,60	-2,59	-3,23	-3,10	-3,66	0,55	-2,27	-0,66
	p	0,974	0,000	0,012	0,119	0,010	0,015	0,015	0,003	0,005	0,001	0,586	0,032	0,518
E	t	-2,97	-3,87	-3,68	-3,51	-3,90	-4,11	-3,98	-2,98	-2,90	-5,18	-2,77	-3,19	-0,91
	p	0,006	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,006	0,007	0,000	0,010	0,004	0,370
	t	0,63	-1,04	-1,65	-2,17	-2,36	-2,12	-0,84	0,48	-1,72	-3,07	-2,31	-2,33	-0,19
	p	0,531	0,307	0,111	0,040	0,026	0,043	0,409	0,634	0,098	0,005	0,029	0,028	0,851
Ő	t	-3,27	-3,45	-4,66	-2,12	-4,10	-4,39	-3,39	-2,83	-2,19	-3,10	-2,05	-2,07	-1,75
	p	0,003	0,002	0,000	0,044	0,000	0,000	0,002	0,009	0,037	0,005	0,051	0,048	0,091
	t	-0,52	-0,01	-3,03	-0,50	-0,83	-4,43	-2,93	-2,18	-2,92	-1,91	-3,06	-3,06	-1,31
	p	0,605	0,993	0,005	0,622	0,414	0,000	0,007	0,039	0,007	0,067	0,005	0,005	0,201
Á	t	-1,58	-3,56	-5,79	-5,27	-2,36	-1,90	-3,34	-6,44	-4,22	-3,75	-3,00	-3,42	-2,11
	p	0,126	0,001	0,000	0,000	0,026	0,068	0,003	0,000	0,000	0,001	0,006	0,002	0,044
	t	0,29	-0,30	-1,46	-3,01	0,89	-1,00	-0,33	-2,66	-1,55	-1,50	-1,60	-1,37	0,80
	p	0,774	0,770	0,156	0,006	0,383	0,327	0,741	0,013	0,134	0,145	0,123	0,182	0,432
A	t	-3,26	-3,96	-5,81	-5,48	-1,63	-2,77	-2,88	-5,81	-3,69	-3,83	-2,93	-3,19	-0,64
	p	0,003	0,001	0,000	0,000	0,116	0,010	0,008	0,000	0,001	0,001	0,007	0,004	0,531
	t	-1,01	-1,11	-2,98	-3,67	-0,31	-1,85	-1,43	-2,17	-2,64	-1,74	-4,70	-2,70	-1,19
	p	0,323	0,278	0,006	0,001	0,758	0,076	0,166	0,039	0,014	0,094	0,000	0,012	0,246
Ó	t	-3,12	-5,61	-4,42	-4,19	-2,78	-2,45	-3,44	-4,39	-5,69	-5,00	-3,15	-2,76	-0,55
	p	0,004	0,000	0,000	0,000	0,010	0,021	0,002	0,000	0,000	0,000	0,004	0,011	0,568
	t	0,51	-2,22	-4,65	-3,13	-0,12	-1,06	-2,60	-3,53	-4,41	-2,26	-1,18	-1,90	0,12
	p	0,618	0,036	0,000	0,004	0,991	0,301	0,015	0,002	0,000	0,033	0,249	0,069	0,907
Ú	t	-2,28	-5,47	-5,43	-5,58	-3,85	-3,54	-3,98	-3,86	-3,24	-4,64	-2,82	-2,79	-0,36
	p	0,031	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,003	0,000	0,009	0,010	0,720
	t	-2,50	-3,86	-3,84	-3,58	-0,77	-4,17	-3,88	-2,18	-4,28	-1,85	-2,50	-2,54	-1,98
	p	0,019	0,001	0,001	0,001	0,447	0,000	0,001	0,038	0,000	0,075	0,019	0,017	0,059

Az [a] magánhangzónál 11/6 a szignifikánsan előnyös hatások aránya, szintén az 1. bemelegítés előnyét jelezve. A „t” értékeket figyelve a 2. bemelegítés két paraméterével szemben az 1. bemelegítés 11 esetben erősebb hatású.

Az [ó] magánhangzó esetén a szignifikánsan előnyös hatások aránya 12/7-ben jelzi az ellenállásos gyakorlatok fölényét. A „t” értékei 12 paraméternél magasabbak az 1. bemelegítésnek, míg a 2. bemelegítés erősebb hatását csak az F0-nál jelzi nagyobb „t” érték.

Előnytelen hatás is csak az áramlásos bemelegítés után jelentkezett az elkülönült felhangok számánál és az SNR 6-10 paramétereknél.

Az [ú] magánhangzónál is az 1. alkalom fölénye bizonyítható. Ez a bemelegítés csak a 6-10 KHz közti jel/zaj paraméternél nem éri el a szignifikánsan előnyös hatást, míg a 2. alkalom három paraméternél – H2, H7 és ugyanúgy a 6-10 KHz közti jel/zaj – nem szignifikáns. A két alkalom hatásának összevetésénél látható, hogy a 13 paraméter közül kilenc esetben az 1. alkalom, míg a 2. alkalom csak négy esetben hatásosabb – lásd „t” értékeit - mint a másik.

Összefoglalva: A nők alcsoportja még szintén jelentős létszámú – 27 fő – és a bemelegítések hatása itt is a paraméterek többségénél szignifikáns. Az 1. bemelegítés előnye itt még határozottabban jelentkezik, mint a teljes kísérleti csoportnál (lásd 148. táblázat).

Férfi alcsoport:

A következő táblázatban a férfi-alcsoportra kapott eredmények találhatóak. Itt már a statisztikailag jelentős (szignifikáns) hatások száma nagyon visszaesett, köszönhetően a kis – 9 fő - létszámnak. A férfi alcsoport további hangfajra-bontását már nem végeztük el, mert a kis létszám miatt – két tenor és 7 bariton, ill. basszus – statisztikailag értékelhetetlen eredményeket adnának. A férfiak alcsoportját is elemeztük külön. Az [í] magánhangzónál az 1. bemelegítés három paraméternél – átlag, F0, SNR 2-4 - eredményez szignifikáns hatást, míg a 2. alkalom csak két esetben (átlag, H7). Ha a „t” értékeit vetjük össze, akkor is az 1. alkalom kis fölénye látszik. Ennek hét paraméternél, míg a 2. alkalomnak csak hat paraméternél van erősebb hatása, mint a másik alkalomnak. Kiemelendő, hogy az ellenállásos bemelegítés a H7 felhangra ennél a magánhangzónál előnytelen hatású.

Az [e] magánhangzónál az 1. bemelegítési alkalom hatása 6 paraméternél előnyös szignifikánsan (átlag, H2, H3, H6, H7, SNR 0-6), míg a 2. alkalom csak két esetben (SNR 0-6, SNR 2-4). Az elkülönült felhangok számára a 2. alkalom hatása előnytelen, mivel a „t” értéke ennél a paraméternél pozitív. A „t” értékek összevetésénél 10/3 arány jelentkezett az 1. alkalom javára.

Az [ó] magánhangzónál kiegyenlített a helyzet. Mind az 1. és mind a 2. bemelegítés hatása 5-5db paraméternél előnyös szignifikánsan. Az 1. bemelegítés előnye a „t” értékek összevetésénél mutatható ki. 8 paraméternél magasabbak a „t” értékei az ellenállásos bemelegítés után, míg az áramlásos gyakorlatok után csak 5 esetben, mint a másik alkalomnál.

149. táblázat. Férfi alcsoport, 1. és 2. alkalom páros-t eredményei

Férfiak (9 fő)														
	szám	átl	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10	
Í	t	-1,84	-2,37	-2,65	-0,13	-1,85	-0,52	-0,36	-0,54	-0,04	0,08	-2,16	-2,32	-1,18
	p	0,102	0,045	0,029	0,900	0,102	0,618	0,731	0,602	0,969	0,941	0,063	0,049	0,271
	t	-1,29	-2,65	-0,31	-0,19	-1,59	-0,93	-2,12	-0,31	-0,95	-2,64	-1,51	-1,14	-1,14
	p	0,234	0,029	0,768	0,856	0,151	0,379	0,067	0,763	0,371	0,030	0,171	0,286	0,298
E	t	-1,50	-3,39	-1,31	-2,04	-4,01	-2,90	-2,23	-1,78	-3,29	-3,34	-2,93	-1,13	-2,02
	p	0,173	0,010	0,227	0,076	0,004	0,020	0,057	0,112	0,011	0,010	0,019	0,292	0,078
	t	0,00	-1,25	-1,46	-1,84	-1,89	-0,94	-1,16	-1,11	-2,27	-1,48	-6,28	-4,23	-0,09
	p	1,000	0,247	0,182	0,103	0,096	0,377	0,281	0,298	0,053	0,178	0,000	0,003	0,932
Ő	t	-2,16	-2,60	-1,36	-3,07	-1,59	-0,75	-2,54	-3,74	-1,34	-2,54	-1,34	-0,70	-1,00
	p	0,062	0,031	0,212	0,015	0,151	0,475	0,035	0,006	0,218	0,035	0,218	0,503	0,347
	t	-2,21	-0,30	-2,31	-2,38	-1,17	-1,99	-1,84	-3,31	-1,05	-2,02	-3,63	-2,40	-0,08
	p	0,058	0,775	0,050	0,045	0,277	0,081	0,103	0,011	0,326	0,078	0,007	0,043	0,935
Á	t	-1,30	-2,48	-2,40	-1,77	-3,35	-5,27	-1,54	-3,58	-2,45	-3,10	-1,40	-1,13	-0,70
	p	0,231	0,038	0,043	0,115	0,010	0,001	0,161	0,007	0,040	0,015	0,198	0,292	0,505
	t	-2,29	-0,53	-1,60	-1,84	-2,11	-1,65	-2,25	-2,40	-0,73	-1,32	-3,71	-3,21	-1,19
	p	0,052	0,610	0,149	0,103	0,068	0,137	0,055	0,043	0,486	0,223	0,006	0,012	0,267
A	t	-1,86	-1,98	-1,65	-1,86	-2,68	-1,85	-1,02	-0,63	0,079	-0,45	-1,68	-1,93	0,45
	p	0,100	0,084	0,137	0,100	0,028	0,102	0,338	0,549	0,939	0,665	0,131	0,089	0,665
	t	-2,74	-1,08	-1,97	-0,81	-1,79	-1,83	-0,47	-1,39	-1,29	-1,11	-2,44	-1,32	-0,56
	p	0,025	0,311	0,084	0,442	0,111	0,104	0,652	0,202	0,232	0,301	0,041	0,224	0,590
Ó	t	-2,14	-1,64	-2,78	-2,00	-1,51	-2,73	-1,65	-2,76	-1,28	-2,44	-0,03	0,66	-0,38
	p	0,065	0,139	0,024	0,081	0,169	0,026	0,138	0,025	0,236	0,040	0,979	0,528	0,717
	t	0,00	-1,36	-1,20	-2,67	-4,22	-1,95	-1,65	-1,76	-1,36	-1,37	-0,80	-0,17	-1,10
	p	1,000	0,212	0,266	0,028	0,003	0,087	0,138	0,116	0,211	0,208	0,449	0,871	0,302
Ú	t	-1,33	-0,87	-3,33	-3,09	-1,87	-1,81	-1,28	-1,59	-1,14	-2,19	-0,86	-0,08	-1,51
	p	0,221	0,410	0,010	0,015	0,098	0,107	0,237	0,150	0,289	0,060	0,417	0,942	0,170
	t	-1,33	0,23	-0,52	-1,84	-4,01	-2,27	-2,26	-1,47	-2,22	-1,38	-2,13	-1,49	-3,45
	p	0,219	0,821	0,617	0,104	0,004	0,053	0,054	0,180	0,057	0,204	0,066	0,175	0,009

Az [á] magánhangzó esetén mindkét bemelegítésnek több szignifikáns hatása van: az 1. alkalomnak hét (átlag, F0, H2, H3, H5, H6, H7), míg a 2. alkalomnak csak három (H5, SNR 0-6, SNR 2-4) paraméternél. A „t” értékek összehasonlításánál is az [í] magánhangzóhoz hasonló a helyzet, 7/6 paraméter aránnyal, az első alkalom javára.

Az [a] magánhangzónál fordított a helyzet. Az 1. alkalom szignifikánsan előnyös hatást csak a H2 felhangra fejt ki, míg a 2. alkalom az elkülönült felhangok számánál és az SNR 0-6 paramétereknél is. Az ellenállásos bemelegítés hatása két paraméter esetén – H6, SNR 6-10 – még előnytelen is. A „t” értékek összevetésénél 7/6 az arány, ezúttal az áramlásos bemelegítés javára.

Az [ó] magánhangzónál ismét egyértelmű az 1. alkalom előnye. Szignifikánsan előnyös hatásainak száma 4db (F0, H3, H5, H7), míg a 2. alkalom csak két paraméterre (H1, H2) hat szignifikánsan előnyösen. Mindkét bemelegítésnek van egy-egy előnytelen hatása is: az 1. alkalom az SNR 2-4, míg a 2. alkalom a „szám” paraméterre nem hat előnyösen. A „t” értékek összevetésénél kiegyenlített a helyzet. Mindkét bemelegítés 6-6 paraméterre hat előnyösebben, mint a másik, és a H4 paraméterre egyformán hatnak.

Az [ú] magánhangzó esetén bár mindkét bemelegítés nyomán két-két szignifikáns hatást találtunk – 1.-nél F0, H1, 2.-nál H2, SNR 6-10 – de a „t” értékek összevetésénél a 2. bemelegítés bizonyult eredményesebbnek. A 2. bemelegítés nyomán hét paraméternél (H1, H3, H4, H6, SNR 0-6, SNR 2-4, SNR 6-10) jelentkezett erősebb hatás, míg az 1. alkalomnál csak öt (átlag, F0, H2, H5, H7) esetben, mint a másik bemelegítés nyomán. Az elkülönült felhangok számánál a két bemelegítés hatása azonos volt. Kiemelendő még, hogy a 2. bemelegítésnek a hangnyomás átlagra előnytelen volt a hatása (lásd 149. táblázat).

Összefoglalva azt tapasztaltuk, hogy a kis létszámú férfi alcsoportnál az ellenállásos bemelegítés fölénye az áramlásossal összehasonlítva az [í, e, ő, á, ó] magánhangzókánál egyértelmű, míg az [a, ú] magánhangzók esetén az áramlásos fölényét tapasztaltuk.

Szopránok: a viszonylag nagy létszámú női alcsoportot hangfajokra bontva is elemeztük.

Az [í] magánhangzónál, 10 paraméternél szignifikáns az 1. bemelegítés hatása, míg a 2. bemelegítésé csak 7 paraméternél. A „t” értékeket vizsgálva 9/4 az arány az 1. bemelegítés javára.

Az [e] magánhangzónál az ellenállásos bemelegítés 4 paraméterre hatott szignifikánsan előnyösen (H2, H3, H4, H7), míg az áramlásos csak három esetben (H2, H4, SNR 0-6). Két paraméterre (szám, H5) a 2. alkalom előnytelen hatással volt. A „t” értékek összehasonlításánál kiegyenlített a helyzet. Arányuk 6/6, és egy esetben – hangnyomás átlag – értékük azonos a két bemelegítést összevetve.

150. táblázat. Szoprán alcsoport, 1. és 2. alkalom páros-t eredményei

Szopránok (14 fő)														
	szám	átl	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10	
Í	t	-2,92	-2,83	-2,48	-1,90	-4,07	-5,03	-2,64	-4,04	-3,76	-2,58	-2,13	-2,13	-2,87
	p	0,012	0,014	0,028	0,080	0,001	0,000	0,021	0,001	0,002	0,023	0,053	0,052	0,013
	t	-0,86	-3,39	-4,16	-1,08	-2,80	-2,09	-3,77	-2,41	-3,44	-2,97	-1,27	-1,62	-0,36
	p	0,406	0,005	0,001	0,300	0,015	0,057	0,002	0,031	0,004	0,011	0,227	0,130	0,727
E	t	-1,17	-1,87	-1,47	-1,59	-2,64	-3,66	-3,30	-1,59	-1,61	-2,43	-2,02	-1,68	-1,03
	p	0,265	0,084	0,166	0,135	0,020	0,003	0,006	0,135	0,131	0,030	0,064	0,116	0,321
	t	0,00	-1,87	-1,95	-1,80	-2,62	-1,57	-2,49	1,22	-1,71	-2,12	-2,28	-1,71	-1,53
	p	1,000	0,84	0,73	0,95	0,021	0,140	0,027	0,244	0,112	0,054	0,040	0,112	0,149
Ö	t	-1,28	-1,82	-2,44	-0,74	-2,78	-2,25	-2,36	-1,16	-1,12	-0,93	-1,37	-1,79	-1,06
	p	0,222	0,093	0,030	0,476	0,016	0,043	0,034	0,267	0,283	0,372	0,193	0,096	0,309
	t	-0,60	-0,18	-2,32	0,56	-0,00	-2,67	-2,63	-1,09	-2,57	-0,52	-2,33	-2,46	-1,32
	p	0,56	0,86	0,037	0,582	1,00	0,019	0,021	0,298	0,023	0,614	0,037	0,029	0,209
Á	t	-1,40	-1,53	-3,39	-3,69	-0,31	-0,13	-1,89	-4,87	-2,16	-0,97	-2,41	-2,99	-1,26
	p	0,186	0,151	0,005	0,003	0,760	0,898	0,081	0,000	0,050	0,349	0,032	0,011	0,231
	t	-0,71	-0,65	-0,97	-1,43	2,91	-0,30	-0,87	-1,04	-1,31	-1,65	-0,47	0,51	1,49
	p	0,489	0,530	0,351	0,177	0,012	0,767	0,401	0,319	0,213	0,123	0,647	0,622	0,159
A	t	-0,46	-1,34	-2,90	-3,06	-0,35	-0,87	-1,73	-4,88	-2,14	-1,28	-2,33	-3,13	-1,45
	p	0,653	0,204	0,012	0,009	0,729	0,401	0,108	0,000	0,052	0,224	0,036	0,008	0,172
	t	0,52	-0,65	-2,50	-3,10	2,22	-0,86	0,05	-1,00	-2,70	-2,29	-2,47	-1,56	-1,45
	p	0,612	0,530	0,027	0,008	0,045	0,404	0,959	0,337	0,018	0,039	0,028	0,144	0,170
Ó	t	-1,77	-2,70	-3,52	-1,92	-2,28	-1,01	-2,30	-2,72	-3,35	-3,01	-0,98	-0,62	-0,21
	p	0,101	0,018	0,004	0,077	0,040	0,332	0,039	0,017	0,005	0,010	0,347	0,545	0,838
	t	-0,90	-2,70	-3,80	-1,58	0,13	-1,46	-1,72	-2,40	-3,19	-1,78	-0,58	-0,99	-1,50
	p	0,383	0,018	0,002	0,138	0,897	0,168	0,110	0,032	0,007	0,098	0,572	0,339	0,157
Ú	t	0,06	-2,53	-4,89	-2,99	-3,05	-1,62	-2,14	-1,83	-1,59	-1,91	-0,05	-0,47	-0,64
	p	0,956	0,025	0,000	0,010	0,009	0,129	0,052	0,090	0,136	0,078	0,962	0,648	0,536
	t	-1,37	-4,01	-3,09	-0,88	-0,08	-4,00	-2,41	-1,43	-3,48	-0,89	-1,32	-0,99	-3,41
	p	0,195	0,001	0,009	0,394	0,936	0,002	0,032	0,177	0,004	0,391	0,210	0,342	0,005

Az [ö] magánhangzónál a szignifikáns hatások összevetésénél az áramlásos bemelegítés fölénye mutatkozott. Ennek hat paraméterre (F0, H3, H4, H6, SNR 0-6, SNR 2-4), míg az ellenállásos bemelegítésnek csak négyre (F0, H2, H3, H4) volt szignifikánsan előnyös hatása. A „t” értékek összevetésénél az 1. alkalom 7 esetben, míg a 2. alkalom 6 esetben hat erősebben a paraméterekre.

Az [á] magánhangzónál nyilvánvaló az 1. bemelegítés előnye. Ez hat paraméterre (F0, H1, H5, H6, SNR 0-6, SNR 2-4) is szignifikánsan, előnyösen hat, míg a 2. alkalom csak egy paraméterre (H2). A „t” értékeknél 11/2 az arány szintén az 1. bemelegítés javára. Az áramlásos (2.) bemelegítési alkalom hatása három esetben – H2, SNR 2-4, SNR 6-10 – még előnytelen is.

Az [a] magánhangzó esetén a szignifikánsan előnyös hatások aránya 6/5 az áramlásos (2. alkalom) bemelegítés javára. Ennek a bemelegítésnek (2.) azonban három paraméter esetében – szám, H2, H4 - előnytelen a hatása. A „t” értékek összevetésénél 8/4 az arány, de itt az ellenállásos bemelegítés javára. Egy esetben – SNR 6-10 – azonosak a két bemelegítés nyomán a „t” értékek.

Az [ó] magánhangzó esetén a szignifikánsan előnyös hatások aránya 7/4 az ellenállásos (1. alkalom) bemelegítés javára. Egy paraméter esetén – H2 – a 2. bemelegítési alkalom hatása előnytelen. A „t” értékeket összevetve az 1. bemelegítés hatása 8, míg a 2. bemelegítésé 4 esetben erősebb, és a hangnyomás átlag esetén teljesen azonos a két alkalom hatása.

Az [ú] magánhangzónál, míg az 1. alkalom szignifikánsan előnyös hatásainak száma négy (átlag, F0, H1, H2), addig a 2. alkalom hat paraméterre (átlag, F0, H3, H4, H6, SNR 6-10) is szignifikánsan előnyösen hat. A „t” értékeknél 5/8 az arány, szintén a 2. bemelegítés előnyét mutatva. Ráadásul az elkülönült felhangok számánál az ellenállásos - 1. alkalom - előnytelen hatású (lásd 150. táblázat).

Összefoglalva: a szoprán hangfaji alcsoportnál az 1. bemelegítés fölénye az [í, e, á, a, ó] magánhangzók esetén igazolódott, az [ő] esetén kiegyenlített volt, de az [ú] magánhangzó paramétereire a 2. bemelegítés hatott előnyösebben.

Mezzók: az [í] magánhangzónál a 13 vizsgált paraméterből 12-re szignifikánsan előnyösen hat az 1. bemelegítés. Csupán a 6-10 kHz közti frekvenciasáv jel/zaj arányára nem hat előnyösen. Ezzel ellentétben a 2. bemelegítés az [í] magánhangzónál csak az átlag paraméterre hat szignifikánsan előnyösen. A „t” értékek összevetésénél 12/1 az arány az 1. bemelegítés javára. Az áramlásos bemelegítés (2. alkalom) az elkülönült felhangok száma és az SNR 2-4 paraméterekre is előnytelenül hat.

Az [e] magánhangzó esetén 11/1 a szignifikánsan előnyös hatások száma az ellenállásos bemelegítés döntő fölényét jelezve. A „t” értékeket vizsgálva minden paraméter esetén erősebb az 1. bemelegítés, sőt a 2. bemelegítés négy paraméterre – szám, átlag, H4, SNR 6-10 – előnytelenül hat.

151. táblázat. Mezzo alcsoport, 1. és 2. alkalom páros-t eredményei

Mezzok (13 fő)														
	szám	átl	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10	
Í	t	-3,54	-3,07	-3,64	-2,46	-2,44	-3,31	-3,20	-2,76	-4,80	-4,10	-2,98	-3,75	0,08
	p	0,004	0,010	0,003	0,030	0,031	0,006	0,008	0,017	0,000	0,001	0,011	0,003	0,936
	t	0,79	-2,45	-1,15	-1,17	-1,65	-1,52	-0,57	-2,07	-1,13	-2,14	0,68	-1,61	-0,58
	p	0,443	0,031	0,275	0,264	0,125	0,156	0,579	0,061	0,282	0,053	0,511	0,134	0,573
E	t	-3,37	-3,69	-3,90	-3,57	-2,88	-2,48	-2,25	-2,59	-2,43	-6,40	-1,83	-3,42	-0,36
	p	0,006	0,003	0,002	0,004	0,014	0,029	0,044	0,024	0,032	0,000	0,093	0,005	0,725
	t	0,66	0,39	-0,60	-1,34	-1,04	-1,38	0,74	-0,36	-0,87	-2,17	-1,00	-1,57	0,85
	p	0,519	0,700	0,563	0,206	0,318	0,193	0,475	0,728	0,400	0,050	0,337	0,143	0,410
Ö	t	-3,44	-3,03	-4,30	-2,46	-2,97	-4,34	-2,36	-2,80	-1,97	-4,56	-1,50	-1,19	-1,75
	p	0,005	0,010	0,001	0,030	0,012	0,001	0,036	0,016	0,072	0,001	0,161	0,258	0,106
	t	-0,20	0,15	-2,06	-1,23	-1,14	-3,54	-1,81	-1,94	-1,46	-2,61	-2,00	-1,96	-0,68
	p	0,848	0,887	0,061	0,242	0,276	0,004	0,096	0,076	0,169	0,023	0,069	0,074	0,508
Á	t	-0,91	-3,60	-4,89	-3,79	-3,25	-3,32	-3,54	-4,23	-4,08	-7,14	-2,09	-2,18	-1,91
	p	0,379	0,004	0,000	0,003	0,007	0,006	0,004	0,001	0,002	0,000	0,059	0,050	0,080
	t	0,70	0,03	-1,11	-2,80	-1,34	-1,00	0,49	-2,82	-0,85	-0,57	-2,37	-2,89	-0,24
	p	0,497	0,980	0,289	0,016	0,205	0,338	0,632	0,015	0,411	0,582	0,035	0,014	0,813
A	t	-5,49	-4,86	-6,05	-4,96	-1,83	-3,39	-2,28	-3,45	-3,05	-5,10	-1,72	-1,42	0,28
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,092	0,005	0,042	0,005	0,010	0,000	0,111	0,182	0,785
	t	-2,24	-0,88	-1,63	-2,14	-1,11	-1,90	-2,43	-2,01	-1,28	-0,82	-4,40	-2,20	-0,31
	p	0,045	0,397	0,130	0,054	0,289	0,082	0,032	0,067	0,226	0,430	0,001	0,048	0,764
Ó	t	-2,66	-6,15	-2,79	-4,23	-1,80	-2,42	-2,51	-3,63	-4,79	-4,62	-3,48	-3,28	-0,56
	p	0,021	0,000	0,016	0,001	0,096	0,033	0,027	0,003	0,000	0,001	0,005	0,007	0,583
	t	1,41	-1,02	-2,89	-2,80	-0,08	-0,50	-1,89	-2,66	-2,93	-1,36	-1,01	-1,61	1,28
	p	0,185	0,325	0,014	0,016	0,939	0,958	0,083	0,021	0,013	0,198	0,331	0,134	0,224
Ú	t	-3,68	-6,50	-3,49	-5,22	-2,38	-4,64	-3,83	-3,76	-2,97	-6,26	-4,07	-3,36	0,25
	p	0,003	0,000	0,004	0,000	0,035	0,001	0,002	0,003	0,012	0,000	0,002	0,006	0,804
	t	-2,20	-2,23	-2,56	-4,89	-0,85	-2,15	-3,01	-1,67	-2,62	-1,71	-2,18	-2,52	-0,40
	p	0,048	0,045	0,025	0,000	0,412	0,053	0,011	0,121	0,023	0,114	0,050	0,027	0,694

Az [ö] magánhangzó esetén szintén az 1. bemelegítés döntő fölénye igazolódott. A szignifikánsan előnyös hatások aránya 9/2 az ellenállásos bemelegítés javára. A „t” értékeknél, 11 paraméternél az 1. alkalom, míg a 2. alkalom csak 2 paraméter esetén mutatott erősebb, előnyös hatást. A hangnyomás átlag esetén az áramlásos bemelegítés hatása előnytelennek is bizonyult.

Az [á] magánhangzónál az 1. bemelegítés 10 paraméterre hat szignifikánsan előnyösen, míg a 2. bemelegítés csak 4 paraméterre. Ennél a magánhangzónál a „t” értékek aránya 11/2, ugyancsak az 1. bemelegítés javára. A 2. bemelegítés három paraméter esetén – szám, átlag, H4 – még előnytelenül is hatott.

Az [a] magánhangzó esetén a szignifikánsan előnyös hatások száma 9/4 az 1. bemelegítés előnyét jelezve. A „t” értékek összevetése is 9/4 arányt mutat, ugyancsak az ellenállásos bemelegítés javára. Megjegyzendő azonban, hogy egyetlen előnytelen hatása is az 1. bemelegítésnek van az SNR 6-10 paraméterre.

Az [ó] magánhangzónál szintén az ellenállásos bemelegítés döntő fölényét tapasztaltuk. A szignifikánsan előnyös hatások aránya 11/4 az 1. alkalom javára. A „t” értékek összevetésénél 12/1 az ellenállásos bemelegítés előnye. Az áramlásos bemelegítés 2 paraméter esetén – szám, SNR 6-10 – előnytelen hatást is mutatott.

Az 1. bemelegítés előnye az [ú] magánhangzó esetén is igazolódott, de itt a legkisebb fölényel. A szignifikánsan előnyös hatások száma az 1. bemelegítésnél, 12 paraméternél, míg a 2. bemelegítésnél, 8 paraméternél teljesült. A „t” értékeket összevetve 12/1 az 1. bemelegítés döntő fölénye. Az áramlásos bemelegítés hatása csak a SNR 6-10 paraméternél jobb, ahol az ellenállásos bemelegítés hatása előnytelen (lásd 151. táblázat).

Összefoglalva: a mezzo hangfaji alcsoportnál minden magánhangzó esetén az 1. bemelegítés előnye igazolódott. A mély magánhangzóknál [a, ó, ú] kisebb a fölény, mint magasaknál.

Összefoglalva a páros-t elemzés eredményeit, minden csoportnál, minden magánhangzónál egyértelműen igazolódott az „ellenállást fokozó”, 1. bemelegítés előnye. Egyetlen kivételt találtunk a kis létszámú férfi alcsoportnál az [ú] magánhangzó, ahol az áramlásos bemelegítés mutatkozott előnyösebbnek. Ennek a kivételnek a statisztikai jelentősége, azonban a kis létszám miatt óvatosan értelmezendő. Az [ú] magánhangzó ajakkerekítéses, felső – hátsó nyelvállású, mély magánhangzó. Nem következtethetünk a kis létszám statisztikai korlátain túl arra sem, hogy az áramlásos bemelegítés a mély, vagy zárt (magas nyelvállású) magánhangzókra előnyösebb, mert az [ó, a] és a [í] magánhangzókra az ellenállásos bemelegítés hatott előnyösebben. Még egy általános következtetés vonható le az eredményekből, hogy a mély magánhangzóknál a két bemelegítés hatása közti különbség kisebb, mint a magas és a legnyitottabb, legtelítettebb [á] magánhangzó esetén.

Elemzéseinket további statisztikai módszerekre is kiterjesztettük. Elsőként a „páros-t” próbánál összevetett – szignifikáns kapcsolatok száma és erőssége – következtetéseinket céloztuk Cohen-d próbával igazolni. Ennél a teljes csoportra – 36 fő – korlátoztuk elemzésünket, magánhangzónként és bemelegítési alkalmanként táblázatban összefoglalva az átlag és szórás és a számított Cohen-d értékeket, mind a 13 db paraméterre. Az alkalmazott képlet: $(\text{Cohen-d}=[\text{átlag}] / \text{szórás}) \times \text{gyök } 2$). Az átlag értékeit előjel nélkül, abszolút értékükön közöljük, mivel a képletben is így kezelendők. A Cohen-d határértékei: 0,2 fölött kicsi, 0,5 fölött közepes és 0,8 fölött nagy hatást jeleznek. A táblázatokban használt jelölések: átl.- átlag, szór.- szórás, d- cohen-d. A magánhangzók meletti szám a bemelegítési alkalomra utal.

152. táblázat. [i], teljes csoport, 1./2. alkalom, cohen-d

		szám.	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10
Í1	átl.	4,47	3,14	3,39	2,36	5,02	5,71	5,32	5,32	6,83	7,23	1,23	1,67	0,76
	szór.	5,78	4,22	4,02	4,89	7,41	7,05	8,38	7,93	8,50	11,90	1,75	2,12	2,11
	d	1,09	1,05	1,19	0,68	0,96	1,15	0,90	0,95	1,14	0,86	0,99	1,11	0,51
Í2	átl.	0,61	2,21	1,74	1,30	3,82	3,66	4,69	4,08	4,31	5,51	0,36	0,86	0,39
	szór.	5,89	2,67	4,15	5,42	7,13	8,01	8,68	8,52	8,09	7,54	7,00	2,15	2,33
	d	0,15	1,17	0,59	0,34	0,76	0,65	0,76	0,68	0,75	1,03	0,07	0,57	0,24

Az [i] magánhangzónál azt tapasztaltuk, hogy az ellenállásos (1.) bemelegítés hatásáról a H1 és az SNR 6-10 (signal+noise ratio a 6 és 10 kHz között) paramétert kivéve, minden paraméternél a cohen-d értéke nagy hatást jelez. Az áramlásos (2.) bemelegítés hatása viszont csak a hangnyomás átlagnál és a H7 paraméternél nagy, az elkülönült felhangok számánál és az SNR 0-6 paraméternél még a kicsi hatást sem éri el. A H1 és az SNR 6-10 változónál kicsi, a további 7 változónál közepes hatású (lásd 152. táblázat).

153. táblázat. [e], teljes csoport, 1./2. alkalom, cohen-d

		szám	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10
E1	átl.	2,64	2,72	2,40	3,03	4,34	4,73	4,43	4,45	4,38	7,54	0,62	0,74	0,63
	szór.	4,75	3,25	3,72	4,61	5,31	5,85	5,80	7,97	7,00	7,54	1,03	1,32	2,01
	d	0,79	1,18	0,91	0,93	1,16	1,14	1,08	0,79	0,89	1,41	0,85	0,79	0,44
E2	átl.	0,53	0,95	0,91	2,14	2,64	2,28	1,44	0,35	2,98	4,13	0,78	0,90	0,08
	szór.	5,57	3,59	2,48	4,51	5,20	5,94	7,07	5,71	6,67	7,20	1,26	1,56	2,42
	d	0,14	0,37	0,52	0,67	0,72	0,54	0,29	0,09	0,63	0,81	0,88	0,82	0,05

Az [e] magánhangzó esetén az 1. bemelegítés hatása 9 paraméternél nagy, három változónál közepes és egynél – SNR 6-10 – kicsi. A 2. bemelegítés hatása viszont, csak három

paraméternél nagy – H7, SNR 0-6, SNR 2-4. Ötnél közepes, kettőnél kicsi és kettőnél jelentéktelen a cohen-d értékeket figyelve (lásd 153. táblázat).

154. táblázat. [ő], teljes csoport, 1./2. alkalom, cohen-d

		szám	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10
Ö ₁	átl.	2,75	2,44	2,66	2,31	3,86	4,49	4,52	4,81	3,86	5,73	0,58	0,67	0,64
	szór.	4,16	3,38	3,43	4,49	5,29	6,54	7,10	7,82	9,20	9,31	1,40	1,86	1,88
	d	0,94	1,02	1,10	0,73	1,03	0,97	0,90	0,87	0,59	0,87	0,59	0,52	0,48
Ö ₂	átl.	1,67	0,11	1,77	1,24	1,61	4,36	3,53	3,68	4,25	3,82	0,98	1,23	0,34
	szór.	5,73	3,50	2,77	4,51	6,87	5,36	6,12	6,69	8,25	8,90	1,34	2,03	1,99
	d	0,41	0,04	0,90	0,39	0,33	1,15	0,82	0,78	0,73	0,61	1,03	0,86	0,24

Az [ő] magánhangzónál az 1. bemelegítés nyolc paraméter esetén nagy hatású, négyenél közepes és csak egy esetben – SNR 6-10 – kicsi hatású. Az áramlásos bemelegítés viszont csak öt változónál nagy hatású, három esetben közepes, négy paraméternél kicsi és a hangnyomás átlag esetén hatása már jelentéktelen (lásd 154. táblázat).

155. táblázat. [á], teljes csoport, 1./2. alkalom, cohen-d

		szám.	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10
Á ₁	átl.	1,47	2,26	2,69	4,10	3,11	3,21	3,35	7,01	7,34	6,45	0,75	1,05	0,65
	szór.	4,29	3,09	2,60	4,53	5,95	5,46	5,43	5,79	9,19	8,42	1,45	2,17	1,92
	d	0,49	1,03	1,46	1,28	0,74	0,83	0,87	1,71	1,13	1,08	0,73	0,68	0,48
Á ₂	átl.	1,17	,45	0,99	2,27	0,23	0,48	1,63	3,34	2,09	3,07	0,71	0,82	0,09
	szór.	5,83	4,47	2,91	4,01	5,07	4,44	6,90	5,66	7,38	9,42	1,43	1,74	1,97
	d	0,28	0,14	0,48	0,80	0,06	0,15	0,33	0,83	0,40	0,46	0,70	0,67	0,07

Az [á] magánhangzó esetén szintén kimutatható az ellenállásos (1.) bemelegítés előnye. Nyolc változónál nagy a hatása, háromnál közepes és csak kettőnél – elkülönült felhangok száma, SNR 6-10 – kicsi. A 2. bemelegítés hatása viszont csak két felhang – H1, H5 – esetén nagy. A két SNR változónál – 0-6, 2-4 – közepes csupán, és további öt változónál kicsi. Kiemelendő, hogy négy paraméternél – hangnyomás átlag, H2, H3, SNR 6-10 – jelentéktelen (lásd 155. táblázat).

Az [a] magánhangzónál az 1. bemelegítés hatása nyolc változónál nagy, míg a 2. bemelegítés csak két – F0, SNR 0-6 – paraméternél nagy hatású. A közepes hatások száma az ellenállásos (1.) gyakorlatok nyomán négy, és csak egy jelentéktelen hatás van az SNR 6-10 változónál. Az áramlásos (2.) gyakorlatok viszont hat esetben hatnak csupán közepesen és öt esetben csupán kicsi a hatásuk. A 2. bemelegítésnek viszont jelentéktelen hatása egyik paraméternél sem jelentkezett (lásd 156. táblázat).

156. táblázat. [a], teljes csoport, 1./2. alkalom, cohen-d

		szám	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10
A1	átl.	2,39	2,50	2,49	4,14	2,51	3,55	2,89	6,36	4,47	5,06	1,11	1,02	0,07
	szór.	3,76	3,47	2,62	4,46	6,01	6,33	5,91	7,46	8,18	8,43	1,95	1,62	1,91
	d	0,90	1,02	1,34	1,31	0,59	0,79	0,69	1,21	0,77	0,85	0,81	0,89	0,05
A2	átl.	1,92	0,95	1,82	2,31	1,26	3,09	1,64	2,74	3,68	2,73	0,88	0,76	0,39
	szór.	4,67	3,64	3,02	4,12	6,29	7,22	6,64	6,32	7,44	8,19	1,11	1,68	1,82
	d	0,58	0,37	0,85	0,79	0,28	0,61	0,35	0,61	0,70	0,47	1,12	0,64	0,30

157. táblázat. [ó], teljes csoport, 1./2. alkalom, cohen-d

		szám	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10
Ó1	átl.	2,14	3,12	2,48	3,33	3,28	4,22	3,58	5,73	6,95	7,94	0,79	0,70	0,23
	szór.	3,41	3,36	3,15	4,26	6,17	7,23	5,58	6,94	7,65	8,73	1,77	2,10	2,03
	d	0,89	1,31	1,13	1,11	0,75	0,83	0,91	1,17	1,29	1,29	0,63	0,47	0,16
Ó2	átl.	0,31	1,61	2,55	3,24	1,32	1,81	3,05	4,17	5,51	3,66	0,38	0,55	0,21
	szór.	5,75	3,68	3,32	4,76	6,38	6,26	5,90	6,29	7,37	8,43	1,61	1,87	2,53
	d	0,08	0,62	1,09	0,96	0,29	0,41	0,73	0,94	1,06	0,61	0,33	0,42	0,12

Az [ó] magánhangzónál az 1. bemelegítés kilenc nagy hatásával szemben a 2. bemelegítésnek csak négy paraméterre – F0, H1, H5, H6 - van nagy hatása. Az ellenállásos gyakorlatoknak még van két közepes, egy kicsi és egy jelentéktelen hatása. Az áramlásos gyakorlatoknak viszont három közepes hatásuk mellett, négy kicsi és két jelentéktelen hatásuk – elkülönült felhangok száma, SNR 6-10 - van még. Kiemelendő az 1. bemelegítés egyenletesen hatásos volta a felhangokra (157. táblázat).

158. táblázat. [ú], teljes csoport, 1./2. alkalom, cohen-d

		szám	átlag	F0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	0-6	2-4	6-10
Ú1	átl.	2,50	2,96	3,95	5,26	4,44	5,24	5,75	6,81	5,31	9,53	0,90	0,90	0,34
	szór.	5,62	3,67	3,91	4,93	6,17	7,91	8,40	9,77	9,31	11,31	1,86	2,14	1,78
	d	0,63	1,14	1,43	1,51	1,02	0,94	0,97	0,99	0,81	1,19	0,68	0,60	0,27
Ú2	átl.	2,14	1,52	2,61	3,00	2,03	4,68	4,69	3,69	5,14	3,49	0,85	0,99	1,33
	szór.	4,81	3,75	4,33	4,43	6,81	5,87	6,21	8,66	6,44	9,57	1,60	2,00	2,43
	d	0,63	0,57	0,85	0,96	0,42	1,13	1,07	0,60	1,13	0,52	0,75	0,70	0,77

Az [ú] magánhangzónál az 1. bemelegítés kilenc paraméternél nagy hatású, míg a 2. gyakorlatsor csak öt esetben. Az ellenállásos bemelegítésnek ezen kívül három közepes és egy kicsi hatása van. Az áramlásos gyakorlatoknak a fennmaradó nyolc változóból hétnél

közepes a hatása és egy esetben – H2 – kicsi. Ennél a magánhangzónál megállapítható, hogy az áramlásos (2.) bemelegítés hatása az SNR (signa+noise ratio) változókra egyenletesebb, mint az ellenállásosnak (1.).

Összefoglalva: a Cohen-d számítások megerősítették a páros-t elemzésnél igazolódottakat. Az (1.), ellenállásos bemelegítés minden magánhangzónál erősebben és egyenletesebben hat a hangkép első aktív szakaszát leíró, általunk részletesen elemzett paraméterekre, mint a (2.), áramlásos gyakorlatok. Mind a felvételek hangnyomása, az elkülönült felhangok száma, valamint a részhangok egyenkénti hangnyomása jelentősebben javult az 1. bemelegítés nyomán. A két bemelegítés hatása kiegyenlítettebb az SNR (signal-to-noise ratio) változóknál. A részletesen vizsgált hangképi aktív, első szakaszon túli, 6 és 10 kHz közti sávban az [a] és az [ú] magánhangzónál az áramlásos (2.) bemelegítés bizonyult hatásosabbnak. Ez azonban a hallható hangminőség szempontjából jóval kisebb jelentőségű, mint a hangkép 0-6 kHz közötti szakasza, mivel az emberi fül 2-4 kHz között a legérzékenyebb.

Az adatok elemzése során próbálkoztunk „lineáris regresszió analízis” –el is.

159. táblázat. [i], teljes csoport, 1./2. alkalom, regresszió

Lineáris regresszió						
[i] magánhangzó						
függő	függetlenek	változók	első bemelegítés		második bemelegítés	
			előtt	után	előtt	után
hangnyomás átlag	Fo+ felhangok	R ²	0,525	0,373	0,493	0,412
		F	3,73	2,008	3,285	2,361
		p	0,005	0,084	0,010	0,045
hangnyomás átlag	SNR 0/2/4/6/10	R ²	0,162	0,279	0,126	0,065
		F	2,06	4,126	1,55	0,741
		p	0,125	0,014	0,224	0,536
hangnyomás átlag	összes többi változó	R ²	0,666	0,593	0,593	0,495
		F	3,815	2,788	2,789	1,880
		p	0,003	0,017	0,017	0,093
hangnyomás átlag	elkülönült felhangok száma	R ²	0,000	0,007	0,005	0,009
		F	0,000	0,242	0,169	0,321
		p	0,983	0,626	0,683	0,575
elkülönült felhangok száma	SNR 0/2/4/6/10	R ²	0,330	0,379	0,286	0,406
		F	5,245	6,519	4,286	7,304
		p	0,005	0,001	0,012	0,001
elkülönült felhangok száma	Fo+ felhangok	R ²	0,349	0,314	0,377	0,367
		F	1,810	1,545	2,041	1,955
		p	0,119	0,188	0,079	0,092
elkülönült felhangok száma	összes többi változó	R ²	0,615	0,551	0,570	0,711
		F	3,058	2,348	2,539	4,718
		p	0,010	0,036	0,026	0,001

Ebben az esetben a vizsgált változókból egy-egy függő változónak hol a hangfelvételek hangnyomás átlagát (átlag), hol az elkülönült felhangok számát (szám) választottuk és a fennmaradó változókból válogattuk a függetleneket. A két függő változó összefoglaló jellegű, a teljes hangképre vonatkoznak. A függő változók kiválasztásának helyességét igazolta az is, amikor e két változó regresszióját számítottuk. Minden magánhangzónál, ezeknél a legalacsonyabbak a megmagyarázott variancia – R^2 – értékei. Különösen feltűnő ez az [í, ő, ú] magánhangzó esetén. Minden magánhangzóra elvégeztük az elemzéseket, a teljes csoportra. Az R^2 , az F és annak szignifikanciáját (p) figyeltük. Példaként az [í, á, ú] magánhangzók vizsgálatát közöljük az alábbi táblázatokban. Ezen elemzéshez felhasználtuk *Csapó Benő* által szerkesztett: Az iskolai tudás című kötet tapasztalatait (*Csapó, 1998*).

Az [í] magánhangzónál megállapítható, hogy a hangnyomás átlag értékéből a független változók az első bemelegítés hatására magasabb megmagyarázott variancia értéket mutatnak, míg az elkülönült felhangok számánál, mint függő változónál a második bemelegítés hatására nő jobban a megmagyarázott variancia értéke (lásd 159. táblázat).

160. táblázat. [á], teljes csoport, 1./2. alkalom, regresszió

Lineáris regresszió						
[Á] magánhangzó						
függő	függetlenek	változók	ellenállásos bemelegítés		áramlásos bemelegítés	
			előtt	után	előtt	után
hangnyomás átlag	F0+ felhangok	R^2	0,716	0,620	0,666	0,715
		F	8,517	5,502	6,734	8,474
		p	0,000	0,000	0,000	0,000
hangnyomás átlag	SNR 0/2/4/6/10	R^2	0,125	0,266	0,319	0,278
		F	1,520	3,857	4,986	4,105
		p	0,228	0,018	0,006	0,014
hangnyomás átlag	összes többi változó	R^2	0,789	0,816	0,766	0,795
		F	7,180	8,486	6,287	7,435
		p	0,000	0,000	0,000	0,000
hangnyomás átlag	elkülönült felhangok száma	R^2	0,364	0,142	0,124	0,170
		F	19,469	5,614	4,844	6,954
		p	0,000	0,024	0,035	0,013
elkülönült felhangok száma	SNR 0/2/4/6/10	R^2	0,332	0,417	0,424	0,449
		F	5,310	7,635	7,867	8,705
		p	0,004	0,001	0,000	0,000
elkülönült felhangok száma	F0+ felhangok	R^2	0,665	0,586	0,569	0,645
		F	6,688	4,769	4,450	6,125
		p	0,000	0,001	0,002	0,000
elkülönült felhangok száma	összes többi változó	R^2	0,706	0,684	0,706	0,755
		F	4,602	4,140	4,600	5,892
		p	0,001	0,002	0,001	0,000

Az [á] magánhangzónál a hangnyomás átlagra mindkét bemelegítésnél vegyes a kép. Az R^2 értéke, hol nő, hol csökken. Az elkülönült felhangok számánál a második bemelegítés mutat egyértelmű tendenciát, mindhárom esetben növekvő R^2 értékeket (lásd 160. táblázat).

161. táblázat. [ú], teljes csoport, 1./2. alkalom, regresszió

Lineáris regresszió						
[Ú] magánhangzó						
függő	függetlenek	változók	első bemelegítés		második bemelegítés	
			előtt	után	előtt	után
hangnyomás átlag	Fo+ felhangok	R^2	,711	,735	,694	,762
		F	8,290	9,350	7,657	10,792
		p	,000	,000	,000	,000
hangnyomás átlag	SNR 0/2/4/6/10	R^2	,337	,170	,315	,198
		F	5,423	2,178	4,905	2,633
		p	,004	,110	,006	,067
hangnyomás átlag	összes többi változó	R^2	,748	,766	,720	,815
		F	5,684	6,271	4,936	8,443
		p	,000	,000	,001	,000
hangnyomás átlag	elkülönült felhangok száma	R^2	,218	,056	,129	,060
		F	9,458	1,998	5,017	2,159
		p	,004	,167	,032	,151
elkülönült felhangok száma	SNR 0/2/4/6/10	R^2	,532	,508	,455	,409
		F	12,103	11,035	8,907	7,392
		p	,000	,000	,000	,001
elkülönült felhangok száma	Fo+ felhangok	R^2	,469	,524	,503	,582
		F	2,983	3,720	3,414	4,691
		p	,016	,005	,008	,001
elkülönült felhangok száma	összes többi változó	R^2	,652	,694	,667	,708
		F	3,593	4,354	3,843	4,656
		p	,004	,001	,003	,001

Az [ú] magánhangzónál a két bemelegítés hatása feltűnően párhuzamos, szimmetrikus. Mindegyik paraméter-párosításnál azonos előjellel hatnak az R^2 értékére. A (hangnyomás SNR), a (hangnyomás – elkülönült felhangok száma) és a (elkülönült felhangok száma - SNR) párosításnál mindkét bemelegítés hatására csökken a megmagyarázott variancia értéke, míg a többi párosításnál mindkét gyakorlatsor nyomán nő (161. táblázat).

Összefoglalóan nem tudtunk minden magánhangzóra érvényes, általános tendenciát megállapítani a regresszió analízis elemzéséből. Összevetve a két bemelegítés hatásait az R^2 értékeire a különböző paraméter-párosításoknál és magánhangzónál, az alábbi táblázatot kapjuk.

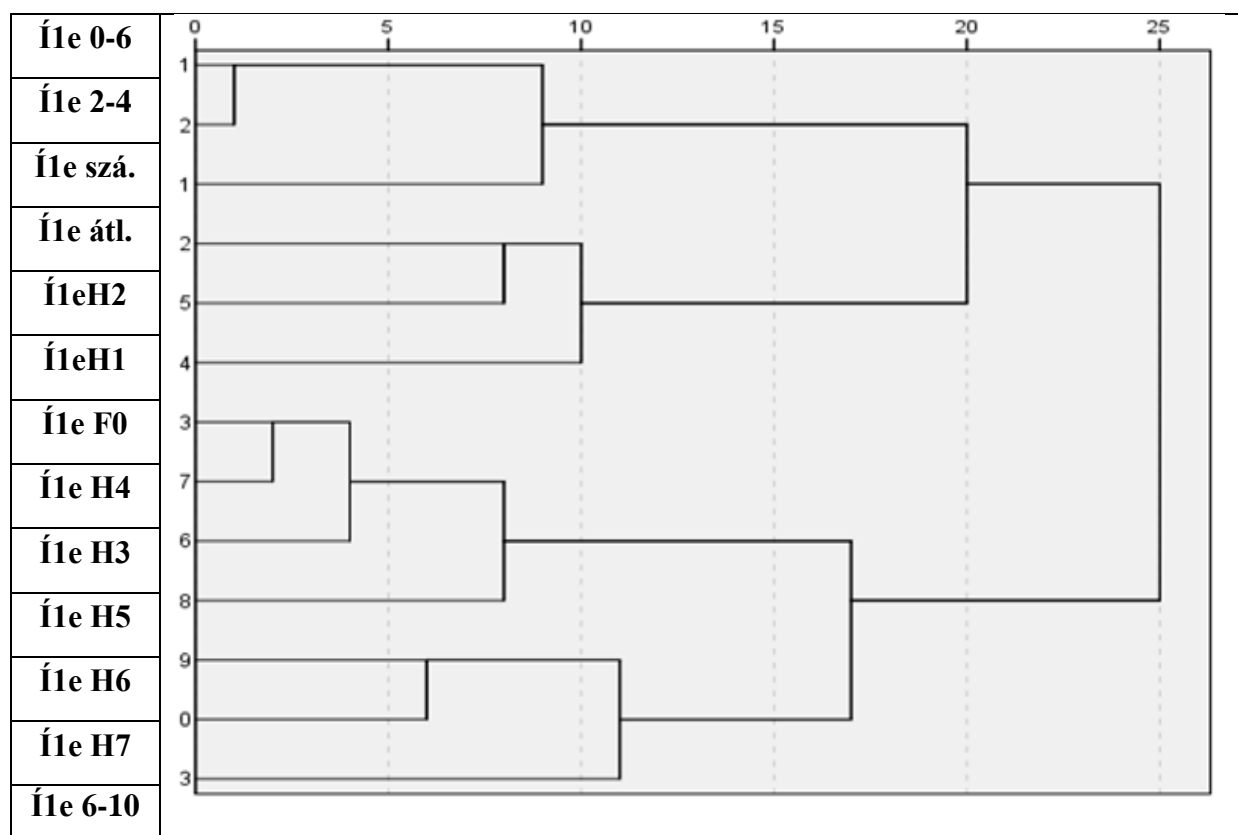
162. táblázat. Bemelegítések hatása az R^2 -re. Összesítő

magánhangzó	ellenállásos bemelegítés		áramlásos bemelegítés	
	R^2 növelő párosítások száma	R^2 csökkentő	R^2 növelő párosítások száma	R^2 csökkentő párosítások száma
[í]	3	4	3	4
[e]	3	4	4	3
[ó]	3	4	6	1
[á]	3	4	6	1
[a]	3	4	5	2
[ó]	4	3	6	1
[ú]	4	3	4	3
összesen:	24	26	34	15

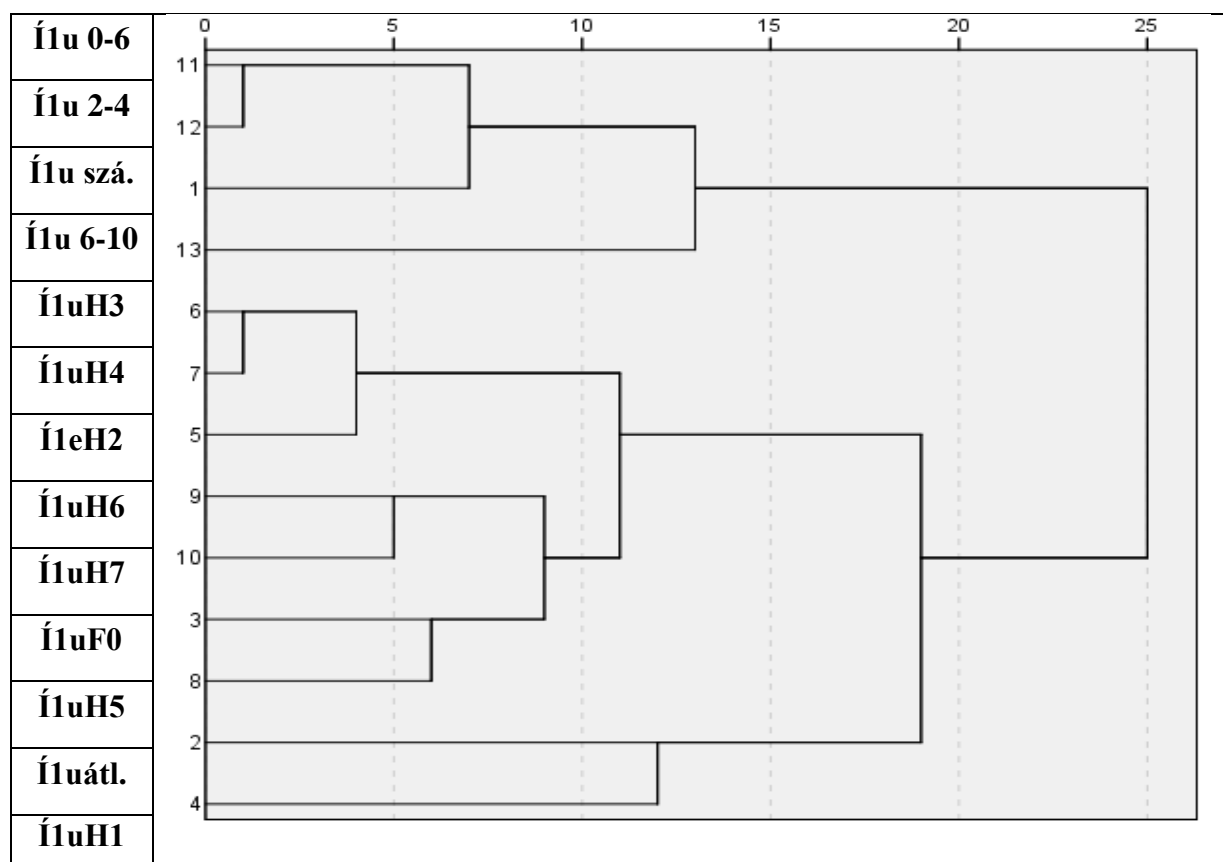
A 162. táblázatból kiderül, hogy a 2. bemelegítés hatására az elemzett változók által megmagyarázott variancia erőteljesebben növekedett, mint az 1. bemelegítésnél. Ez azt jelzi, hogy a páros-t és a cohen-d vizsgálatokkal ezek az elemzések nincsenek összhangban. További kutatások kellene ezen ellentmondás feloldására, tisztázására.

Az eredmények további vizsgálatánál klaszter-elemzést is elvégeztük. A vizsgált változók belső összefüggéseire összpontosítottunk, és figyeltük a kapcsolatok együtthatóinak alakulását is. Magánhangzónként táblázatba foglaltuk az együtthatók szélső értékeit, és a 36 fős mintánál megállapított együttható küszöbértékét – 0,320 - el nem érő kapcsolatok számát. Példaként az [í, á, ú] magánhangzó dendrogramjait mutatjuk be. Jelölések: az „1” az ellenállásos bemelegítést (1. alkalom), a „2” az áramlásos bemelegítést (2. alkalom) mutatja. Az „e” a bemelegítés előtti, az „u” a bemelegítés utáni állapotra utal. A paraméterek rövidítései az eddig alkalmazottakkal azonosak (szá.= elkülönült felhangok száma, átl.= a hangintenzitással arányos jelátlag, 0-6, 2-4, 6-10 az SNR változóra vizsgált frekvencia sávok).

[í] magánhangzó:



68/a. ábra [i], 1. alkalom, bemelegítés előtt, 1. dendrogram



68/b. ábra

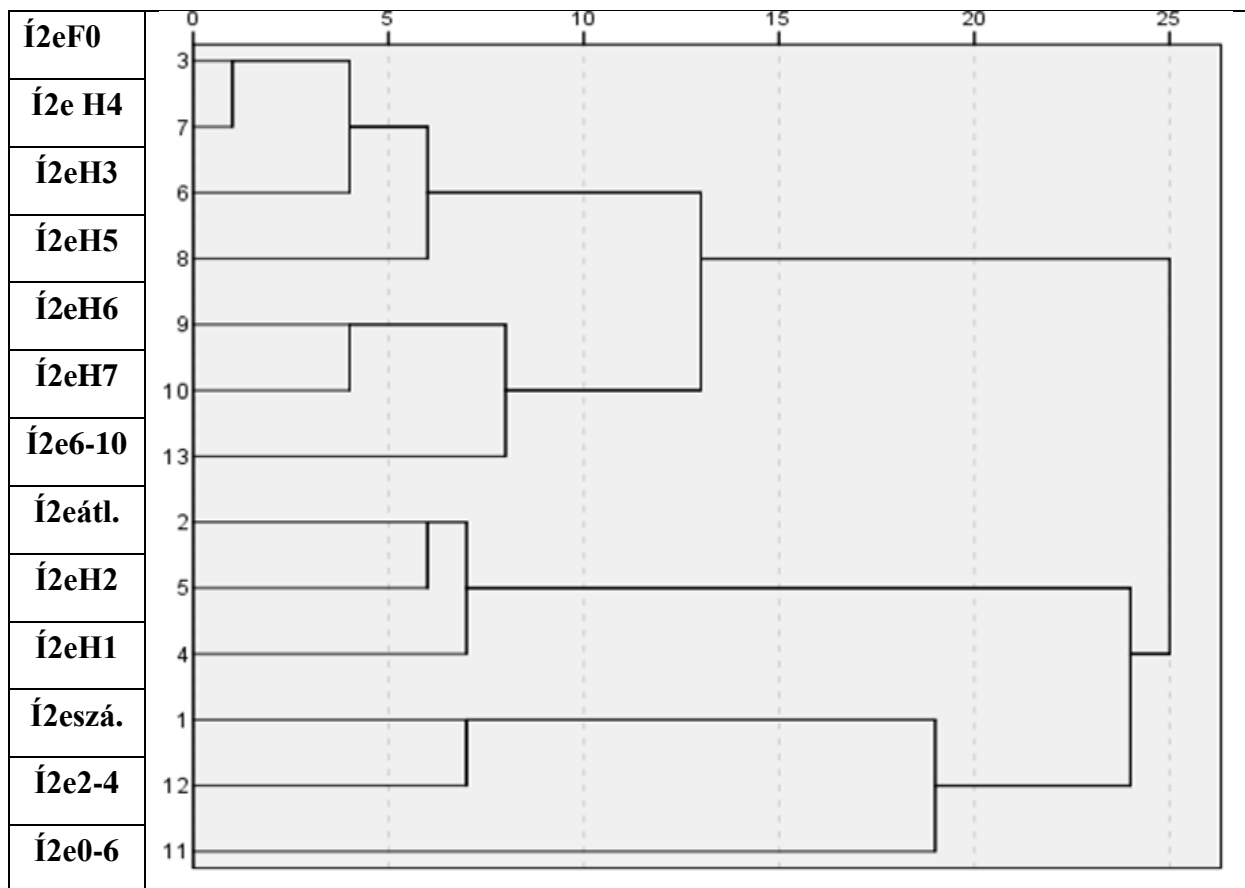
[i], 1. alkalom, bemelegítés után, 2. dendrogram

163. táblázat. [i], 1. alkalom, bemelegítés előtt és után

magánhangzó	alkalom	mérés időpontja	együttható értékei		együttható küszöbértékénél gyengébb kapcsolatok száma
			maximum	minimum	
Í	1.	előtt	0,953	-0,280	3 db
		után	0,949	-0,520	4 db

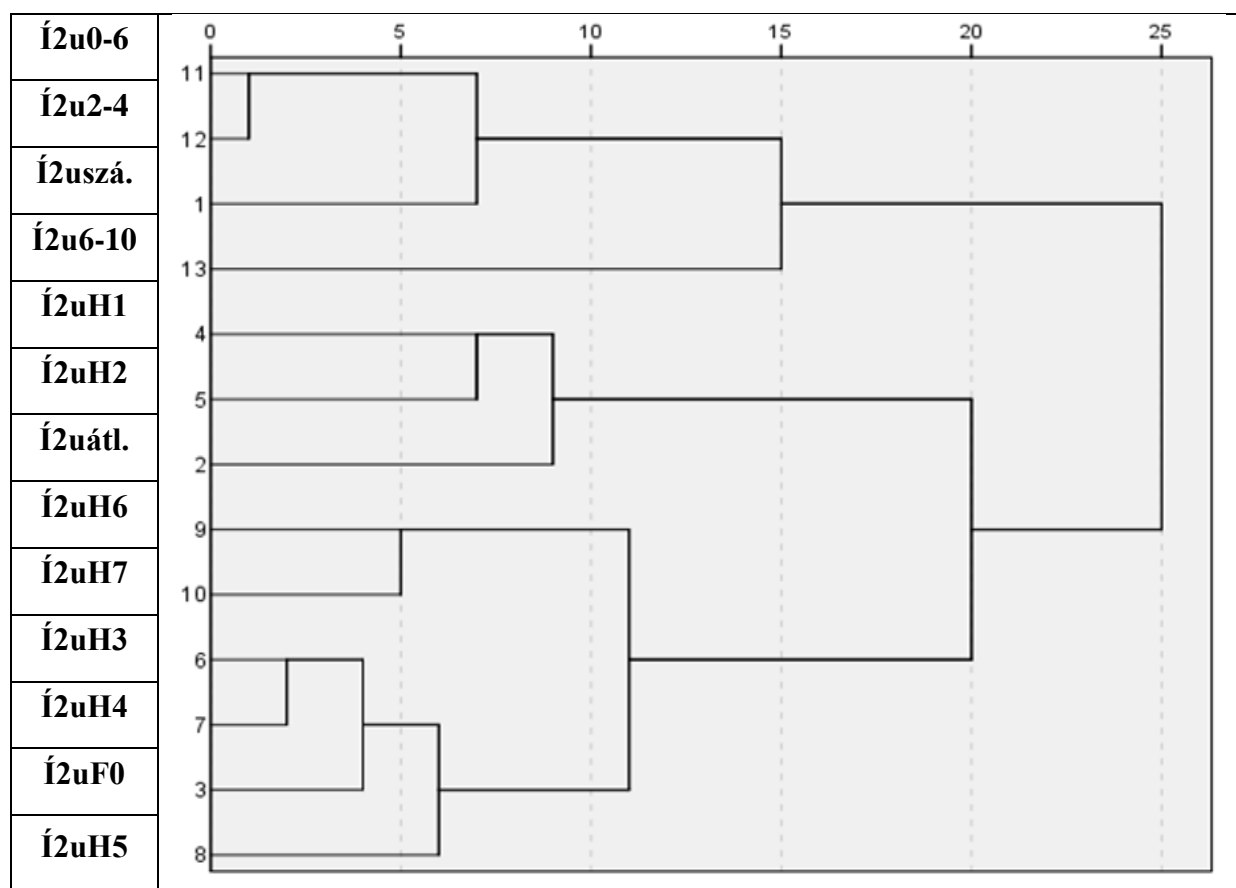
Az együtthatók értékeinél – lásd 163. táblázat – szórásnövekedést tapasztaltunk.

68a/b. ábrákon az [i] magánhangzó első alkalom, bemelegítés előtti és utáni állapotának dendrogramjai láthatóak. Bemelegítés előtt két határozott fűrt körvonalazódik. Az egyikbe a – szám, átl., SNR0-6, 2-4, H1, H2 – paraméterek, míg a másikba – F0, SNR6-10, H3-H7 – paraméterek tömörülnek. Az első bemelegítés hatására határozottan látszik az összetartó paraméterek egymáshoz rendeződése. Lásd: F0, átlag, az összes felhang az egyik fűrtbe, és SNR értékek, elkülönült felhangok száma a másik fűrtbe.



69/a. ábra

[i], 2. alkalom, bemelegítés előtt, 3. dendrogram



69/b. ábra

[i], 2. alkalom, bemelegítés után, 4. dendrogram

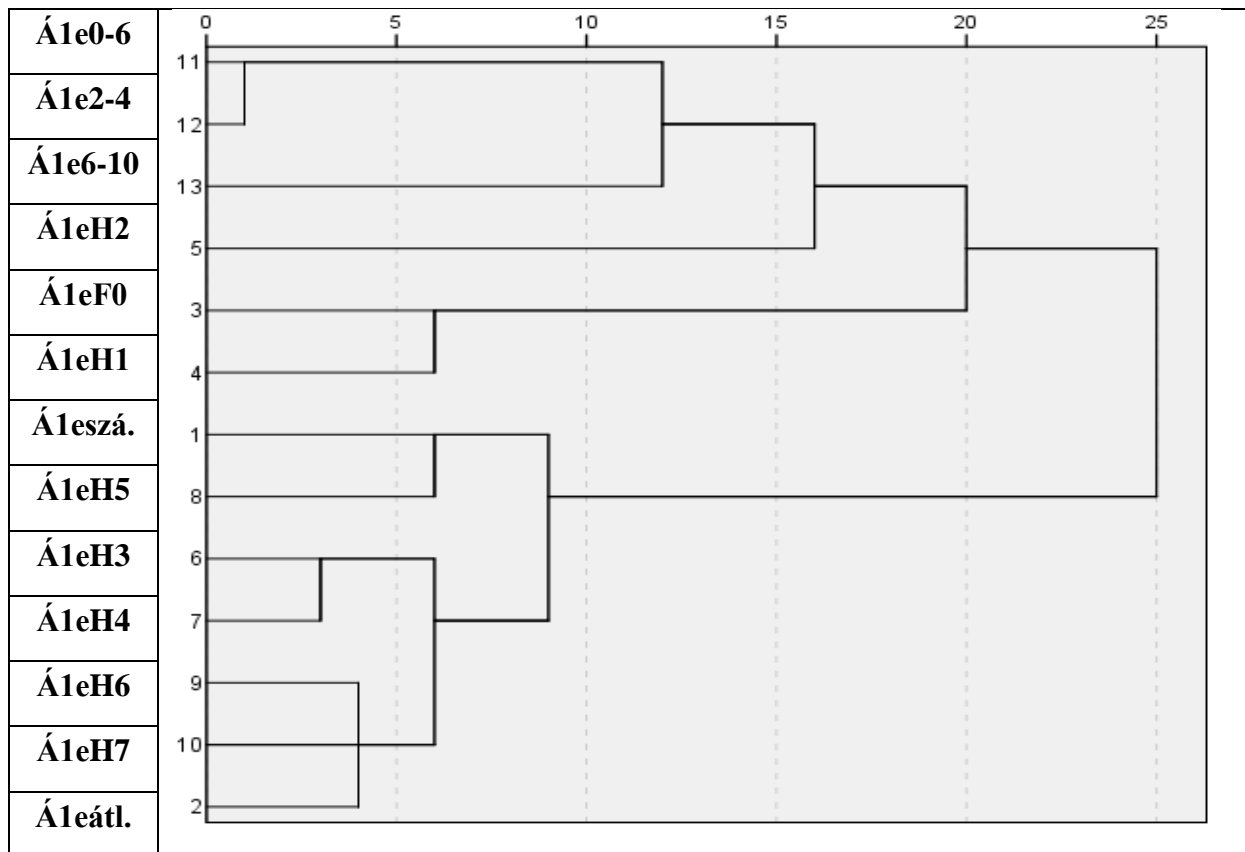
69a/b. ábrákon az [i] magánhangzó 2. alkalom, bemelegítés előtti és utáni állapotának dendrogramjai láthatóak. Bemelegítés előtt most is két határozott fűrt különül el. A fűrtök összetétele az első bemelegítés előtti állapottal megegyező. A második bemelegítés hatására, az elsőhöz hasonlóan az összetartó paraméterek egymáshoz rendeződése tapasztalható, de itt a felhangoknak közös fűrtjén belül egy magas és egy mély felhangos al-fűrt határozottan elkülönül.

164. táblázat. [i], 2. alkalom, bemelegítés előtt és után

magánhangzó	alkalom	mérés időpontja	együttható értékei		együttható küszöbértékénél gyengébb kapcsolatok száma
			maximum	minimum	
Í	2.	előtt	0,792	-0,381	4 db
		után	0,950	-0,421	3 db

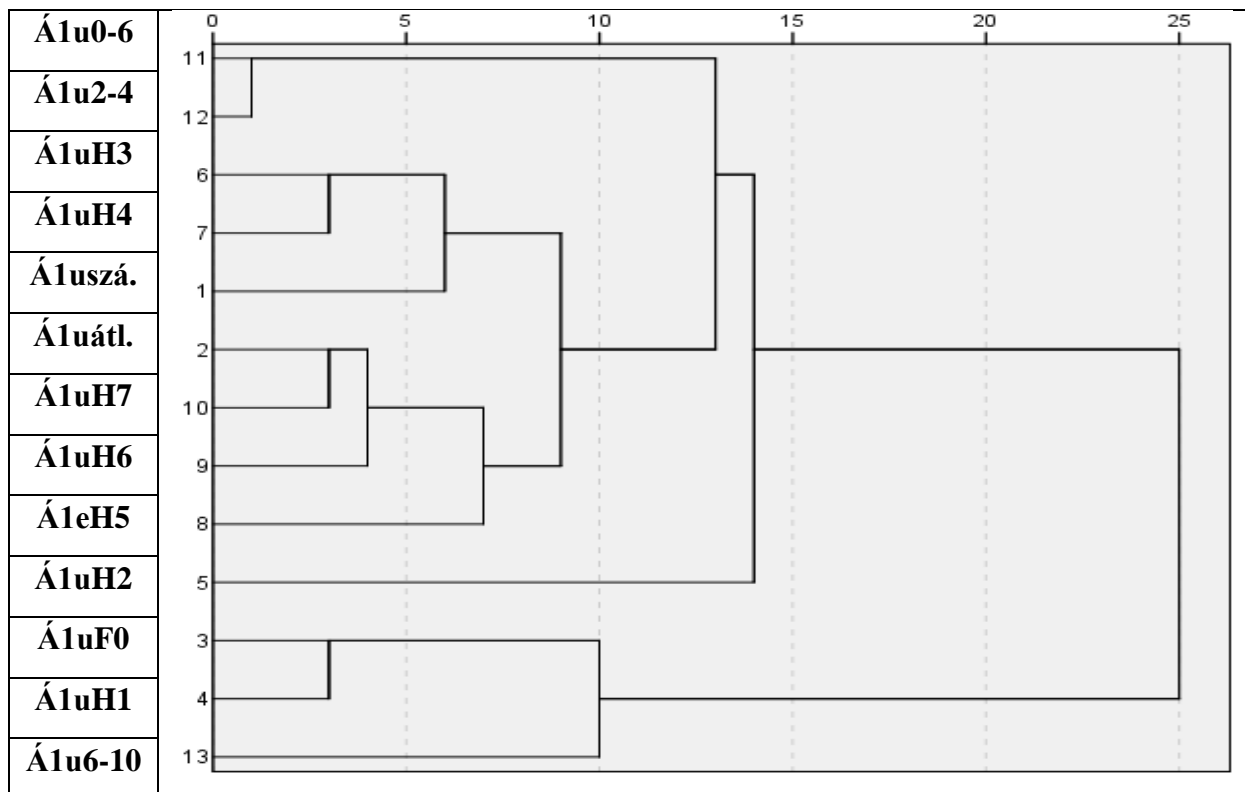
A kapcsolatok küszöbértékeinek szórása – lásd 164. táblázat – a 2. bemelegítés hatására is megnőtt.

[á] magánhangzó:



70/a. ábra

[á], 1. alkalom, bemelegítés előtt, 5. dendrogram



70/b. ábra

[á], 1. alkalom, bemelegítés után, 6. dendrogram

A 70a/b. ábrákon az [á] magánhangzó 1. alkalom, bemelegítés előtti és utáni állapotának dendrogramjai láthatók. Az [á] magánhangzónál az első bemelegítés a két elkülönült fűrtöt megbontja. Bemelegítés előtt jól kirajzolódik egy magas (átl, szám, H4-H7) és egy mély (F0, H1, H2, SNR-k) fűrt. Bemelegítés után a mély fűrtbe csak az F0, H1 és az SNR6-10 marad, a többi paraméter egy közös fűrtbe csoportosul.

165. táblázat. [á], 1. alkalom, bemelegítés előtt és után

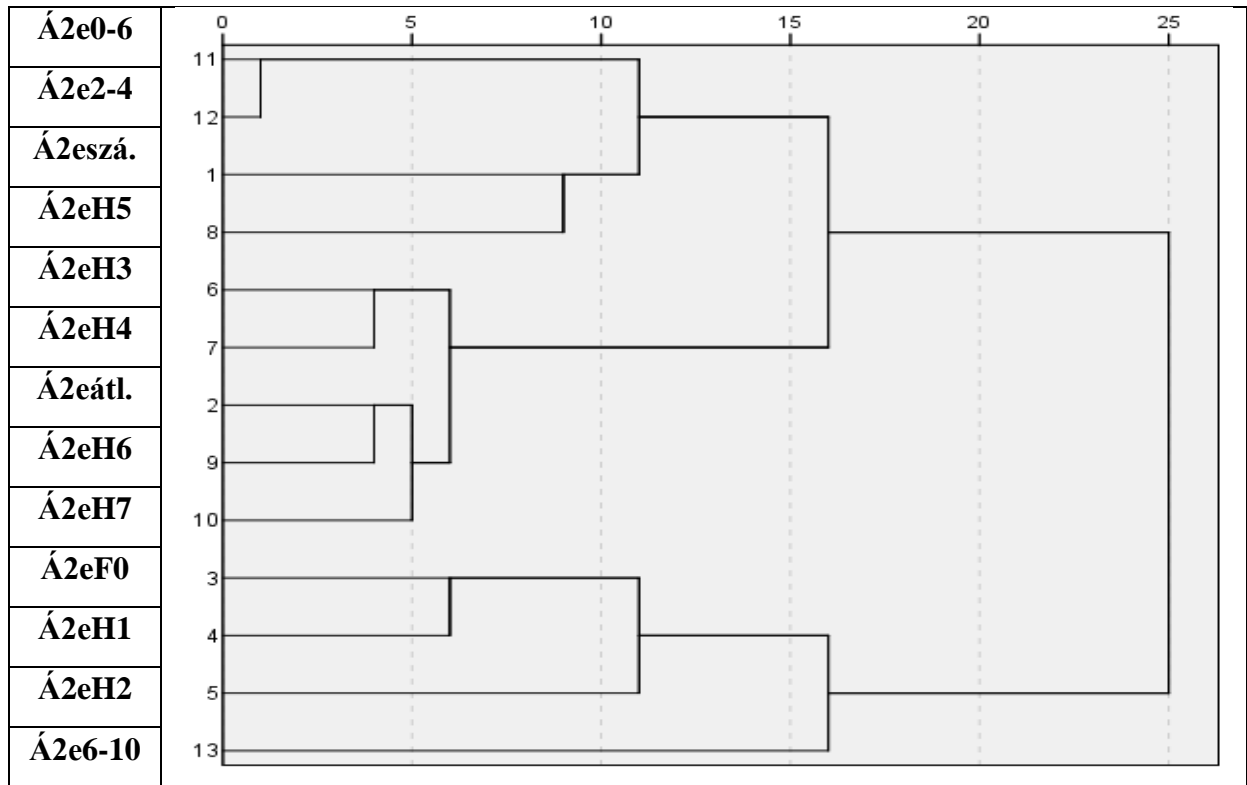
magánhangzó	alkalom	mérés időpontja	együttható értékei		együttható küszöbértékénél gyengébb kapcsolatok száma
			maximum	minimum	
Á.	1.	előtt	0,953	-0,375	3 db
		után	0,919	-0,631	4db

A kapcsolatok együtthatóinak értékei csökkentek, és eggyel nőtt a küszöbértéknél gyengébb együtthatók száma az első bemelegítés nyomán (lásd 165. táblázat).

166. táblázat. [á], 2. alkalom, bemelegítés előtt és után

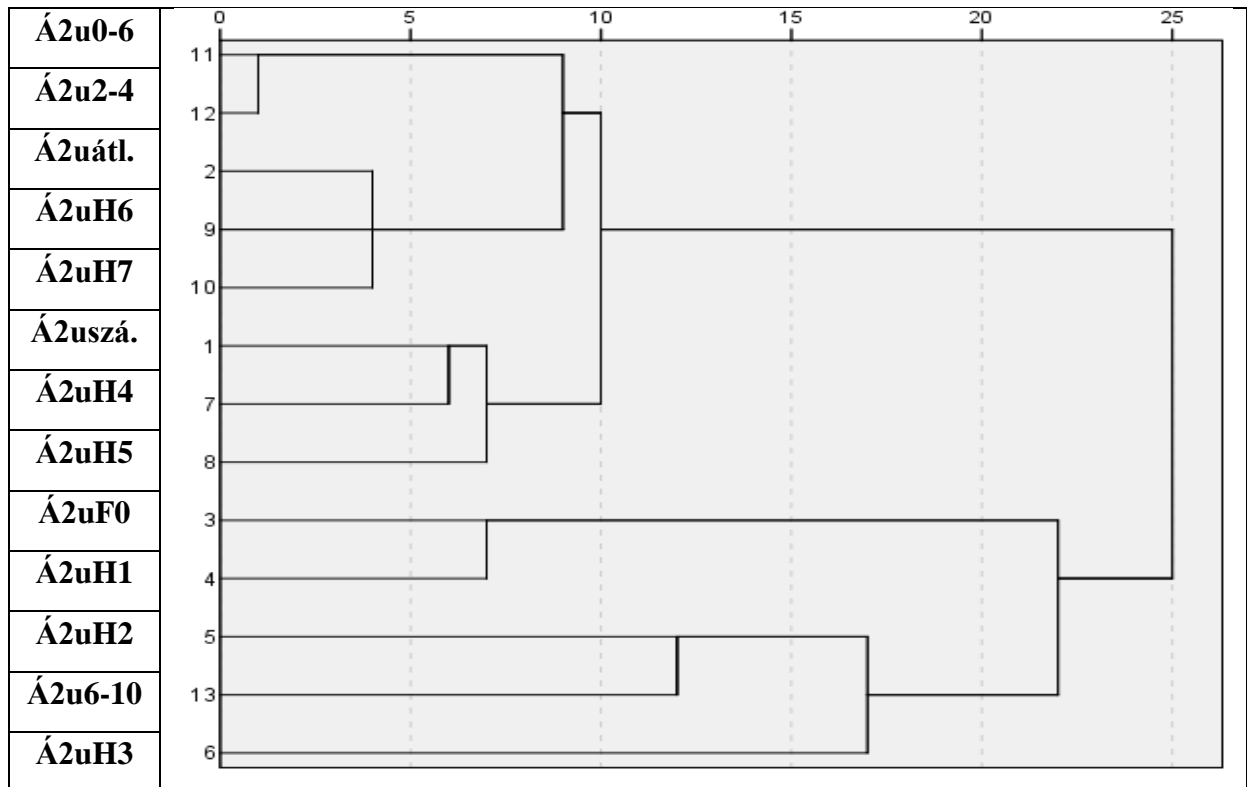
magánhangzó	alkalom	mérés időpontja	együttható értékei		együttható küszöbértékénél gyengébb kapcsolatok száma
			maximum	minimum	
Á.	2.	előtt	0,939	-0,475	3 db
		után	0,972	-0,510	4 db

A 71a/b. ábrákon az [á] magánhangzó 2. alkalom, bemelegítés előtti és utáni állapotának dendrogramjai láthatók. Az [á] magánhangzónál a második, áramlásos bemelegítés előtt határozott mély (F0, H1, H2, SNR6-10) és magas (szám, átlag, H3-H7, SNR0-6, SNR2-4) fűrt különül el. A 2. bemelegítés hatására a két fűrt megmarad, a mély fűrtbe kerül a H3 felhang. A második bemelegítési alkalom hatására megnőtt az együttható értékek szórása, és a küszöbértéknél gyengébb együtthatók száma is, de a szórás kevésbé nőtt, mint az első bemelegítés nyomán (lásd 166. táblázat).



71/a. ábra

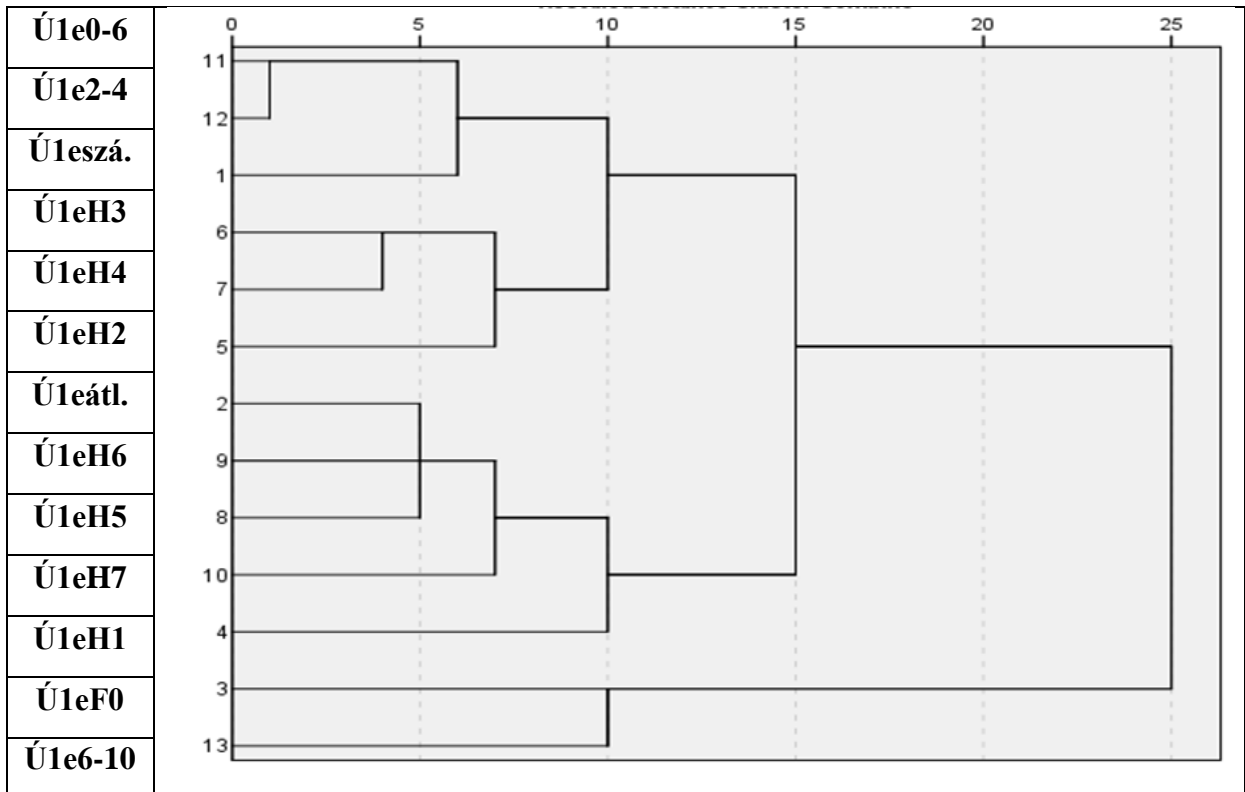
[á], 2. alkalom, bemelegítés előtt, 7. dendrogram



71/b. ábra

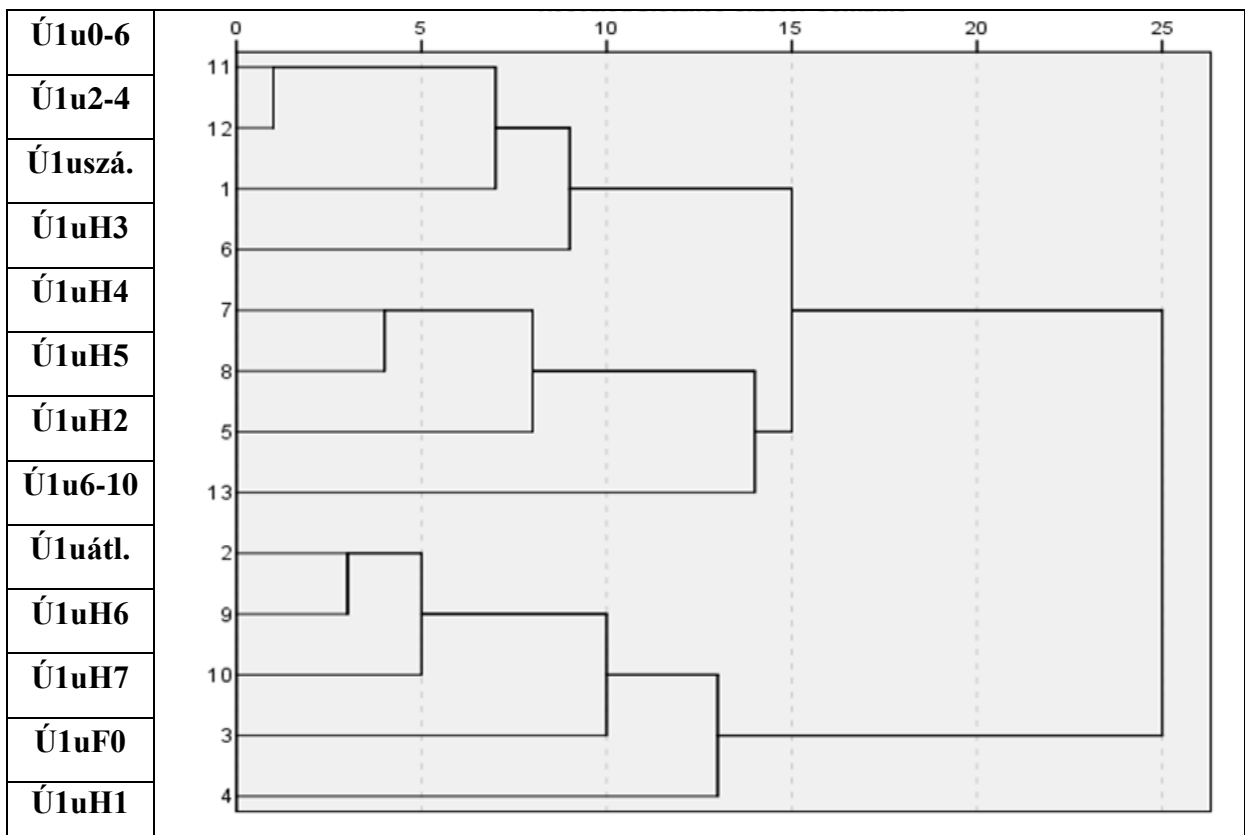
[á], 2. alkalom, bemelegítés után, 8. dendrogram

[ú] magánhangzó:



72/a. ábra

[ú], 1. alkalom, bemelegítés előtt, 9. dendrogram



72/b. ábra

[ú], 1. alkalom, bemelegítés után, 10. dendrogram

167. táblázat. [ú], 1. alkalom előtt és után

magánhangzó	alkalom	mérés időpontja	együttható értékei		együttható küszöbértékénél gyengébb kapcsolatok száma
			maximum	minimum	
Ú	1.	előtt	0,946	-0,217	2 db
		után	0,929	-0,314	4 db

A 72a/b ábrákon az [ú] magánhangzó 1. alkalom, bemelegítés előtti és utáni állapotának dendrogramjai láthatók. Bemelegítés előtt három fűrt különül el: (SNR0-6, 2-4, szá., H2, H3, H4); (átl., H1, H5, H6, H7); (F0, SNR 6-10). Ezúttal az első bemelegítés hatására marad a három fűrt, de bennük a paraméterek átrendeződnek, eloszlásuk arányosabbá válik. A három új fűrt: (SNR0-6, 2-4, szá., H3); (SNR6-10, H2, H4, H5); és (átl., F0, H1, H6, H7).

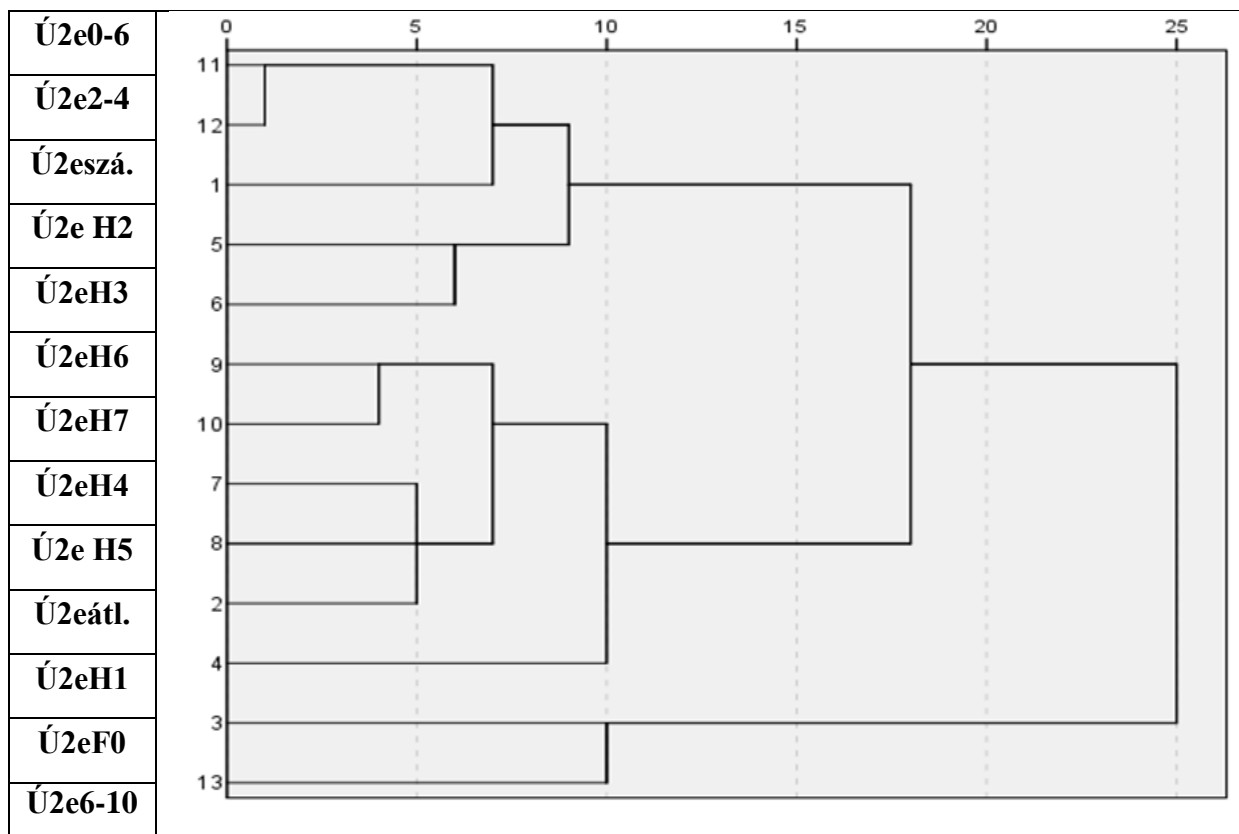
Az együtthatók értéke csökken, szórásuk nő. A küszöbértéknél gyengébb kapcsolatok száma szintén megnő (lásd 167. táblázat).

168. táblázat. [ú], 2. alkalom előtt és után

magánhangzó	alkalom	mérés időpontja	együttható értékei		együttható küszöbértékénél gyengébb kapcsolatok száma
			maximum	minimum	
Ú	2.	előtt	0,950	-0,254	2 db
		után	0,952	-0,287	3 db

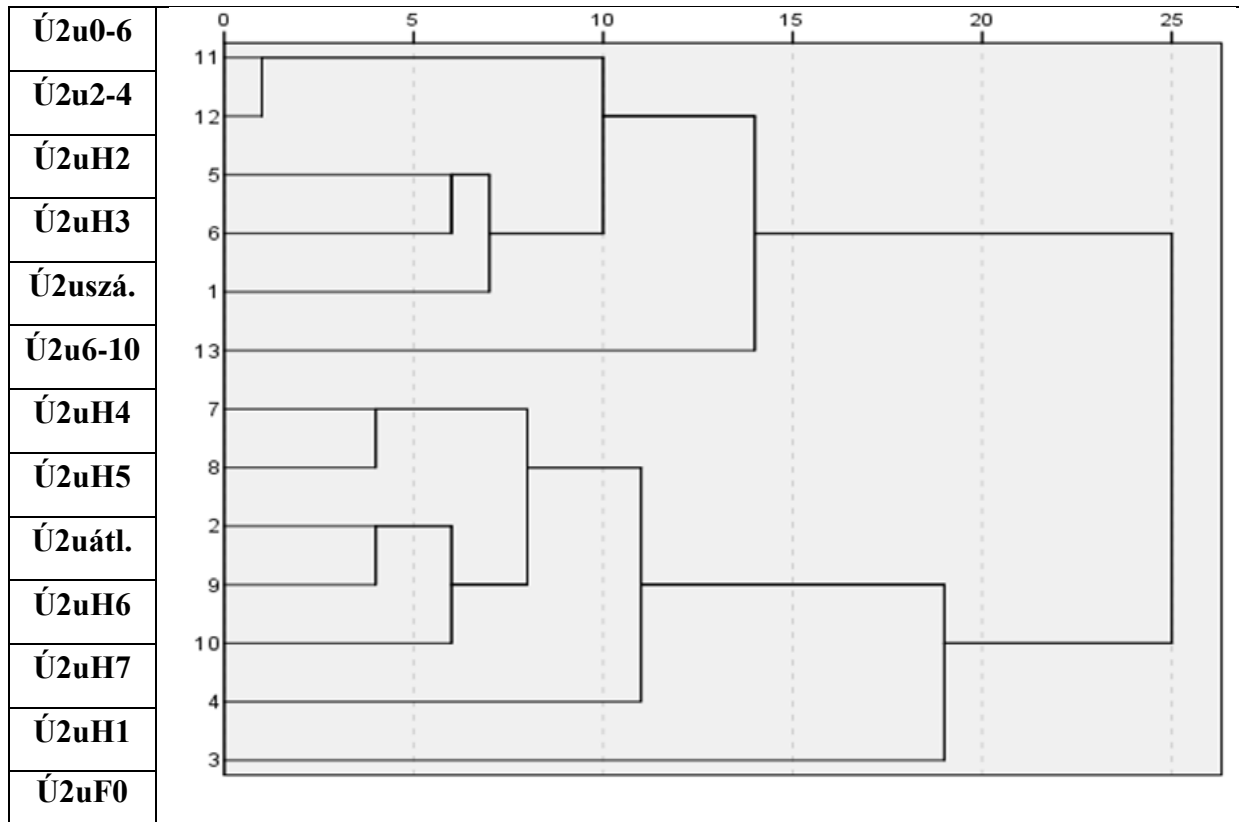
A 73a/b ábrákon az [ú] magánhangzó 2. alkalom, bemelegítés előtti és utáni állapotának dendrogramjai láthatók. A bemelegítés előtt három fűrt különül el: (SNR0-6, 2-4, szám., H2, H3); (átl., H1, H4-H7); (F0, SNR6-10). A második bemelegítés hatására az [ú] magánhangzónál két vegyes fűrt alakul ki, úgy hogy a bemelegítés előtti harmadik fűrtből az F0 a magas felhangok fűrtjébe, míg az SNR6-10 a másik két SNR paraméter fűrtjébe kerül át.

Mindkét bemelegítés hatására az együtthatók értékszórása nő, és nő a küszöbértéknél – 0,320 – gyengébb együtthatók száma is (lásd 168. táblázat).



73/a. ábra

[ú], 2. alkalom, bemelegítés előtt, 11. dendrogram



73/b. ábra

[ú], 2. alkalom, bemelegítés után, 12. dendrogram

Összefoglalva a teljes csoportra kiterjesztett klaszter elemzés tapasztalataiból azt látjuk:

- (1) az összetartó paraméterek – alaphang, felhangok, SNR értékek – azonos klaszterbe rendeződése az első, ellenállásos bemelegítés hatására erősebben jelentkezik
- (2) a kapcsolatok együtthatóinak szórás-növekedése és a küszöbértéknél gyengébb kapcsolatok számának növekedése viszont a második, áramlásos bemelegítés hatására kisebb, mint az első bemelegítésnél, ami a hangkép tömörödésére – a felhangok hangnyomásának kiegyenlítésére – utal.
- (3) a klaszter-elemzésből tehát a kétféle bemelegítés egymást kiegészítő hatására következtethetünk
- (4) a klaszter és a regressziós elemzés eredményei összecsengnek, amennyiben a felhangok által megmagyarázott variancia – R^2 - erőteljesebb növekedése az „áramlásos” bemelegítés nyomán, szintén a hangkép tömörödésére utal

6.8.1. A hetedik kísérleti mérés tapasztalatai

- (1) a VII. kísérleti mérés eredményeinek statisztikai elemzéseiből egyértelmű eredményt a páros-t és a Cohen-d elemzés nyújtott
- (2) már a – 20-25 perces – bemelegítés a hang hangnyomás átlagát és a részhangok hangnyomását is szignifikánsan kedvezően befolyásolja
- (3) ez a hatás az ellenállásos bemelegítésnél erősebb, mint az áramlásosnál
- (4) a páros-t elemzés eredményeinél minden csoportnál, minden magánhangzónál egyértelműen igazolódott az ellenállást fokozó, első bemelegítés előnye
- (5) egyetlen kivételt találtunk a kis létszámú férfi alcsoportnál az [ú] magánhangzónál, ahol az áramlásos bemelegítés mutatkozott előnyösebbnek
- (6) a Cohen-d elemzés szerint az első, ellenállásos bemelegítés minden magánhangzónál erősebben és egyenletesebben hat a hangkép első, aktív szakaszát leíró, paraméterekre (F0, H1-től H7-ig), mint a második, áramlásos gyakorlatok
- (7) a további elemzésekből – lineáris regresszió, klaszter – határozott tendenciák nem rajzolódtak ki, de látható, hogy a részhangok belső kapcsolatait is befolyásolják a bemelegítések
- (8) ennek a megállapításnak alátámasztására további kutatásokat javaslunk (*Altorjay*, 2015b, 2015c, 2016b)

7. Az értekezés összegzése, kísérleti eredményeink összefoglalása

Kutatásunk célja az énekhang bemelegítésére szánt gyakorlatok hatásvizsgálata volt. Énekesi és tanári tapasztalatainkból láttuk, hogy a szóló énekesek hangképzési gyakorlatában számos módszer és megközelítés él egymás mellett. Ez a sokszínűség a növendékek/hallgatók eltérő adottságai miatt előnyös is, de a szakirodalom áttekintése során számos ellentmondást, megválaszolatlan problémát – lásd 5.2 fejezet, nyitott kérdések – találtunk. Ezekből választottuk ki kutatási témánkat: az orr és melléküregeinek bekapcsolhatósága az énekhang képzésébe.

A téma alapos vizsgálatához elengedhetetlen a szakirodalom áttekintése. Az értekezésünk első négy fejezetében ezt az áttekintést részletezzük.

Az 1. fejezet történeti áttekintéséből kiderült, hogy már az ókorban is nagy jelentőséget tulajdonítottak az éneketatásnak és a hangadó szerv vizsgálatát is megkezdték korabeli eszközökkel. A hivatásszerű, előadói éneklés azonban csak a barokk korban indult az új műfajok – opera, oratórium – kialakulásával. Az elmúlt négyszáz évben, és különösen az utóbbi hat évtizedben sokat változott az énekesekkel szembeni elvárás, és rengeteget fejlődtek az emberi hangadó szerv vizsgálatára alkalmas eszközök, a hangfelvő, hangelemző berendezések, programok. Gégetükörtől eljutottunk az MRI-ig, a kimetszett halott gégevel végzett vizsgálatoktól a toldalékcső modellekig és az éneklő robotig. A szép éneklés (bel canto) igénye – zenei műfajonként eltérő énektechnikai elvárásokkal - azonban változatlanul megmaradt.

A 2. fejezetben áttekintettük az emberi hangadó szerv szerkezetével, működésével kapcsolatos ismereteket.

Éneklés közben a helyes – feszültségmentes - test és fejtartásnak a légkezelés segítése mellett esztétikai előnye is jelentős. Akkor megfelelő, ha a nyak és fej a testre ható gravitációs erő függőleges tengelyére illeszkedik. Az áll működtetésénél a tövének és az ajkak felőli végének függőleges mozgása akkor helyes, ha párhuzamosan történik, hogy a szájüreg magánhangzót formáló térfogata gömbszimmetrikusan változzon. Így a magánhangzó abszolút színe nem torzul.

Az énekesi légzéssel, légtámasszal kapcsolatban, korunkban is többféle felfogás tapasztalható. Ennek egyik oka az énekesek alkati adottságainak sokszínűsége. Általánosan elfogadottnak egyedül a mélylégzéssel kapcsolatos elvárás, a tüdő aljának feltöltése mutatkozik.

A gége és benne a hangszalagok az emberi hang forrásai. A gégeporcok és köztük feszülő izmok, valamint a hangszalagok működésének modellezése, összetettségük miatt még ma sem

tisztázott. További kutatásokat igényel. A képzett énekesek hangképzésének gazdaságosságát viszont sikerült igazolni.

Hangszalagok öt rétegű – izom, alsó, középső és felső porcréteg, nyálkahártya – szerv, amelynek működését térbeli kiterjedésű folyadékkal átitatott porózus szövetként értelmezi a legújabb modell. Működésének leírása három paraméterrel lehetséges: rezdésszám, kilengés, fázis. A különböző hangadási módok a hangindításban is eltérnek, amit VAT (vocal attack time) paraméterrel jellemezhetünk.

A hangrés alatti és fölötti légtelt üregek – toldalékcső - szerepe a gégében keletkező elsődleges hang felerősítésében igazolt. Ezen üregek közül a száj és garatüreg alakja, térfogata változtatható a gége függőleges, a gégefedő, a nyelv, a lágyszájpad, az ajkak és az áll mozgásával. Ezzel az üregek tehetetlenségi ellenállása is módosul, ami ha minél több frekvencia tartományban pozitív, akkor annál több felhangját tudja kierősíteni a gégében keletkező hangnak. A toldalékcsőhöz kapcsolódnak az orr és melléküregei. Ezek alakja, térfogata nem változtatható, így az egyéni hangszín képzésében döntő a szerepük. Az orr és melléküregeit becsengető bemelegítő gyakorlatok gyakran alkalmazottak a hangképzési gyakorlatban, különösen az átvezető hangok képzéséhez, mégis ezek szerepe a magánhangzók képzésében vitatott. Kutatásunk hangképelemzés módszerét használva, ez utóbbi téma tisztázását célozta.

Az énekelt szöveg érthetősége alapvető elvárás az énekessel szemben. Ez akkor valósul meg, ha a toldalékcső változtatható részei – szájüreg és garatüreg - az éppen formált magánhangzó abszolút színét meghatározó valamely formáns – F1 vagy F2 – hangmagasságához közeli felhangra is hangolva vannak, azt így kierősítse, zengővé téve. A magánhangzók formánsai hangolhatók. A toldalékcső inertív ellenállását szűkület létrehozásával növelve mélyül, míg ellenállását tágítással csökkentve emelkedik a magánhangzók formánsainak hangoltsága.

Az énekes-formáns képzését Sundberg (1987) kutatta. Kimutatta, hogy a magasabb formánsok – F3, F4, F5 – kierősödését, hangoltsági összecsapódását jelentő jelenség a gége süllyesztésével és a garat öblösítésével hozható létre. Ez energia átcsoportosítást jelent a hangképben az F0 (alaphang) és a magasabb formánsok (F3, F4, F5) javára. Ez teszi lehetővé, hogy a klasszikus képzettségű énekesek hangja, mély hangszínük esetén is átszóljon a kísérő zenekaron.

A klasszikus énekes hangképzéssel szembeni évszázadok óta változatlan elvárás a kiegyenlítés. Ez vonatkozik a hang minden paraméterére. Ennek eszköze a regiszterek közti átmenő hangok zökkenőmentes képzése. Ez a feltétele annak, hogy az énekhang a klasszikus

énekirodalom megszólaltatására alkalmas hangterjedelmű, egyenletes hangszínű, dinamikai, hangközugrási, ritmikai rugalmassággal rendelkezzen.

Áttekintettük az emberi hangképzés régebbi – lineáris – és újabb – nem lineáris – modelljeit is. Az utóbbiak a toldalékcső változó ellenállásának, a gégeműködésre gyakorolt visszahatásával is számolnak. A nem lineáris modellek kapcsolódnak kutatási témánkhoz is, mivel a bemelegítő gyakorlatainkat is a toldalékcső ellenállásának fokozását és csökkentését célzó gyakorlatokra építettük.

A szakirodalmi áttekintésből azt szűrtük le, hogy az énekhangok minősítésére megbízhatóbb a felvételek hangképének akusztikai elemzése, mint a képzett hallgatókkal történő minősítés. Ezért kísérleti eredményeink elemzésénél kizárólag akusztikai paramétereket használtunk.

A 3. fejezetben áttekintettük a hangegészséggel kapcsolatos ismereteket. Az énekhang képzésének alapvető célja a hang teherbíróvá edzése. Ennek kiemelt eszköze az énekhang bemelegítése, fokozatos terhelése és az énekes sportszerű életmódjának elsajátítása. A képzés során tiszteletben kell tartani a hallgató egyéni alkati adottságait, hangfaját, hormonális érettségét. A tanterem körülményeit – zaj, por, hőmérséklet – úgy alakítani, az énekelt repertoire-t úgy megválasztani, hogy hangki károsodást ne eredményezzen. A hangegészség időszakos elvesztésének funkcionális (énektechnikai) és organikus okai lehetnek. Különös figyelmet érdemel a hangindítás rugalmassága. Mindkét ok megelőzhető rugalmas énektechnika és sportszerű életmód elsajátításával. Ehhez évekig külső megfigyelő – énektanár – irányítása és elhivatott kitartás javasolt. A jó éneklés, énektechnika a hang fokozatos bemelegedéséről, az évek során egyre nagyobb teherbírásáról, kapacitás növekedéséről, akadálytalan, fájdalommentes hangadásáról, végső soron a hallgató számára is élvezetes megvalósításáról ismerhető fel.

A 4. fejezetben a hangbemelegítéssel kapcsolatos ismereteket foglaltuk össze. A jó énektechnika elsajátításához a képzés kezdetétől fogva hozzátartozik a hallgató önhallásának – saját énekhangja valós megítélésének – fejlesztése. A hangki bemelegítés, gyakorlás, hatásosabb, ha naponta több alkalommal végzik, rövidebb időtartammal. Újabban tornagyakorlatokkal kombinált bemelegítéssel is próbálkoznak, sikerrel.

Újkeletű, kiemelt téma a részben-zárt toldalékcsőves gyakorlatok két csoportja, az egyes és kettős forrású ilyen gyakorlatok. Ezek a gyakorlatok igazoltan növelik a toldalékcső ellenállását, és így visszahatnak a hangrés működésére. Ha a hangrésbeli és a toldalékcsőben lévő ellenállás összehangolt, akkor leggazdaságosabb a hangképzés. A részben-zárt toldalékcsőves gyakorlatok néhány változatát mi is alkalmaztuk kísérleti méréseinknél. A

bemelegítések hatásosságának mérésére az intonációs pontosságon túl újabban a hangkapacitást (VRP= Voice Range Profil), a hangképi felhangarányt (SPR= Singing Power

Az 5. fejezet az áttekintett szakirodalomból levezetett kutatási témaválasztásunk indoklását részletezi. Az énekoktatás fontosságát, transzfer hatásait számos hazai és külföldi kutatás is igazolta. Ezen belül a magánének, a hivatásos énekes előadó képzésének fontossága a barokk kortól kezdve vitán felül áll. Korunkban a klasszikus – operai, oratórium – hangképzés mellett számos új énekesi műfaj elterjedt, sajátos technikai elvárásaival. Ez kutatási témánk fokozott jelentőségét mutatja (lásd 5.1. pont). A szakirodalom mellett énekesi és tanári tapasztalataink is számos ellentmondást tártak fel a magánének hangképzéssel kapcsolatban. Ezeket az 5.2. pontban, mint nyitott kérdéseket részletezzük, kiemelve a kutatásra szánt kérdést: az orr és melléküregeinek bekapcsolhatóságát a magánhangzók éneklésénél, bántó orros csengés elkerülésével. A téma fontosságát saját tapasztalatainkon túl a szakértők, szakirodalomban fellelhető két táborra szakadása is jelezte (lásd 5.3. pont).

A témával kapcsolatos feltevéseinket, hipotéziseinket hét pontba gyűjtöttük (lásd 5.4. pont), melyek mindegyikére kerestük kutatásainkban a választ. A fejezet utolsó pontjában (lásd 5.5.) táblázatokban foglaltuk össze a nyolc kísérleti mérésünk minden ismervét.

A 6. fejezetben részletesen ismertettük mind a nyolc kísérleti mérésünk céljait, az alkalmazott módszereket. Az alábbiakban összefoglaljuk méréseink tapasztalatait.

Az előmérés (1 nő és 1 férfi résztvevő) igazolta, hogy a FFT elemzéssel készített hangképpel is elkülöníthetők a képzett és képzetlenebb hangadók, valamint kimutatható az énekelt magánhangzó mássalhangzós környezetének befolyása. A képzettebbek hangképe tagoltabb, több felhang különül el benne, és az F0 hangnyomása nagyobb náluk, mint a képzetlenebbeknél.

Az első kísérleti mérés (2 nő és 2 férfi résztvevővel) megmutatta, hogy a két férfi hangjára és a magas magánhangzókra előnyösebben hatott ez a rövid bemelegítés. A bemelegítés 15' hosszúságú, dúdolásra, valamint nazális mássalhangzókra, [ő, ó] magánhangzókra alapozott gyakorlatokból állt. A paraméterek belső összetartása, kohéziója – a korrelációs elemzés szerint – e rövid bemelegítés hatására lazult.

A második kísérleti mérésnél a hangnyomás átlag érzékenyebben viselkedett, mint a THT. A páros-t elemzés a férfiaknál, a korreláció a nőknél jelzett több változást. A három kísérleti csoportnak (1. 15 fő – 9 nő, 6 férfi; 2. 15 nő; 3. 8 nő és 7 férfi) eltérő nehézségű dallamokra

szerkesztett gyakorlatokat adtunk. A gyakorlatok első csoportja, a „koponyaüreges”: dúdolásra, nazális és lágyszájpadli mássalhangzókra és magas-hátsó nyelvállású magánhangzókra épült. A gyakorlatok másik csoportja, a „szájüreges”: zöngétlen mássalhangzókra és illabiális, magas-elülső nyelvállású magánhangzókra épültek. A 15 perc hosszúságú bemelegítések, hatásosság szempontjából még rövidnek bizonyultak. A magánhangzókra vonatkoztatva nem jelentkezett a bemelegítések hatásosságában különbség. A résztvevők között a gyakorlatokra való hangyi reagálásban még a módszeres hangképzés előnye nem jelentkezett.

A harmadik kísérleti mérésnél 25 percre növeltük mindkét – orros és szájas – bemelegítések időtartamát. Az orros gyakorlatok alapja az [m, n, ny, g, gy] és [ú, ó a] hangzókból képzett szótagok és a dúdolás. A szájas gyakorlatok alapja a [f, h, sz] és [e, é, á] hangzókból képzett szótagok voltak. Hosszabb ideje magánének képzésben részesülő résztvevőket (11 nő, 11 férfi) toboroztunk, továbbá arra is kíváncsiak voltunk, hogy a hangterjedelmük eltérő fekvésében eltér-e a hangbemelegítés hatása. Ebben a kísérletben arra a következtetésre jutottunk, hogy a THT paraméter nem elég érzékeny a felhangok változásának kimutatására. A középhangok már kellően meggyőzően mutatják a változásokat. A hangterjedelmi szélső hangok – magas és mély - vizsgálata nem hozott többlet eredményt, sőt a magas hangok ellentmondásosan reagáltak a bemelegítésre. A bemelegítő gyakorlatokról is azt tapasztaltuk, hogy a nagyobb hatásosság érdekében tovább fejlesztendők.

A negyedik kísérleti mérésnél (14 nő) azt kívántuk megvizsgálni, hogy az orros gyakorlatok, szájas előzmények után is képesek-e járulékos, előnyös hatásra. A bemelegítés két 15-15' – egy szájas kezdő és egy orros rámelegítő – szakaszból állt. A szájasnál [f, r, l, j, t, ty, sz, h] mással- és [á, í, é] magánhangzókból összeállított szótagokat alkalmaztunk. Az orros rámelegítésnél zárt és nyitott szájas dúdolást és [ú, á] magánhangzós szótagokat használtunk. A THT paraméter helyett az F0 és a H1-től H7-ig felhangok hangnyomás változását elemeztük. Ez a váltás eredményesnek bizonyult. A klaszter-elemzés szemléletesebbnek bizonyult, mint a korrelációs vizsgálat. Az alkalmazott „ismételt méréses varianciaanalízis” elemzés leginkább az [á] magánhangzónál jelezte a kapcsolt bemelegítés eredményességét. A hangzó háromszög csúcsain lévő magánhangzók [í, á, ú] vizsgálata elegendőnek bizonyult a bemelegítések hatásának jellemzésére. Az orros rámelegítés előnyös hatása a szájas után is egyértelműen igazolódott.

Az ötödik mérésnél a negyedik mérés tapasztalatait igyekeztünk kiterjeszteni. Megpróbáltuk a létszám növelésével (36 fő), és férfiak (25 nő, 11 férfi) bevonásával a nemek és hangfajok eltéréseit is feltárni. A szájas, kezdő bemelegítési szakasznál [f, l, s, h] mássalhangzókból és

[á] magánhangzóból összeállított szótagokat, az orros rámelegítésnél zárt és nyitott dúdolást és [gú-nyú] szótagokat alkalmaztunk. Az elemzett magánhangzók és a vizsgált paraméterek a negyedik mérésnél beváltak maradtak. A páros-t, a klaszter és az „ismételt méréses varianciaanalízis” elemzések is az orros rámelegítés előnyös, hozzáadódó hatását mutatták. A klaszter-elemzést ennél a kísérletnél terjesztettük ki először az esetekre is. Az eredményekből kiemelendő az [á] magánhangzó és a mezzo-alcsoport érzékeny reagálása a bemelegítésekre.

A hatodik kísérleti mérésnél az ötödik mérésnél bevált bemelegítő gyakorlatokat alkalmaztuk, csak fordított sorrendben. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a kétszer 15'-es szakaszokból álló bemelegítésnél melyik sorrend, az ötödik mérésnél már vizsgált szájas-orros, vagy ebben a mérésben vizsgált orros-szájas – a hatásosabb. 20 főt (10 nő, 10 férfi) sikerült ehhez a méréshez toborozni, azok közül, akik az előző mérésben is részt vettek. A vizsgált paraméterek és az alkalmazott statisztikai elemzési módszerek is az ötödik mérésnél beváltak maradtak. A vizsgált 9 változó (átlag, F0, H1-től H7-ig) vizsgálatánál, a csoportok és magánhangzók többségénél az orros-szájas bemelegítési sorrend előnye igazolódott. A klaszter-elemzésnél az derült ki, hogy a hangfaji csoportokat a szájas-orros sorrend megkeveri, míg az orros-szájas a belső kapcsolatokat szignifikánssá erősíti. Az „ismételt méréses varianciaanalízis” a női alcsoportnál mutatta az orros-szájas sorrend előnyét.

A hetedik kísérlethez újra sikerült nagyobb létszámú (36 fő) csoportot toborozni. Mindkét nem képviseltette magát (27 nő és 9 férfi). Ez a létszám a női alcsoporton belül a hangfaji csoportok vizsgálatát is lehetővé tette. Két, külön bemelegítési alkalmat szerveztünk, amelyeken továbbfejlesztett gyakorlatsorokat alkalmaztunk. Az elsón, az ellenállásos változaton zárt és nyitott szájas dúdolás orrcsiptetéssel, [mő-nyő-nő, bő-rő-gő] szótagos szöveges skálák és PVC csőbe hangadás szerepelt. A másodikon, az áramlásos változatnál, [fő-ső-lő, szó-lő-hő] szótagos magánhangzós skálák szerepeltek légzés és izomlazító gyakorlatok mellett. A vizsgált paramétereket kiegészítettük az elkülönült felhangok számával, valamint a hangkép 0-6, 2-4, és 6-10 kHz közötti szakaszainak jel/zaj arányával (SNR=Signal+Noise Ratio). A statisztikai elemzéseknél az eddig bevált páros-t és klaszter-elemzéseket kiegészítettük cohen-d és regresszió analízissel is. A páros-t és a cohen-d vizsgálatok minden magánhangzónál és minden csoportnál az ellenállásos bemelegítés fölényét igazolták.

Az alábbi pontokban felsoroljuk a nyolc kísérleti mérésünk tapasztalatait:

- (1) rövid – 15-25 perces – hangbemelegítés is hatásos
- (2) tartós, állandósult eredmények természetesen csak több éves gyakorlással várhatók

- (3) a hatás a hangfelvétel FFT transzformációval képzett hangképén kimutathatók
- (4) bevált paraméterek: a hangnyomás átlag, az F0 és az első felhangok (H1-H7) hangnyomásának alakulása, az elkülönült felhangok száma, és az érzékeny hangképi szakaszok SNR (jel-zaj aránya) értékei
- (5) elegendő a hangterjedelem közepén lévő hangmagasságot vizsgálni, szélső hangmagasságok vizsgálata nem adott többlet eredményeket
- (6) a 14 magyar magánhangzó közül az illabiális, alsó nyevállású, legtágasabb [á] reagált a legérzékenyebben a bemelegítésekre
- (7) a hangzó háromszög csúcsain lévő magánhangzók [í, á, ú] vizsgálata (magas-mély, felső-alsó nyelvállású, illabiális-labiális) elegendőnek bizonyult a hangbemelegítés hatásainak jellemzésére
- (8) a statisztikai módszerek közül a páros-t, a klaszter, a cohen-d, az ANOVA adatok összefüggő eredményeket
- (9) nemektől, hangfajoktól függetlenül a hatások mindig jelentkeztek
- (10) az orr és melléküregeit bekapcsoló, a toldalékcső ellenállását fokozó bemelegítő gyakorlatok hatása egyértelműen igazolódott a hangkép tagoltabbá, felhangdúsabbá válásában, és így az énekes-formáns kierősödésében
- (11) azt is sikerült igazolnunk, hogy a leghatásosabb a bemelegítést akkor, ha ellenállást fokozó gyakorlatokkal indítjuk és a hang áramlását segítőkkal fejezzük be a bemelegítést
- (12) a fent felsorolt eredmények, természetesen csak az egyéni adottságok – nem, hangfaj, légkapacitás, energia-mozgósítási képesség – figyelembe vételével, és összpontosított gyakorlatozással jelentkezhetnek

8. A kutatás hasznosíthatósága, következtetések

Eredményeink igazolták mind a hét hipotézisünket (lásd 5.4. fejezet). Igazolódott a rövid bemelegítések kimutatható hatásossága. Az orr és melléküregeit bekapcsoló gyakorlatok speciális előnye (lásd 1., 2. és 3. hipotézisünk). A bemelegítések hatásossága kimutatható a hangfelvételek FFT hangképén, nemtől, hangfajtól, életkortól függetlenül (lásd 4. és 5. hipotézisünk). A hatás kimutatásához elegendő középfekvésű hangok felvételét is elemezni, és minden magánhangzón kimutathatóak (lásd 6. hipotézisünk). A kísérleteink során mi is folyamatosan fejlesztettük a bemelegítő gyakorlatokat, amelyek alkalmasak mások számára is ötletadásra, továbbfejlesztés inspirálására (lásd 7. hipotézisünk).

(1) az eredményeink igazolták, hogy a célszerűen összeállított bemelegítő gyakorlatok rövid 10-15 perces terjedelemben is hatásosak, de további 10-15 perces hosszabbítással még eredményesebbek

(2) a hangerő növekedését, a hangkép tagoltabbá válását, újabb felhangok kierősödését, a toldalékcső ellenállását fokozó gyakorlatok – orros, zárhangzós, mély nyelvállású mélymagánhangzós, a toldalékcső meghosszabbítása - jobban biztosítják, mint a hang szabad áramlását célzó – szájas, zöngétlen réshangzós, mély nyelvállású magas magánhangzós, csak magánhangzós – típusúak (igazolódott a 2. és 3. hipotézis)

(3) a gyakorlatban természetesen nem nélkülözhetjük egyik gyakorlatsort sem, mivel az énekelt szövegekben is mindenféle mással- és magánhangzót meg kell szólaltassunk, változatos elrendezésben, arányban, sorrendben

(4) szép, a hallgatók számára is kellemes énekhangot a rugalmas, tágas állapotban lévő toldalékcsőbéli üregeken, szabadon átáramló levegővel hozhatjuk létre, tehát amit a szájas/áramlásos gyakorlatsor céloz

(5) a hang felhang-gazdagítására célirányosan kialakított orros/ellenállásos skálák gyakoroltatására azonban csak bemelegítéskor van módunk. Ezekkel az áramoltatott énekléshez is „belenevelhetjük”, „beleszoktathatjuk” az orr és melléküregek csengését az énekhangba, a toldalékcső együtt-zengésébe, rezonanciájába, bántó orros csengés nélkül

(6) kísérleteinkből nyilvánvaló, hogy a hangképzés gyakorlata szempontjából a bemelegítő gyakorlatok sorrendje is lényeges. Jelen vizsgálat kimutatta, hogy legeredményesebb, ha a toldalékcső ellenállását fokozó gyakorlatokkal kezdünk és a hang szabad áramlását erősítő gyakorlatokkal zárjuk a bemelegítést. A gyakorlatokat célszerű kiegészíteni légzés és a gége környéki izmokat bemelegítő gyakorlatokkal is

(7) a következetesen és rendszeresen alkalmazott hangi edzés nemcsak átmenetileg, hanem tartósan is a hangot teherbíróbbá, rugalmasabbá, gazdagabban és áthatóbban csengővé teheti

(8) eredményeink a toldalékcső ellenállását fokozó bemelegítő gyakorlatok speciális hangképzési hasznára világítottak rá, amelyek tudatosan hasznosíthatók az igényes magánének képzésnél, és a hallgató/növendék otthoni gyakorlásánál is

(9) az eredmények hasznosíthatók nem csak a magánének hangképzésnél, hanem csoportos énekoktatásnál, gyermek és felnőtt kórusok hangbemelegítésénél is tekintet nélkül nemre, hangfajra, életkorra

(10) az értekezésben részletezett gyakorlatok alkalmasak továbbgondolásra, ötletadásra, további kreatív skála-komponálásra, a dallamok minden paraméterének és a szövegek továbbfejlesztése tekintetében (lásd 13. Mellékletek)

9. Köszönetnyilvánítás - Acknowledgement

Köszönettel tartozom a kutatás során nyújtott támogatásért és szakmai segítségért

- témavezetőimnek: Csíkos Csaba, hab. egyetemi docensnek, SZTE Neveléstudományi Intézetből, ELTE Tanító- és Óvóképző Karáról és Osvay Károly, hab. egyetemi docensnek, az ELI kutatási technológia igazgatójának, SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékről
- az SZTE Vántus István Gyakorló Zeneművészeti Szakgimnáziumnak
- a Kecskeméti Kodály Zoltán Ének-zenei Általános Iskola, Gimnázium, Szakgimnázium és Alapfokú Művészeti Iskolának
- az SZTE JGYPK Művészeti Intézet Ének-zene Tanszékének
- az SZTE Zeneművészeti Kar Magánének Tanszékének
- az OTKA (Országos Tudományos Kutatási Alap) 81538 számú támogatásának

10. Jegyzékek

10.1. Ábrajegyzék

Hangképzés elméleti áttekintése

1. ábra. Testtartási változatok	13
2. ábra. Fejtartási hibák	14
3. ábra. Álltartási hibák	16
4. ábra. Tüdő térfogatok, statikus légzési paraméterek	17
5. ábra. Hurokgörbék	18
6. ábra. A gége porcai	30
7. ábra. A hangrés jellegzetes állásai	36
8. ábra. A toldalékcső metszete a függőleges szimmetria síkban	42
9. ábra. Az orr és melléküregei elől és oldalnézetben	46
10. ábra. A magyar magánhangzók F1 és F2 formáns diagramja	50
11. ábra. Egészséges és mutáló fiú/férfi hangprofilja	56

Harmadik kísérleti mérés

12. ábra. C harmonikus felhangjai,	110
13. ábra. Női [á] magánhangzó hangnyomás / idő diagramja	110
14. ábra. Női [á] magánhangzó hangnyomás / idő diagramjának 1 sec hosszú szakasz	111
15. ábra. Női [á] magánhangzó FFT hangképe	111
16. ábra. Női FFT hangkép első, tagolt szakasza	111
17. ábra. [á] magánhangzó hangnyomás / idő diagramja	112
18. ábra. [á] magánhangzó hangnyomás / idő diagramjának 1 sec hosszú szakasz	112
19. ábra. [á] magánhangzó FFT hangképe	112
20. ábra. Az FFT hangkép első, tagolt szakasza	113
21. ábra. Női FFT hangkép Fo és első hét felhangja	113
22. ábra. Jellegzetes férfi FFT hangkép	113
23. ábra. Magyar magánhangzók F1/F2 formáns grafikonja	114

Negyedik kísérleti mérés

Klaszter: - paraméterekre

24. ábra. [í], (1.) bemelegítés előtt, 1. dendrogram	135
25. ábra. [í], szájjas bemelegítés után, 2. dendrogram	136
26. ábra. [í], orros rámelegítés után, 3. dendrogram	137
27. ábra. [á], (1.) bemelegítés előtt, 4. dendrogram	137
28. ábra. [á], szájjas bemelegítés után, 5. dendrogram	138
29. ábra. [á], orros rámelegítés után, 6. dendrogram	139
30. ábra. [ú], (1.) bemelegítés előtt, 7. dendrogram	139
31. ábra. [ú], szájjas bemelegítés után, 8. dendrogram	140
32. ábra. [ú], orros rámelegítés után, 9. dendrogram	141

Ötödik kísérleti mérés

Klaszter: - paraméterekre

33. ábra. [í], bemelegítés előtt, 1. dendrogram	152
34. ábra. [í], szájjas bemelegítés után, 2. dendrogram	153
35. ábra. [í], orros rámelegítés után, 3. dendrogram	154
36. ábra. [á], bemelegítés előtt, 4. dendrogram	154
37. ábra. [á], szájjas bemelegítés után, 5. dendrogram	155
38. ábra. [á], orros rámelegítés után, 6. dendrogram	156
39. ábra. [ú], bemelegítés előtt, 7. dendrogram	156
40. ábra. [ú], szájjas bemelegítés után, 8. dendrogram	157
41. ábra. [ú], orros rámelegítés után, 9. dendrogram	158

- esetekre:

42. ábra. [á], bemelegítés előtt, teljes csoport, 10. dendrogram	160
43. ábra. [á], szájjas bemelegítés után, teljes csoport, 11. dendrogram	161
44. ábra. [á], orros rámelegítés után, teljes csoport, 12. dendrogram	162
45. ábra. [á], bemelegítés előtt, női alcsoport, 13. dendrogram	164
46. ábra. [á], szájjas bemelegítés után, női alcsoport, 14. dendrogram	165
47. ábra. [á], orros rámelegítés után, női alcsoport, 15. dendrogram	166
48. ábra. [á], bemelegítés előtt, férfi alcsoport, 16. dendrogram	167
49. ábra. [á], szájjas bemelegítés után, férfi alcsoport, 17. dendrogram	168
50. ábra. [á], orros rámelegítés után, férfi alcsoport, 18. dendrogram	169

Hatodik kísérleti mérés

Klaszter (teljes csoport): - paraméterekre

51. ábra. [í], (1.) bemelegítés előtt, 1. dendrogram	186
52. ábra. [í], szájjas-orros bemelegítés után 2. dendrogram	187
53. ábra. [í], (2.) bemelegítés előtt, 3. dendrogram	187
54. ábra. [í], orros-szájjas bemelegítés után, 4. dendrogram	188
55. ábra. [á], (1.) bemelegítés előtt, 5. dendrogram	189
56. ábra. [á], szájjas-orros bemelegítés után, 6. dendrogram	189
57. ábra. [á], (2.) bemelegítés előtt, 7. dendrogram	190
58. ábra. [á], orros-szájjas bemelegítés után, 8. dendrogram	191
59. ábra. [ú], (1.) bemelegítés előtt, 9. dendrogram	192
60. ábra. [ú], szájjas-orros bemelegítés után, 10. dendrogram	192
61. ábra. [ú], (2.) bemelegítés előtt, 11. dendrogram	193
62. ábra. [ú], orros-szájjas bemelegítés után, 12. dendrogram	194
- esetekre:	
63. ábra. [á], (1.) bemelegítés előtt, 13. dendrogram	195
64. ábra. [á], szájjas-orros bemelegítés után, 14. dendrogram	196
65. ábra. [á], (2.) bemelegítés előtt, 15. dendrogram	197
66. ábra. [á], orros-szájjas bemelegítés után, 16. dendrogram	198
 Hetedik kísérleti mérés	
67. ábra. Magyar magánhangzók F1/F2 formáns grafikonja	207
Klaszter	
68/a. ábra. [í], 1. alkalom, bemelegítés előtt, 1. dendrogram	228
68/b. ábra. [í], 1. alkalom, bemelegítés után, 2. dendrogram	228
69/a. ábra. [í], 2. alkalom, bemelegítés előtt, 3. dendrogram	229
69/b. ábra. [í], 2. alkalom, bemelegítés után, 4. dendrogram	230
70/a. ábra. [á], 1. alkalom, bemelegítés előtt 5. dendrogram	231
70/b. ábra. [á], 1. alkalom, bemelegítés után, 6. dendrogram	231
71/a. ábra. [á], 2. alkalom, bemelegítés előtt, 7. dendrogram	233
71/b. ábra. [á], 2. alkalom, bemelegítés után, 8. dendrogram	233
72/a. ábra. [ú], 1. alkalom, bemelegítés előtt, 9. dendrogram	234
72/b. ábra. [ú], 1. alkalom, bemelegítés után, 10. dendrogram	234
73/a. ábra. [ú], 2. alkalom, bemelegítés előtt, 11. dendrogram	236
73/b. ábra. [ú], 2. alkalom, bemelegítés után, 12. dendrogram	236

10.2. Táblázatok jegyzéke

A kutatás módszerei

1/a. táblázat. Helyszín, résztvevők, eszközök	86
1/b. táblázat. Gyakorlatok, változók, statisztika	87

Előmérés

2. táblázat. Szoprán hangú hallgató rövid hangképe	90
3. táblázat. Bariton hangú hallgató hosszú hangképe	90

Második kísérleti mérés

Páros-t eredmények

4/a. táblázat. Első csoport	96
4/b. táblázat. Első csoport	96
5/a. táblázat. Második csoport	98
5/b. táblázat. Második csoport	98
6/a. táblázat. Harmadik csoport	100
6/b. táblázat. Harmadik csoport	100
7/a. táblázat. Összevont nők	101
7/b. táblázat. Összevont nők	101
8/a. táblázat. Összevont férfiak	102
8/b. táblázat. Összevont férfiak	102
9/a. táblázat. Teljes létszám	102
9/b. táblázat. Teljes létszám	102

Korrelációs mátrixok, teljes létszám

10. táblázat. [i] magánhangzó	103
11. táblázat. [ó] magánhangzó	103
12. táblázat. [á] magánhangzó	104
13. táblázat. [ú] magánhangzó	104

Harmadik kísérleti mérés

14. táblázat. A harmadik kísérleti mérés résztvevőinek statisztikai adatai	106
Páros-t eredmények	
15. táblázat. Teljes csoport [i]	115

16. táblázat. Női alcsoport [í]	116
17. táblázat. Férfi alcsoport [í]	116
18. táblázat. Teljes csoport [ő]	117
19. táblázat. Női alcsoport [ő]	117
20. táblázat. Férfi alcsoport [ő]	118
21. táblázat. Teljes csoport [á]	118
22. táblázat. Női alcsoport [á]	119
23. táblázat. Férfi alcsoport [á]	120
24. táblázat. Teljes csoport [ú]	120
25. táblázat. Női alcsoport [ú]	121
26. táblázat. Férfi alcsoport [ú]	121
Korrelációs mátrixok	
27. táblázat. Teljes csoport, mély fekvés, [á]	122
28. táblázat. Teljes csoport, közép fekvés, [á]	123
29. táblázat. Teljes csoport, magas fekvés, [á]	123
Ismételt méréses varianciaanalízis: - alkalmakra, fekvésekre	
30. táblázat. Teljes csoport, alkalmak, fekvések	124
31. táblázat. Teljes csoport, 1. alkalom és orros bemelegítés	125
32. táblázat. Teljes csoport, 2. alkalom és szájas bemelegítés	125
Negyedik kísérleti mérés	
33. táblázat. A IV. kísérleti mérés résztvevőinek statisztikai adatai	127
Páros-t eredmények	
34. táblázat. Teljes csoport, [í]	130
35. táblázat. Szoprán alcsoport, [í]	131
36. táblázat. Mezzo alcsoport, [í]	131
37. táblázat. Teljes csoport, [á]	132
38. táblázat. Szoprán alcsoport, [á]	132
39. táblázat. Mezzo alcsoport, [á]	133
40. táblázat. Teljes csoport, [ú]	133
41. táblázat. Szoprán alcsoport, [ú]	134
42. táblázat. Mezzo alcsoport, [ú]	134
Klaszter: - paraméterekre	
43. táblázat. [í], (1.) bemelegítés előtt, 1. dendrogram	136

44. táblázat. [í], szájas bemelegítés után, 2. dendrogram	136
45. táblázat. [í], orros rámelegítés után, 3. dendrogram	137
46. táblázat. [á], (1.) bemelegítés előtt, 4. dendrogram	138
47. táblázat. [á], szájas bemelegítés után, 5. dendrogram	138
48. táblázat. [á], orros rámelegítés után, 6. dendrogram	139
49. táblázat. [ú], (1.) bemelegítés előtt, 7. dendrogram	140
50. táblázat. [ú], szájas bemelegítés után, 8. dendrogram	140
51. táblázat. [ú], orros rámelegítés után, 9. dendrogram	141
Ismételt méréses varianciaanalízis:	
- bemelegítési szakaszokra	
52. táblázat. Teljes csoport	142
- paraméterekre	
53. táblázat. Teljes csoport, [í] magánhangzó	142
54. táblázat. Teljes csoport, [á] magánhangzó	143
55. táblázat. Teljes csoport, [ú] magánhangzó	143
Ötödik kísérleti mérés	
56. táblázat. Az V. kísérleti mérés résztvevőinek statisztikai adatai	144
Páros-t eredmények	
57. táblázat. Teljes csoport, [í]	147
58. táblázat. Női alcsoport, [í]	148
59. táblázat. Férfi alcsoport, [í]	148
60. táblázat. Teljes csoport, [á]	149
61. táblázat. Női alcsoport, [á]	149
62. táblázat. Férfi alcsoport, [á]	150
63. táblázat. Teljes csoport, [ú]	150
64. táblázat. Női alcsoport, [ú]	151
65. táblázat. Férfi alcsoport, [ú]	151
Klaszter:	
- papaméterekre	
66. táblázat. [í], bemelegítés előtt, 1. dendrogram	153
67. táblázat. [í], szájas bemelegítés után, 2. dendrogram	153
68. táblázat. [í], orros rámelegítés után, 3. dendrogram	154
69. táblázat. [á], bemelegítés előtt, 4. dendrogram	155

70. táblázat. [á], szájas bemelegítés után, 5. dendrogram	155
71. táblázat. [á], orros rámelegítés után, 6. dendrogram	156
72. táblázat. [ú], bemelegítés előtt, 7. dendrogram	157
73. táblázat. [ú], szájas bemelegítés után, 8. dendrogram	157
74. táblázat. [ú], orros rámelegítés után, 9. dendrogram	158
Ismételt mérések varianciaanalízis:	
- alkalmakra	
75. táblázat. Teljes csoport	170
76. táblázat. Női alcsoport	170
77. táblázat. Férfi alcsoport	170
- paraméterekre	
78. táblázat. [í], teljes csoport	171
79. táblázat. [á], teljes csoport	171
80. táblázat. [ú], teljes csoport	171
81. táblázat. [í], női alcsoport	171
82. táblázat. [á], női alcsoport	171
83. táblázat. [ú], női alcsoport	172
84. táblázat. [í], férfi alcsoport	172
85. táblázat. [á], férfi alcsoport	172
86. táblázat. [ú], férfi alcsoport	172
Hatodik kísérleti mérés	
87. táblázat. A VI. kísérleti mérés résztvevők statisztikai adatai	175
Páros-t eredmények	
88. táblázat. [í], teljes csoport, szájas-orros	176
89. táblázat. [í], teljes csoport, orros-szájas	177
90. táblázat. [á], teljes csoport, szájas-orros	177
91. táblázat. [á], teljes csoport, orros-szájas	178
92. táblázat. [ú], teljes csoport, szájas-orros	178
93. táblázat. [ú], teljes csoport, orros-szájas	179
94. táblázat. [í], női alcsoport, szájas-orros	179
95. táblázat. [í], női alcsoport, orros-szájas	180
96. táblázat. [á], női alcsoport, szájas-orros	180
97. táblázat. [á], női alcsoport, orros-szájas	181

98. táblázat. [ú], női alcsoport, szájjas-orros	181
99. táblázat. [ú], női alcsoport, orros-szájjas	182
100. táblázat. [í], férfi alcsoport, szájjas-orros	182
101. táblázat. [í], férfi alcsoport, orros-szájjas	183
102. táblázat. [á], férfi alcsoport, szájjas-orros	183
103. táblázat. [á], férfi alcsoport, orros-szájjas	184
104. táblázat. [ú], férfi alcsoport, szájjas-orros	184
105. táblázat. [ú], férfi alcsoport, orros-szájjas,	185
Klaszter:	
- paraméterekre	
106. táblázat. Teljes csoport, [í], szájjas-orros bemelegítés előtt, 1. dendrogram	186
107. táblázat. Teljes csoport, [í], szájjas-orros bemelegítés után, 2. dendrogram	186
108. táblázat. Teljes csoport, [í], orros-szájjas bemelegítés előtt, 3. dendrogram	187
109. táblázat. Teljes csoport, [í], orros-szájjas bemelegítés után, 4. dendrogram	188
110. táblázat. Teljes csoport, [á], szájjas-orros bemelegítés előtt, 5. dendrogram	188
111. táblázat. Teljes csoport, [á], szájjas-orros bemelegítés után, 6. dendrogram	189
112. táblázat. Teljes csoport, [á], orros-szájjas bemelegítés előtt, 7. dendrogram	190
113. táblázat. Teljes csoport, [á], orros-szájjas bemelegítés után, 8. dendrogram	190
114. táblázat. Teljes csoport, [ú], szájjas-orros bemelegítés előtt, 9. dendrogram	191
115. táblázat. Teljes csoport, [ú], szájjas-orros bemelegítés után, 10. dendrogram	192
116. táblázat. Teljes csoport, [ú], orros-szájjas bemelegítés előtt, 11. dendrogram	193
117. táblázat. Teljes csoport, [ú], orros-szájjas bemelegítés után, 12. dendrogram	193
- esetekre	
118. táblázat. Teljes csoport, [á], szájjas-orros bemelegítés előtt, 13. dendrogram	195
119. táblázat. Teljes csoport, [á], szájjas-orros bemelegítés után, 14. dendrogram	196
120. táblázat. Teljes csoport, [á], orros-szájjas bemelegítés előtt, 15. dendrogram	197
121. táblázat. Teljes csoport, [á], orros-szájjas bemelegítés után, 16. dendrogram	198
Ismételt méréses varianciaanalízis:	
- alkalmakra	
122. táblázat. Teljes csoport, szájjas-orros	199
123. táblázat. Teljes csoport, orros-szájjas	199
124. táblázat. Női alcsoport, szájjas-orros	200
125. táblázat. Női alcsoport, orros-szájjas	200
126. táblázat. Férfi alcsoport, szájjas-orros	200

127. táblázat. Férfi alcsoport, orros-szájas - paraméterekre	200
128. táblázat. [í], teljes csoport, szájas-orros	201
129. táblázat. [í], teljes csoport, orros-szájas	201
130. táblázat. [á], teljes csoport, szájas-orros	201
131. táblázat. [á], teljes csoport, orros-szájas	202
132. táblázat. [ú], teljes csoport, szájas-orros	202
133. táblázat. [ú], teljes csoport, orros-szájas	202
134. táblázat. [í], női alcsoport, szájas-orros	202
135. táblázat. [í], női alcsoport, orros-szájas	202
136. táblázat. [á], női alcsoport, szájas-orros	203
137. táblázat. [á], női alcsoport, orros-szájas	203
138. táblázat [ú], női alcsoport, szájas-orros	203
139. táblázat. [ú], női alcsoport, orros-szájas	203
140. táblázat. [í], férfi alcsoport, szájas-orros	203
141. táblázat. [í], férfi alcsoport, orros-szájas	204
142. táblázat. [á], férfi alcsoport, szájas-orros	204
143. táblázat. [á], férfi alcsoport, orros-szájas	204
144. táblázat. [ú], férfi alcsoport, szájas-orros	204
145. táblázat. [ú], férfi alcsoport, orros-szájas	204
Hetedik kísérleti mérés	
146. táblázat. A VII. kísérleti mérés résztvevőinek statisztikai adatai	208
Páros-t:	
147. táblázat. Teljes csoport, 1. és 2. alkalom	210
148. táblázat. Női alcsoport, 1. és 2. alkalom	213
149. táblázat. Férfi alcsoport, 1. és 2. alkalom	215
150. táblázat. Szoprán alcsoport, 1. és 2. alkalom	217
151. táblázat. Mezzo alcsoport, 1. és 2. alkalom	219
Cohen-d:	
152. táblázat. [í], teljes csoport, 1./2. alkalom	221
153. táblázat. [e], teljes csoport, 1./2. alkalom	221
154. táblázat. [ő], teljes csoport, 1./2. alkalom	222
155. táblázat. [á], teljes csoport, 1./2. alkalom	222

156. táblázat. [a], teljes csoport, 1./2. alkalom	223
157. táblázat. [ó], teljes csoport, 1./2. alkalom	223
158. táblázat. [ú], teljes csoport, 1./2. alkalom	223
Regresszió:	
159. táblázat. [í], teljes csoport, 1./2. alkalom	224
160. táblázat. [á], teljes csoport, 1./2. alkalom	225
161. táblázat. [ú], teljes csoport, 1./2. alkalom	226
162. táblázat. Bemelegítések hatása az R ² -re. Összesítő	227
Klaszter paraméterekre:	
163. táblázat. [í], 1. alkalom, bemelegítés előtt és után	229
164. táblázat. [í], 2. alkalom, bemelegítés előtt és után	230
165. táblázat. [á], 1. alkalom, bemelegítés előtt és után	232
166. táblázat. [á], 2. alkalom, bemelegítés előtt és után	232
167. táblázat. [ú], 1. alkalom, bemelegítés előtt és után	233
168. táblázat. [ú], 2. alkalom, bemelegítés előtt és után	235

10.3. Irodalomjegyzék

Adorján Ilona (1996): *Hangképzés, énektanítás*. Eötvös József Könyvkiadó, Budapest.

Alku P. (2011): Glottal inverse filtering of human voice production – A review of estimation and parameterization methods of the glottal excitation and applications. *Sadhana*, **36**. 5. sz. 623-650.

Altorjay Tamás, Csíkos Csaba és Osvay Károly (2012): 5th International Congress of WVC (október 27-31. Luxor, Egyiptom): *Comparision of different warm-up strategies for singing voice*, Free Papers 73.(a)

Altorjay Tamás, Csíkos Csaba és Osvay Károly (2012): A Munka és Nevelés Világa a Tudományban, XII. ONK (november 8-10, Budapest) Új Kutatások a Neveléstudományokban ONK 2012 kötet: *Hangképzési bemelegítő gyakorlatok hatásvizsgálata*. 441-454.(b)

Altorjay Tamás (2012): RODOSZ XIII. (november 9-11, Kolozsvár, Románia), XII. RODOSZ konferencia kötet: *Énekesek és énekes-hallgatók egészségtana* (c)

- Altorjay Tamás (2012): Tudomány és Oktatás AGTEDU (november 13, Kecskemét), Kecskeméti Főiskola konferencia kötete (13.): *A magánének oktatás pedagógiai szempontú áttekintése*. 221-227. (d)
- Altorjay Tamás (2012): *Beszámoló az 5. Hang Világkongresszusról*. PARLANDO 2012/6. Budapest. (e)
- Altorjay Tamás (2013): Neveléstudományi és Szakmódszertani Konferencia (január 7-8, Révkomárom, Szlovákia). A nevelés sajátos aspektusai konferencia kötet: *Hibalehetőségek a klasszikus hangképzésnél*. 489-497.(a)
- Altorjay Tamás (2013): *Beszámoló a Kodály Zoltán Zenepedagógiai Konferenciáról*. PARLANDO 2013/3. Budapest. (b)
- Altorjay Tamás, Csíkos Csaba és Osvay Károly (2013): 10th Pan-European Voice Conference (augusztus 21-24, Prága, Csehszlovákia): *Comparison of two Different Warm-up Strategies for singing Voice*. Singing Pedagogy and Science, 318. (c)
- Altorjay Tamás, Csíkos Csaba és Osvay Károly (2013): ONK (november 7-9, Eger): *Két eltérő hangbemelegítési gyakorlat összehasonlítása*. (d)
- Altorjay Tamás (2013): Kecskeméti Főiskola AGTEDU konferencia kötet (14.): *A hangképzés és kutatásának legújabb eredményei a 10. PEVOC nemzetközi konferencia előadásainak tükrében*. GRADUS online kötet, 2.1. sz. 120-126. (e)
- Altorjay Tamás (2014): *Beszámoló a 10. PEVOC Konferenciáról*. PARLANDO 2014/1. Budapest. (a)
- Altorjay Tamás (2014): *The Effect of Different Warming-Up Sessions on the Singing Voice*, 12th Conference on Educational Assessment (CEA), Szeged, Hungary (b)
- Altorjay Tamás, Csíkos Csaba és Osvay Károly (2015): *Warm-Up Sessions for Singing with Phases of Opposite Sequences*, 13th Conference on Educational Assessment (CEA), Szeged, Hungary (a)
- Altorjay Tamás és Csíkos Csaba (2015): 11th Pan-European Voice Conference (szeptember 1-4, Firenze, Olaszország): *Effects of Different Warming-up Sessions on the Singing Voice*. (S1). (b)
- Altorjay Tamás és Bihari Adél (2015): *Beszámoló a 11. PEVOC Konferenciáról*. PARLANDO 2015/5-6. Budapest. (c)
- Altorjay Tamás (2016): 17. Nemzetközi zenei konferencia (SZTE JUGYU, október 17-18, Szeged): *A különböző éneklési módok "emancipációja" a mai énekesi gyakorlatban*. (a)
- Altorjay Tamás (2016): XVI. ONK (Szeged, november 17-19): *Hogyan melegítsük be az énekhangot?*(b)

- Andrade P.A. (2012): Analysis of Male Singers Laryngeal Vertical Displacement during the First Passaggio and its Implications on the Vocal Folds Vibratory Pattern. *Journal of Voice*. **26**. 5. sz. 665e19-665e24.
- Andrade, P. A., Wood, G., Ratcliffe, P., Epstein, R., Pijper, A. és Svec, J.G. (2013): Electroglossographic Study of Seven Semi-Occluded Exercises: Lax Vox, Straw, Lip-Trill, Tongue-Trill, Humming, Hand-Over-Mouth, and Tongue-Trill Combined with Hand-Over-Mouth. *Journal of Voice*, **27**. 1-7.
- Austin, S. F. (1997): Movement of the Velum During Speech and Singing in Classically Trained Singers. *Journal of Voice*, **11**. 2. sz. 212-221.
- Brown, W. és Lamperti, G. B. (1931): *Vocal Wisdom*. Taplinger Publishing Company, New York.
- Bakhsahae H., Moro Ch., Kost K., Mongeau L. (2013): Three-Dimensional Reconstruction of Human Vocal Folds and Standard Laryngeal Cartilages Using Computed Tomography Scan Data. *Journal of Voice*, **27**. 6. sz. 769-777.
- Barkóczi Ilona és Pléh Csaba (1972): *Kodály zenei nevelési módszerének pszichológiai hatásvizsgálata*. Petőfi Nyomda, Kecskemét.
- Cabrera D., Davis P.J., Conolly A. (2011): Long-Term Horizontal Vocal Directivity of Opera Singers: Effect of Singing Projection and Acoustic Environment. *Journal of Voice*, **25**. 6. sz. 291-303.
- Chapman, J. L. (2006): *Singing and Teaching Singing*. Plural Publishing, San Diego.
- Chen, F.C., Ma, E. P. M. és Yiu, E. M. L. (2014): Facial Bone Vibration in Resonant Voice Production. *Journal of Voice*, **28**. 1-7.
- Csapó Benő (1988): *Az iskolai tudás*, Osiris kiadó, Budapest.
- Dayme M.B., Chapman J. (2000): Taxonomy of Singers Used as Subjects in Scientific Research. *Journal of Voice*, **14**. 3. sz. 363-369.
- Dayme, M. B. (2009): *Dynamics of the Singing Voice*. SpringerWien, NewYork.
- Dargin, T. C. és Searl, J. (2015): Semi-Occluded Vocal Tract Exercises: Aerodynamic and Electroglossographic Measurements of Singers. *Journal of Voice*, **29**. 2. sz. 155-164.
- Deguchi Sh., Kawahara Y., Takahashi S. (2011): Cooperative Regulation of Vocal Fold Morphology and Stress by the Cricothyroid and Thyroarytenoid Muscles. *Journal of Voice*, **25**. 6. sz. 255-263.

- Echternach M., Traser L., Richter B. (2012): Perturbation of Voice Signals in Register Transitions on Sustained Frequency in Professional Tenors. *Journal of Voice*, **26**. 5. sz. 674.e9-674.e15.
- Echternach M., Traser L., Richter B. (2014): Vocal Tract Configurations in Tenors' Passaggio in Different Vowel Conditions – A Real-Time Magnetic Resonance Image Study. *Journal of Voice*, **28**. 2. sz. 262.e1-262.e8.
- Edgar J. (2008): Effects of Eating on Professional and Amateur Singers for Select Pulmonary and Vocal Tasks. *Journal of Voice*, **22**. 6. sz. 721-726.
- Elliot E., Sundberg J., Gramming P. (1995): What Happens During Vocal Warm-Up? *Journal of Voice*, **9**. 1. sz. 37-44.
- Enflo L., Sundberg J., McAllister A. (2013): Collision and Phonation Threshold Pressures Before and After Loud, Prolonged Vocalization in Trained and Untrained Voices. *Journal of Voice*, **27**. 5. sz. 527-530.
- Fachinatto A.P.A., Duprat A. de C., Silva M.A., Bracher E.S.B., Benedicto C.de C., Luz V.B.C., Nogueira M.N., Fonseca B.S.G. (2015): Effect of Spinal Manipulative Therapy on the Singing Voice. *Journal of Voice*, **29**. 5. sz. 645.e33-645.e39.
- Farkas Ödön (1907): *Az Énekhang. A Hangfejlesztés és Hangérlelés Új Rendszere*. Pesti Könyvnyomda-Részvénytársaság, Budapest.
- Frint Tibor és Surján László (1982): *A hangképzés és zavarai, beszédzavarok*. Medicina, Budapest.
- Forczmanski P. (2015): Evaluation of Singers's Voice Quality by Means of Visual Pattern Recognition. *Journal of Voice*, **29**. 1-10.
- Guzman, M., Rubin, A., Munoz, D. és Jackson-Menaldi, C. (2013): Changes in Glottal Contact Quotient During Resonance Tube Phonation and Phonation with Vibrato. *Journal of Voice*, **27**. 3. sz. 305-311. (a)
- Guzman, M., Laukkanen, A. M., Krupa, P., Horacek, J., Svec, J. G. és Geneid, A. (2013): Vocal Tract and Glottal Function During and After Vocal Exercising with Resonance Tube and Straw. *Journal of Voice*, **27**. 4. sz. 523.e19-523.e34. (b)
- Gish A., Kunduk M., Sims L., McWhorter AJ.(2012): Vocal Warm-Up Practices and Perceptions in Vocalists: A Pilot Survey. *Journal of Voice*, **26**. 1. sz. e1-e10.
- Gobl Ch., Mahshie J. (2013): Invers Filtering of Nasalized Vowels Using Synthesized Speech. *Journal of Voice*, **27**. 2. sz. 155-169.

- Gósy Mária (2004): *Fonetika, a beszéd tudománya*. Osiris, Budapest.
- Granqvist S., Hertegard St., Larsson H., Sundberg J. (2003): Simultaneous Analysis of Vocal Fold Vibration and Transglottal Airflow: Exploring a New Experimental Setup. *Journal of Voice*, **17**. 3. sz. 319-330.
- Hamdan A-L., Hussein S.T., Halawi A., Sibai A. (2011): Arytenoid Asymmetry in Relation to Vocal Symptoms in Singers. *Journal of Voice*, **25**. 2 sz. 241-244.
- Hampala, V., Laukkanen, A. M., Guzman, M. A., Horacek, J. és Svec J.G. (2015): Vocal Fold Adjustment Caused by Phonation into a Tube: A Double-Case Study Using Computed Tomography. *Journal of Voice*, **29**. 1-10.
- Herbst Ch.T., Hess M., Müller F., Svec J.G., Sundberg J. (2015): Glottal Adduction and Subglottal Pressure in Singing. *Journal of Voice*, **29**. 4. sz. 391-402.
- Hiramatsu H., Tokashiki R., Nakamura H., Motohashi R., Sakurai E. (2011): Analysis of High-Pitched Phonation Using Three-Dimensional Computed Tomography. *Journal of Voice*, **26**. 5. sz. 548-554.
- Hirschberg Jenő, Hacki Tamás és Mészáros Krisztina (2013): *Foniátria és Társtudományok*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Hollien H., Mendes-Schwartz A.P., Nielsen K. (2000): Perceptual Confusion of High-pitched Sung Vowels. *Journal of Voice*, **14**. 2. sz. 287-298.
- Iwarsson J., Sundberg J. (1998): Effects of Lung Volume on Vertical Larynx Position during Phonation. *Journal of Voice*, **12**. 2. sz.159-165. (a)
- Iwarsson J., Thomasson M., Sundberg J. (1998): Effects of Lung Volume on the Glottal Voice Source. *Journal of Voice*, **12**. 4. sz. 423-433. (b)
- Jacobs M.A., Kenny D.T. (2005): Effects of Topical Anesthetic and Flexible Fiberoptic Laryngoscopy on Professional Sopranos. *Journal of Voice*, **19**. 4. sz. 645-664.
- Jelenik Gábor (1991): *Út a Természetes Énekléshez*. Akkord Kiadó Kft, Budapest.
- Jiang M., Yang Z., Feng B., You M., Wang H. (2015): The Effect of Sound Intensity on Velopharyngeal Function in Normal Individuals. *Journal of Voice*, **29**. 1. sz. 44-52.
- Johnson G., Skinner M. (2009): The Demands of Professional Opera Singing on Cardio-Cervical Posture. *European Spine Journal*, **18**. 562-569.
- Johnson-Read L., Chmiel A., Schubert E., Wolfe J. (2015): Performing Lieder: Expert Perspectives and Comparison of Vibrato and Singer's Formant with Opera Singers. *Journal of Voice*, **28**. 5. sz. 645.e15-645.e32.
- Kerényi Miklós György (1985): *Az Éneklés Művészete és Pedagógiája*. Zeneműkiadó, Budapest.

- Kob M., Jers H. (2000): *Directivity Measurement of a Singer*. Technical University of Aachen.
- Konta Ildikó és Zsolnai Anikó (2002): *A szociális készségek játékos fejlesztése az iskolában*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Lam-Tang J.A., Boliek C.A., Rieger J.M. (2008): Laryngeal and Respiratory Behavior during Pitch Changes in Professional Singers. *Journal of Voice*, **22**. 6. sz. 622-633.
- Lamesh S., Doval B., Castellengo M., (2012): Toward a More Informative Range Profile: The Role of Laryngeal Vibration Mechanisms on Vowels Dynamic Range. *Journal of Voice*. **26**. 5. sz. 672e9-672e18.
- Lamperti Giovanni Battista (1931): *Vocal Wisdom*. Taplinger Publishing Company, New York.
- Langer János (1870): *Énektan*. Schwertschig és Pietsch, Pest.
- Laukkanen A-M., Sundberg J. (2008): Peak-to Peak Glottal Flow Amplitude as a Function of F0. *Journal of Voice*, **22**. 6. sz. 614-621.
- Laukkanen A-M., Horacek J., Havlik R. (2012): Case-study Magnetic Resonance Imaging and Acoustic Investigation of the Effects of Vocal Warm-up on two Voice Professionals. *Logopedics Phoniatics Vocology*, **37**. 75-82.
- Laurrey-Maestri P., Leveque J., Schön D., Giovanni A., Morsomme D. (2013): The Evaluation of Singing Voice Accuracy: A Comparison between Subjective and Objective Methods. *Journal of Voice*, **27**.2. sz. 259.e1-259.e5.
- Lehto L., Airas M., Björkner E., Sundberg J., Alku P. (2007): Comparison of Two Inverse Filtering Methods in Parameterization of the Glottal Closing Phase Characteristics in Different Phonation Types. *Journal of Voice*, **21**. 2. sz. 138-150.
- Löfqvist A. (1991): Inverse Filtering as a Tool in Voice Research and Therapy. *Scand. Journal Logopedics Phoniatics Vocology*, **16**. 8-16.
- Marchesi M. (1887/1970): *Bel Canto a Theoretical and Practical Vocal Method*. Dover Publication, New York.
- Mautner H.D. (2015): An Acoustic and Electroglottographic Study of the Aging Voice with and Without an Open Jaw Posture. *Journal of Voice*, **29**. 4. sz. 518.e1-518.e11.
- McHenry M., Jim Johnson J., Porianne Foshea P. (2009): The Effects of Specific Versus Combined Warm –Up Strategies on the Voice. *Journal of Voice*, **23**. 5. sz. 572-576.
- McHenry M., Evans J., Powitzky E. (2015): Vocal Assessment Before, After and the Day after Opera Performance, *Journal of Voice*, **29**. 1-6.

- Mihályffy Lövetei Irén (1939): *Értekezés az Énekhangszer Kezeléséről és annak Épségbentartásáról*. Kolozsvár. In: Szabadyné Békési Magdolna (2005): *Kolozsvár és Ungvár Magánének-Oktatásának Története*. SZTE Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó, Szeged.
- Miller R. (2004): *Solution for Singers*. Oxford University Press, New York.
- Miller N.A., Gregory J.S., Semple S.I.K., Aspden R.M., Stollery P.J., Gilbert F.J. (2012): Relationships between Vocal Structures, the Airway, the Cranioservical Posture Investigated Using Magnetic Resonance Imaging. *Journal of Voice*, **26**. 1. sz. 102-109.
- Millgard M., Fors T., Sundberg J. (2015): Flow Glottogram Characteristics and Perceived Degree of Phonatory Pressedness. *Journal of Voice*, **29**. 1-6.
- Molnár Imre: *Eufonetika*. Zeneműkiadó, Budapest. 1966.
- Moorcroft L., Kenny D.T. (2013): Singer and Listener Perception of Vocal Warm-Up. *Journal of Voice*, **27**. 2. sz. 258.e1-258.e13.
- Morris R.J., Ternström S., LoVetri J., Berkun D. (2012): Long-Term Average Spectra from a Youth Choir Singing in Three Vocal Registers and Two Dynamic Levels. *Journal of Voice*, **26**. 1. sz. 30-36.
- Mürbe D., Pabst F., Hofmann G., Sundberg J. (2004): Effects of a Professional Solo Singer Education on Auditory and Kinesthetic Feedback - A Longitudinal Study of Singers' Pitch Control. *Journal of Voice*, **18**. 2. sz. 236–241.
- Mürbe D., Zahnert Th., Kuhlisch E., Sundberg J. (2007): Effects of Professional Singing Education on Vocal Vibrato—A Longitudinal Study. *Journal of Voice*, **21**. 6. sz. 683–688.
- Nagy József (2000): *XXI. század és nevelés*. Osiris, Budapest.
- Nair A., Nair G., Reishofer G. (2016): The Law Mandible Maneuver and its Resonant Implications for Elite Singers. *Journal of Voice*, **30**. 1. sz. 128.e13-128.e32.
- Nádor Magda (2004): *Nem egyformán Lélegzünk*. DLA dolgozat. Budapesti Zeneművészeti Egyetem, Budapest.
- O'Connor K. (2004): "Singing with an Open Throat": Vocal Tract Shaping. *Journal of Acoustical Society of America*, **116**. 2434-2439.
- Omori K., Kacker A., Carroll L., M., Riley W., D., Blaugrund S.M. (1996): Singing Power Ratio: Quantitative Evaluation of Singing Voice Quality. *Journal of Voice*, **10**. 3. sz. 228-235.
- Petterson V., Westgaard R.H. (2004): Muscle activity in professional classical singing: a

- study on muscles in the shoulder, neck and trunk. *Logopedics Phoniatrics Vocology*. **29**. 2. sz. 56-65.
- Phillips, S., M. (2012): Éneklés. Tantusz Kiadó, Budapest.
- Pulakka H. (2005): *Analysis of Human Voice Production Using Invers Filtering, High-Speed Imaging and EGG*. Doktori értekezés. Helsinki University of Technology.
- Roers F., Mürbe D., Sundberg J. (2009): Predicted Singers' Vocal Fold Length and Voice Classification – A Study of X-Ray Morphological Measures. *Journal of Voice*, **23**. 4. sz. 408-413.
- Rossing, Th., D. (2007): *Handbook of Acoustic*. Springer, New York. 669-712.
- Sandage M.J., Connor N.P., Pascoe D.D. (2013): Voice Function Differences Following Resting Breathing versus Submaximal Exercise. *Journal of Voice*, **27**. 5. sz. 572-578.
- Simberg, S. és Laine, A. (2007): The Resonance Tube Method in Voice Therapy: Description and Practical Implementations. *Logopedics Phoniatrics Vocology*. **32**. 165-170.
- Staes F.F., Jansen L., Vilette A., Coveliers Y., Daniels K., Decoster W. (2011): Physical Therapy as a Means to Optimize Posture and Voice Parameters in Student Classical Singers: A Case Report. *Journal of Voice*, **25**. 3. sz. e91-e101.
- Sulter A.M., Wit H.P., Schutte H.K., Miller D.G. (1994): A Structured Approach to Voice Range Profile (Phonetogram Analysis). *Journal of Speech and Hearing Research*, **37**. 1076-1086.
- Sundberg, J. (1987): *The Science of the Singing Voice*. Northern Illinois University Press, Dekalb, Illinois.
- Sundberg J., Iwarsson J., Billström A-M.H. (1995): Significance of Mechanoreceptors in the Subglottal Mucosa for Subglottal Pressure Control in Singers. *Journal of Voice*, **9**. 1. sz. 20-26.
- Sundberg J., Thalén M., Alku P., Vilkmán E. (2004): Estimating Perceived Phonatory Pressedness in Singing From Flow Glottograms. *Journal of Voice*, **18**. 1. sz. 56-62.
- Sundberg, J., Birch, P., Gümöes, B., Stavvad, H., Prytz, S. és Karle, A. (2007): Experimental Findings on the Nasal Tract Resonator in Singing. *Journal of Voice*, **21**. 2. sz. 127–137.
- Szabadyné Békési Magdolna (2002): *I. A Szegedi Énekoktatás*. SZTE Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó, Szeged.
- Szabadyné Békési Magdolna (2005): *III. Kolozsvár és Ungvár Magánének-Oktatásának Története*. SZTE Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó, Szeged.

- Szamosi Lajos (2005): *A Szabad Éneklés Útja*. Bükk Kultúrájáért Művészeti Alapítvány, Eger.
- Tao Ch., Jiang J.J., Czerwonka L. (2010): Liquid Accumulation in Vibrating Vocal Fold Tissue: A Simplified Model Based on a Fluid-Saturated Porous Solid Theory. *Journal of Voice*, **24**. 3. sz. 260-269.
- Tarnóczy Tamás (1982): *Zenei Akusztika*. Zeneműkiadó, Budapest.
- Thomanson M., Sundberg J. (2001): Consistency of Inhalatory Breathing Patterns in Professional Operatic Singers. *Journal of Voice*, **15**. 3. sz. 373-383.
- Tóvölgyi Elemér és Sík József (1907): *Énekesek orvosa*. Mai Henrik és Fia Könyvkereskedése, Budapest.
- Traser L., Burdumy M., Richter B., Vicari M., Echternach M. (2013): The Effect of Suspine and Upright Position on Vocal Tract Configurations during Singing- A Comparative Study in Professional Tenors. *Journal of Voice*, **27**. 2. sz. 141-148.
- Turmezeyné Heller Erika (2010): *A zenei tehetség felismerése és fejlesztése*. Géniusz, Budapest.
- Vampola, T., Laukkanen, A-M., Horacek, J. és Svec, J.G. (2011): Vocal Tract Changes Caused by Phonation into Tube: A Case Study Using Computer Tomography and Finite-element Modelling. *Journal of Acoustic Society of America*. **129**. 1. sz. 310-315.
- Watts, Ch.R., Barnes-Burroughs, K., Estis, J. és Blanton, D. (2006): The Singing Power Ratio as an Objective Measure of the Singing Voice Quality in Untrained Talented and Nontalented Singers. *Journal of Voice*. **20**. 82-88.
- Watson B.C., Baken R.J., Roark R.M. (2016): Effect of Voice Onset Type on Vocal Attack Time. *Journal of Voice*, **30**.1. sz. 11-14.
- Venetianer Pál (2010): Létezik-e az emberi beszédgég? *A Természet Világa*, **141**. 1 sz. 35-37.
- Ventura S.M.R., Freitas D.R.S., Ramos J.M.A.P., Tavares J.M.R.S. (2013): Morphologic Differences in the Vocal Tract Resonance Cavities of Voice Professionals: An MRI-Based Study. *Journal of Voice*, **27**. 2. sz. 132-140.
- Yiu, E.M.-L., Chen, F.C., Lo, G. és Pang, G. (2012): Vibratory and Perceptual Measurement of Resonant Voice. *Journal of Voice*. **26**. 5. sz. 675.e13-675.e19.

11. Mellékletek

Itt összegyűjtöttük a kísérletek során alkalmazott bemelegítő gyakorlatokat. Nyomon követhetők az elnevezések, a dallamok, a ritmus, a hangterjedelem és az énekelt szótagok alakulása, fejesztése.

Előmérés

A.T.

hangfelmérés

♩ = 100

ó ó ó ó ó ó ó ó ó ó nó nó nó bó bó bó pló fló vó jó vó jó

Az előmérésnél csak egy magas [ó] és egy mély [ó] magánhangzót használtunk változatos mássalhangzós környezetben, az egymásra hatásuk hangképi következményeit figyelve.

I. kísérleti mérés

gyakorlatok

A.T.

zárt, majd nyitott szájas dúdolás
mő - nyó mő - nyó ...
nől - ló nőg - ró ...
móg - ló zárt dúdolás hó - hó hó - hó

Az első kísérleti mérésnél a dúdolás és a nazális mássalhangzós skálák hatását vizsgáltuk.

Második kísérleti mérés: „koponyaüreges” gyakorlatok

II. kísérleti mérés

1. csoport, koponyaüreges, lányok

A.T.

♩ = 100

dúdolások (először) zárt szájjal, majd nyitott szájjal
műb - bú műb - bú műb - bú
nül - lű nül - lű ...
gyűj - jű gyűj - jű ...
gúny - nyú gúny - nyú ...

II. kísérleti mérés

I. csoport, koponyaüreges, fiúk

A.T.

Dúdolások (először - zárt szájjal, majd nyitott szájjal)

műb - bú -	műb - bú	műb - bú - műb - bú
múl - lú -	múl - mű	
gyűj - jú	gyűj - jú	
gúny - nyú	gúny - nyú	

II. kísérleti mérés

2. csoport, koponyaüreges, női

A.T.

♩ = 100

Szoprán

zárt, majd nyitott szájas dúdolás ...
múm - mú múm - mú múm - mú múm - mú múm - mú
nún - nú nún - nú ...

Szoprán

nyúny - nyú nyúny - nyú ...
gúny - nyú gyúny - nyú ...
zárt szájas dúdolás ...

II. Kísérleti mérés

3. csoport, koponyüreges, női

A.T.

♩ = 100

Szoprán

nyitott szájas dúdolás ...
gúny - nyú gúny - nyú gúny-nyú gúny-nyú gúny-nyú gúny-nyú gúny - nyú
gún - nú gún - nú ...

Szoprán

zárt szájas dúdolás ...
gúm - mú gúm - mú ...
húh - hú húh - hú

II. kísérleti mérés

3. csoport, koponyaüreges, férfi

A.T.

$\text{♩} = 100$

Basszus

nyitott szájas dúdolás ...
gúny - nyú gúny - nyú ...
gún - nú gún - nú ...

Basszus

zárt szájas dúdolás ...
gúm - mú gúm - mú ...
húh - hú húh - hú ...

Második kísérleti mérés: „szájüreges” gyakorlatok

II. kísérleti mérés

I. csoport, szájüreges, lányok

A.T.

$\text{♩} = 100$

pep - pe - pep - pe pep - pe pep - pe
fef - fe - fef - fe ...
tet - te tet - te ...
jáj - já jáj - já ...
lál - lá lál - lá ...
rar - ra rar - ra ...
hah - ha hah - ha ...

II. kísérleti mérés

I. csoport, szájüreges, fiúk

A.T.

$\text{♩} = 100$

pep - pe pep - pe pep - pe pep - pe
fef - fe fef - fe ...
tet - te tet - te ...
jáj - já jáj - já ...
lál - lá lál - lá ...
rar - ra rar - ra ...
hah - ha hah - ha ...

II. kísérleti mérés

2. csoport, szájüreges, nők

A.T.

$\text{♩} = 100$

Ének

pep - pe pep - pe ...
 fef - fe fef - fe ...
 szósz - szó szósz - szó ...
 sós - só sós - só ...

Ének

jáj - já jáj - já ...
 lál - lá lál - lá ...
 rar - ra rar - ra ...
 hah - ha hah - ha ...

II. kísérleti mérés

3. csoport, szájüreges, nők

A.T.

$\text{♩} = 100$

Ének

pa - pe - pá pa - pe - pá ...
 fa - fe - fá fa - fe - fá ...
 sa - se - sá sa - se - sá ...

Ének

la - le - lá la - le - lá ...
 ha - he - há ha - he - há ...
 ú - á - ú í - á - í ú - á - ú

II- kísérleti mérés

3. csoport, szájüreges, férfiak

A.T.

$\text{♩} = 100$

Basszus

pa - pe - pá pa - pe - pá ...
 fa - fe - fá fa - fe - fá ...
 sa - se - sá sa - se - sá ...

Basszus

la - le - lá la - le - lá ...
 ha - he - há ha - he - há ...
 ú - á - ú í - á - í ú - á - ú

Harmadik kísérleti mérés: „orros” gyakorlatok

III. kísérleti mérés

orros gyakorlatok, nők

A.T.

Ének

dúdolás ... dúdolás ...
nyú - gú-nyú gú - nyú ...
nű - gyű-nű gyű - nű ...
mú - rű-mű rű - mű ...

Ének

dúdolás ... dúdolás ...
nyú - go-nyó nyú - gó ...
nű - gya-na nű - gya ...
mú - rá-má mú - rá ...

III. kísérleti mérés

orros gyakorlatok, férfiak

A.T.

Basszus

dúdolás ... dúdolás ...
nyú - gú-nyú gú - nyú ...
nű - gyű-nű gyű - nű ...
mú - rű-mű rű - mű ...

Basszus

dúdolás ... dúdolás ...
nyú - go-nyó nyú - gó ...
nű - gya-na nű - gya ...
mú - rá-má mú - rá ...

Harmadik kísérleti mérés: „szájas” gyakorlatok

III. kísérleti mérés

szájas gyakorlatok, nők

A.T.

Ének

á - á - á - á - á ...
há - hí - há - hí - há ...
szá - szé - szá - szé - szá ...
fá - fe - fá - fe - fá ...

Ének

há - hú - há - hú - há ...
szá - szó - szá - szó - szá ...
fá - fa - fá - fa - fá ...
á - á - á - á - á ...

III. Kísérleti mérés

szájjas gyakorlatok, férfiak

A.T.

Basszus

á - á - á - á - á ...
há - hí - há - hí - há ...
szá - szé - szá - szé - szá ...
fá - fe - fá - fe - fá ...

Basszus

há - hú - há - hú - há ...
szá - szó - szá - szó - szá ...
fá - fa - fá - fa - fá ...
á - á - á - á - á ...

Negyedik kísérleti mérés: „szájjas” bemelegítő, és „orros” rámelegítő szakasz gyakorlatai

IV. Kísérleti mérés

szájjas bemelegítő szakasz 1.dallam

A.T.

$\text{♩} = 100$

fi - rá - pi - rá fi - rá - pi - rá fi - rá - pi - rá ... fi
té - rá - sé - rá té - rá - sé - rá té - rá - sé - rá ... té
sza - já - la - já sza - já - la - já sza - já - la - já ... sza

szájjas bemelegítő szakasz, 2. dallam

A.T.

$\text{♩} = 100$

tyú - lá - tyú lá - tyú - lá tyú - lá - tyú lá - tyú - lá tyú
há - há - há há - há - há há - há - há há - há - há há

IV. kísérleti mérés

orros bemelegítő szakasz, 1-2. dallam

A.T.

Ének

zárt szá - jas dú - dol - lás ...
 nyi - tott szá - jas dú - do - lás ...
 ú - á - ú - á ú - á - ú - á ...

Ének

zárt szá - jas dú - do - lás ...
 nyi - tott szá - jas dú - do - lás ...
 ú - á - ú - á - ú - ú - á - ú - á - ú ...

Ötödik kísérleti mérés: „szájas” bemelegítő szakasz gyakorlatai

V. Kísérleti mérés

szájas bemelegítő szakasz, 1. dallam, nők

A.T.

fá - fá lá - lá fá - fá lá - lá ...
 sá - sá lá - lá sá - sá lá - lá ...
 há - há há - há há - há há - há ...

V. Kísérleti mérés

szájas bemelegítő szakasz, 1. dallam, ffi

A.T.

V. Kísérleti mérés

szájjas bemelegítő szakasz, 2. dallam, nők

A.T.

lá - lá lá - lá lá - lá lá - lá ...
há - há há - há há - há há - há ...
á - ú á - ú á - ó á - ó á - a á - a á - ú - á

V. Kísérleti mérés

szájjas bemelegítő szakasz, 2. dallam, ffi

A.T.

Ötödik kísérleti mérés: „orros” rámelegítő szakasz gyakorlatai

V. Kísérleti mérés

orros rámelegítéssel szakasz, 1-2. dallam, nők

A.T.

Ének
zárt zön - ge ...
zárt zön - ge* ...
gú - nyú ...

Ének
nyi - tott ...
nyi - tott* ...
gú - nyú ...

V. Kísérleti mérés

orros rámelegítés, 1-2. dallam, ffi

A.T.

Basszus

Basszus

Hatodik kísérleti mérés: „orros” bemelegítési szakasz gyakorlatai

VI. Kísérleti mérés

orros bemelegítés, 1-2. dallam, nők

A.T.

Ének

zárt zön - ge ...
zárt zön - ge* ...
gú - nyú gú ...

Ének

nyi - tott ...
nyi - tott * ...
gú - nyú gú ...

Hatodik kísérleti mérés: „szájas” rámelegítési szakasz gyakorlatai

VI. Kísérleti mérés

szájas bemelegítés, 1.dallam, nők

A.T.

fá - fá lá - lá fá - fá lá - lá ...
sá - sá lá - lá sá - sá lá - lá ...
há - há há - há há - há há - há ...

VI. Kísérleti mérés

szájas bemelegítés, 2. dallam, nők

A.T.

lá - lá lá - lá ...
há - há há - há ...
á - ú á - ú á - ó á - ó á - a á - a á - ú - á

Hetedik kísérleti mérés gyakorlatai:

VII. Kísérleti mérés

Toldalékcső ellenállását fokozó gyakorlatok

A.T.

1. oron át ki-be légzés 2. orbelégzés majd szájkilégzés, de pofafelfújással 3

dú - do - lás zárt száj - jal
dú - do - lás nyi - tott száj - jal, orr - csip - te - tés az ü - tem - vo - na - lak - nál
mő - nő - nyő mő - nő - nyő ...
bő - ró - gő bő - ró - gő ...
é - nek - lés PVC cső - be ...

VII. Kísérleti mérés

Toldalékcső ellenállását csökkentő gyakorlatok

A.T.

1. száj-lihegés 2. ásítás nyelvkinnyújtással 3. öklendezés szárazon

fő - ső - lő fő - ső - lő fő - ső - lő ...
sző - lő - hő sző - lő - hő sző - lő - hő ...
í - é - e - ű - ő - á a - ó - ú ...