

Röntgenfelvételek a száj- és garatüreg változásairól magánhangzók képzése közben.

A helyes hangfelosztás legfontosabb követelménye az, hogy az egyes hangképzőszervek állását, helyzetét és működését lehetőleg pontosan ismerjük, és így feltevések helyett tényekre építjük a beszédhangok csoportozását. Az újabb időkig azonban az ajkak működésén kívül alig lehetett más hangképzőszervet könnyen megfigyelni. Hiszen a legfontosabb artikuláló szervek: a nyelv, inyvitörla, gégefő stb. gondosan el vannak rejtve a kutató szem elöl; azaz, hogy csak voltak, mert ma röntgensugár segítségével már ezeket a szerveket is meg tudjuk figyelni. 1931 óta végeztem megfigyeléseket röntgenfényvel különböző beszédhangokon s igen sok meglepő és fontos mozzanatot sikerült felfednem, melyek biztos támpontot adnak a beszédhangok helyes megítélésére.¹⁾

A felvétel technikájára vonatkozólag a következőket jegyezhetjük meg: a nyelv középvonalának megjelölésére a felvételek legtöbbszörénél vékony és hajlékony, laza szemű aranyláncot helyeztünk a kísérleti személy nyelvére. A lánc külső végét ragasztótapasszal az alsó ajakra erősítettük, szabad végét pedig néhány korty vízzel lenyelettük. A lánc olyan könnyű és vékony volt, hogy a beszélőben a kényelmetlenség legkisebb érzését sem váltotta ki. Készítettünk felvételeket úgy is (pl. 2. ábra), hogy lipiodollal jelöltük meg a kísérleti személy nyelvének, szájpadrásának és inyvitörlijának középvonalát, valamint garatüregének falát. Az átvilágításhoz Siemens-Dofok lámpát használtunk, hogy bármely pillanatban készíthessünk felvételt. Az átvilágítás alkalmával 70 kw., 6 ma., volt a lámpa terhelése, felvételnél

¹⁾ A felvételeket részben a Rókus-kórház röntgen-laboratóriumában, részben pedig a pécsi Erzsébet T. E. Röntgen-Intézetében készítettük. Vizsgálódásaim szíves támogatásáért itt mondok hálás köszönetet dr. Hermann János egyetemi tanársegéd úrnak, ill. dr. Rhorer László egyetemi ny. r. tanár úrnak.

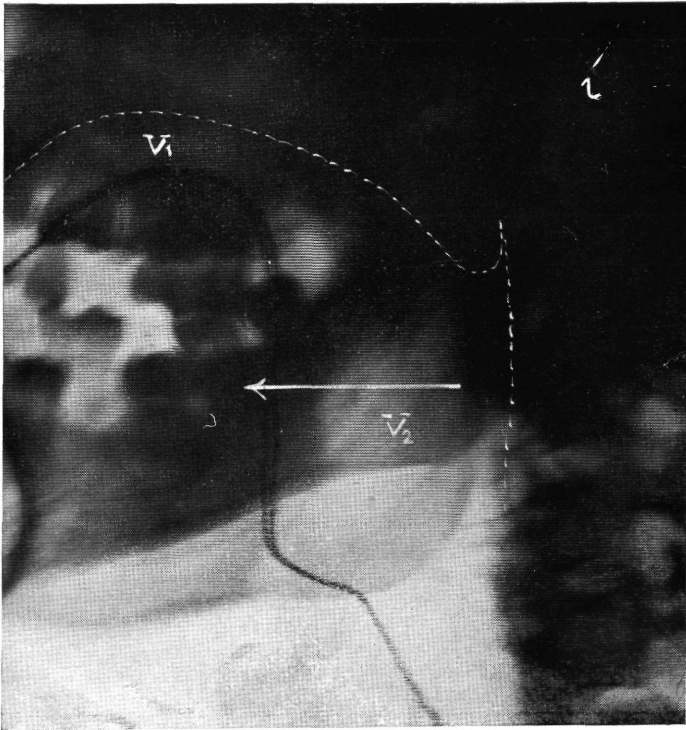
50 kw., 120 ma., az exponálási idő pedig $\frac{1}{2}$ —1 mp. Gondot fordítottunk a fej kellő beállítására, főleg pedig arra, hogy a lámpa fősugara a kétoldali fogsort egymásra vetítse. Ennek a két szempontnak megtartása azért fontos, mert ettől eltérő beállításnál olyan vetületek keletkeznek, melyek az egyes részletek felismerését erősen megnehezítik.

A röntgenképek szemléletéből azonnal kitűnik, hogy magánhangzók képzése közben két üregnek: 1. a *szájüregnek* (V_1), 2. *garatüregnek* (V_2) térfogata változik meg lényegesen. A két üreg közvetlen összeköttetésben lévén egymással, összefüggő rezonáló rendszert alkot. A szájüreg térfogata legkisebb az *i* képzése közben, majd fokozatosan tágul az *ü, é, e, ő, ó, a, á* magánhangzókban. A garatüreg köbtartalma viszont az *á*-nál legkisebb, majd a sorozat tagjai így követik egymást: *a, ó, ő, e, é, ü, í* (1—8. ábra). A két üreg térfogata között tehát bizonyos fordított jellegű összefüggés van.

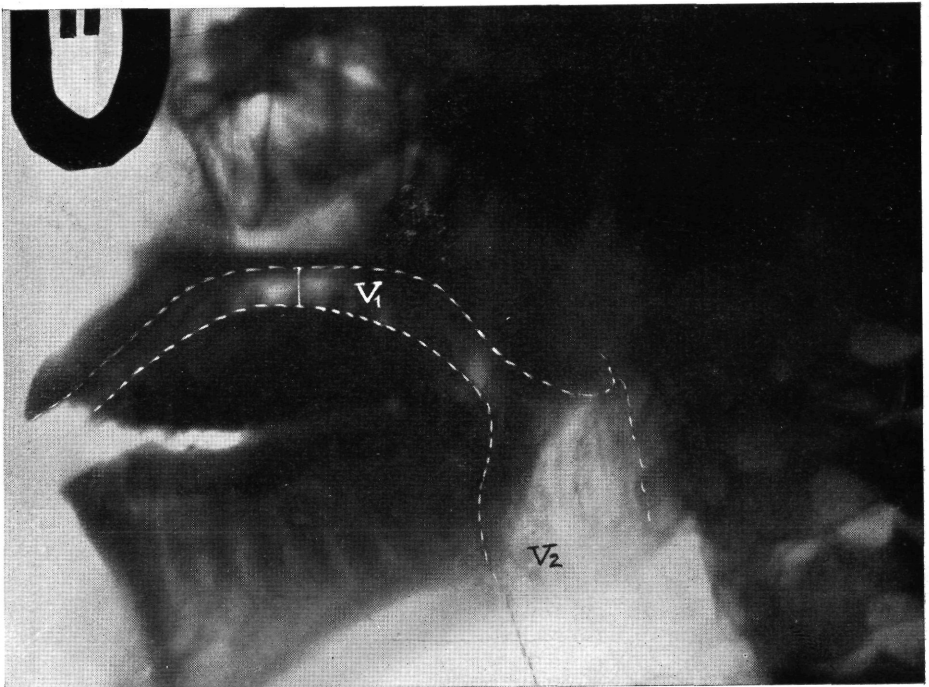
Ezek alapján világosan állhat előttünk, hogy az artikulációs szervek működésükkel éppen ennek a két üregnek térfogatát vannak hivatva módosítani. De vizsgáljuk meg ezt a kérdést közelebbről is.

Magánhangzók képzésében három artikuláló szerv vesz tevékeny részt: 1. nyelv, 2. alsó állkapocs, 3. ajkak.

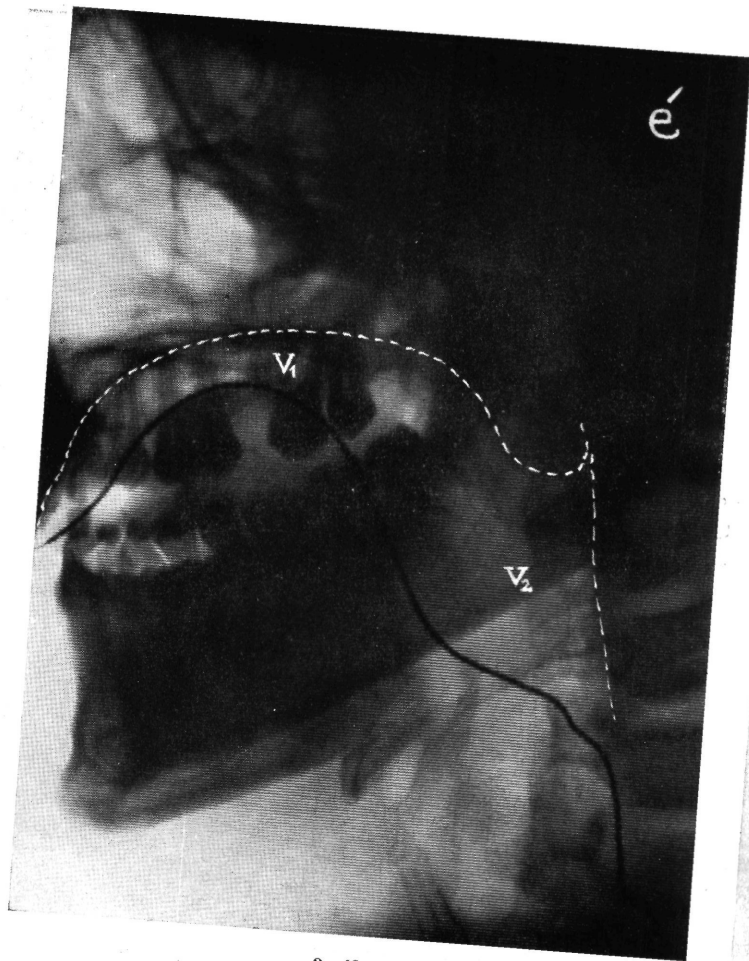
A *nyelv* artikulációs működését nem lehet látni szabad szemmel, az ember érzéke pedig kevés támpontot ad a nyelv pontos alakjának és helyzetének megállapítására. A nyelv különféle helyzetét és alakját a röntgenfelvételek árulják el leghívebben. Az üregek módosítása szempontjából legfontosabb a nyelvnek vízszintes irányban történő artikulációja. A nyelv olyan módon fekszik a szájban, mint tojás a héjában és speciális izmok segítségével könnyen tolható előre vagy húzható hátra. Amikor a nyelvmassza elől van, többé-kevésbé kitölti a szájüreg elülső részét (1—5. ábra). Ezáltal a garatüreg térfogata tetemesen kitágulhat és így egy szűk és tágas üregből álló rezonáló rendszer alakul ki. Ilyenkor azt mondhatjuk, hogy a nyelv elülső nyelvállásban van. Ha a nyelv hátrahúzódik, akkor viszont a szájüreg lesz szabadabb és ez képez elől tágas rezonáló üreget; a garatüreg pedig, éppen a nyelv hátrahúzódása folytán, lényegesen megszűkül. Ilyenkor a nyelv hátsó nyelvállásban van (6—8. ábra).



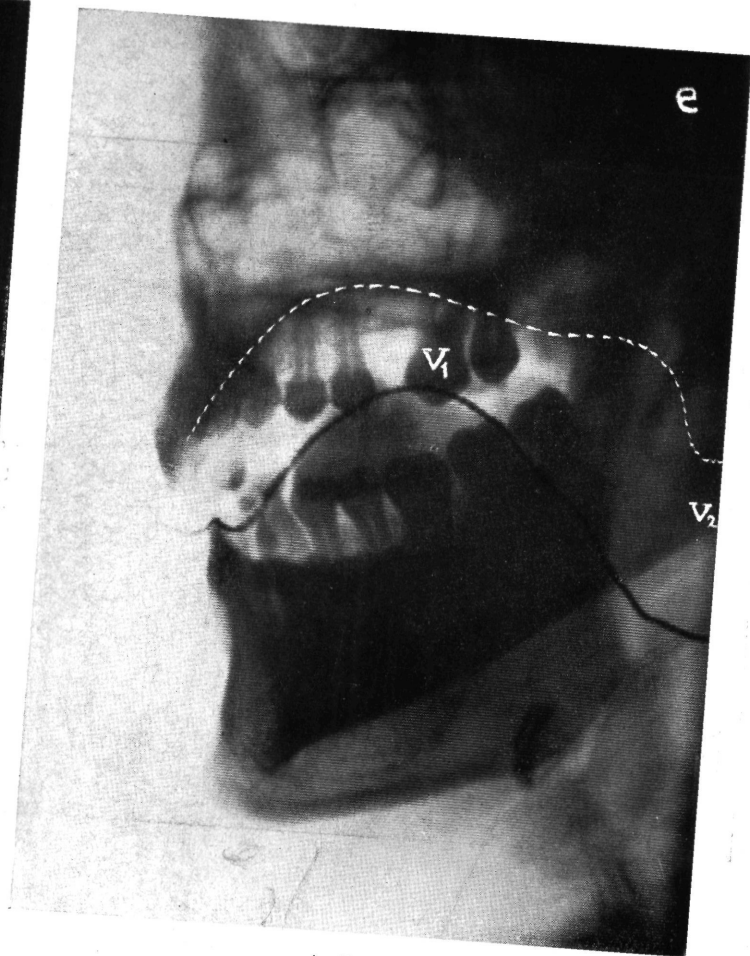
1. ábra



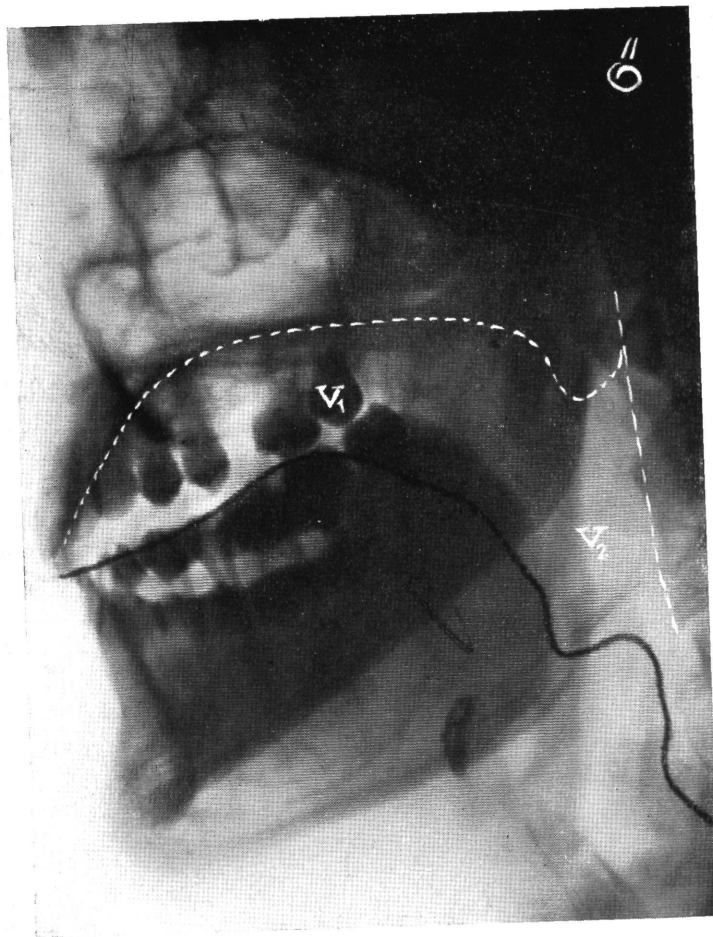
2. ábra



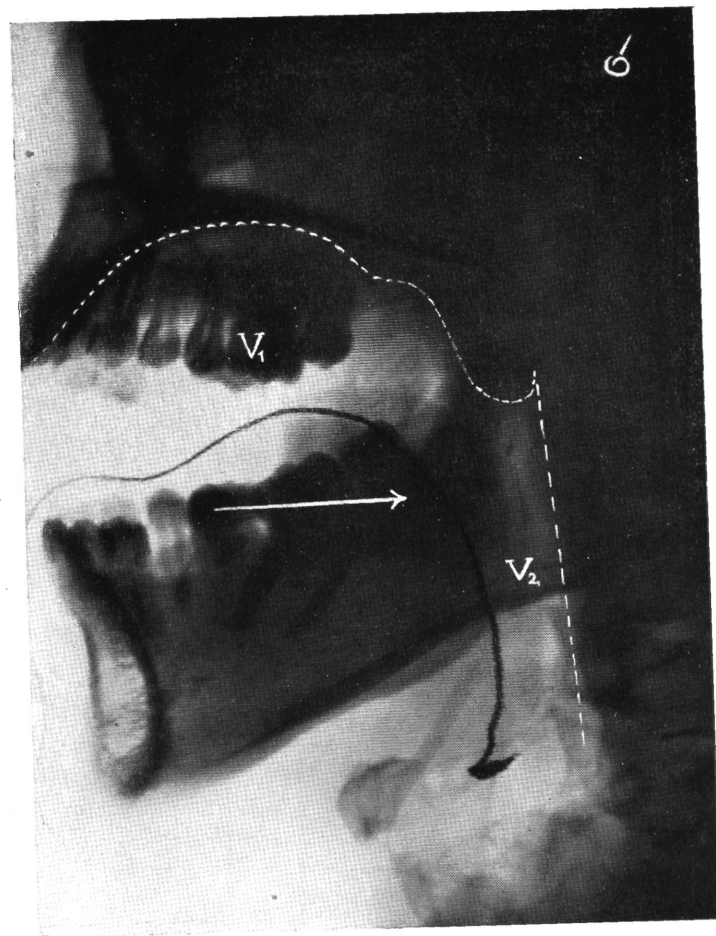
3. ábra



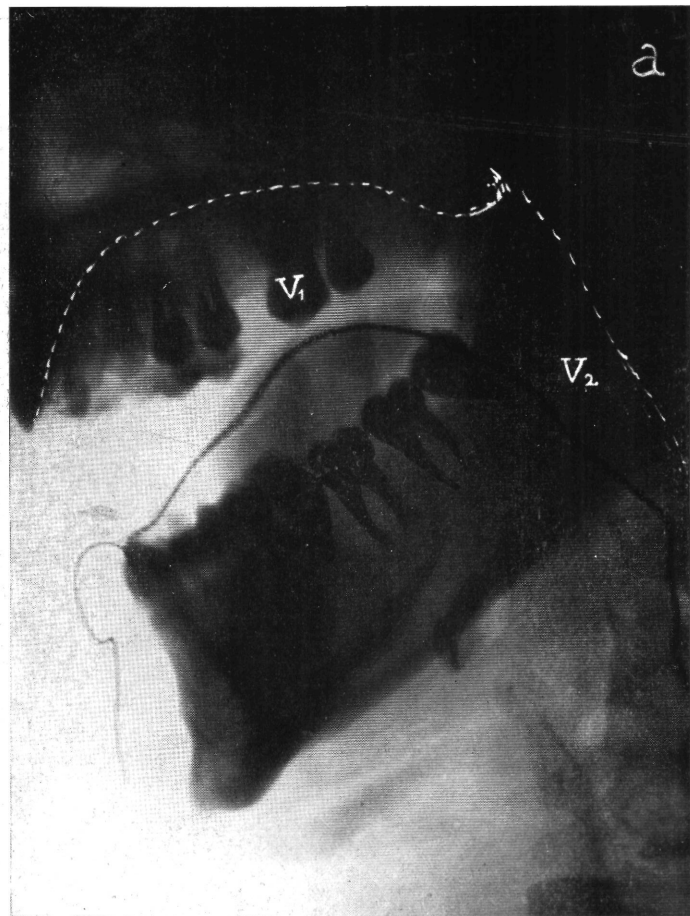
4. ábra



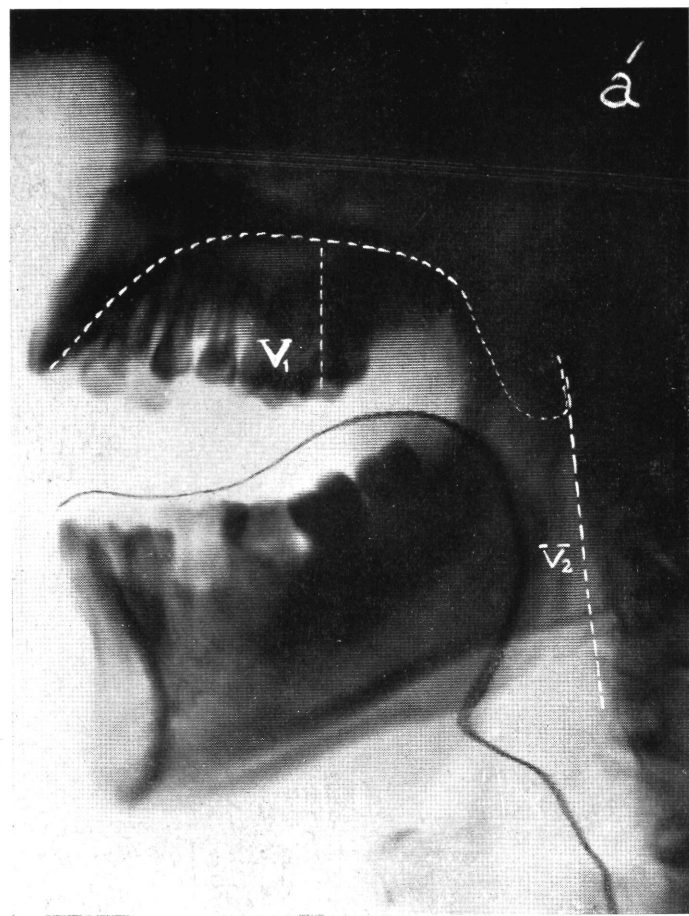
5. ábra



6. ábra



7. ábra



8. ábra

Az *alsó állkapocs* végzi a második fontos részartikulációt az egyes magánhangzók képzése közben. Ez a szerv függélyes irányban könnyen mozgatható fel és le. Ezáltal az egész szájüregnek a méretei megváltoznak. Az alsó állkapocs felemelésével a szájüreg szűkül, leeresztésével pedig tágul. Így azután megszabja a nyelv és a szájpadlás közötti *nyílás fokát* is. Ha egymásután ejtjük az *ü* és *á* hangokat, mindjárt érezzük, hogy az *ü* ejtése közben nyelvünk háta igen közel kerül a szájpadláshoz, azaz a nyílás *szűk* (zárt ejtésű). Az *á* ejtése közben ez a nyílás sokkal nagyobb fokú és ezért azt mondhatjuk, hogy az *á* hang *nyílt* ejtésű. (2. és 8. ábrán függélyes vonallal jelölve.) E két szélsőséges nyílásfokú hang mellett vannak olyan magánhangzók is, melyek képzése közben a nyílás foka e két határ közé esik. Ezeket a hangokat a pontosabb megkülönböztetés okáért *félnyíltaknak* is nevezhetjük (pl. *e*, 4. ábra).

Köztudomású, hogy az *ajkak* is jelentős artikulációs működést fejtenek ki, s a két üregből álló rezonáló rendszer nyílásának nagyságát és alakját szabályozzák.

A száj- és garatüreg méreteit tehát e három artikulációs szerv módosítja. Éppen ezért helyes magánhangzófelosztásnak csak az a rendszer mondható, mely e három szerv működését veszi alapul. A fonétikusok legtöbbször eddig az artikulációs hely szerint osztályozta a hangokat. Ez a szempont pedig a hangok képzésében nem lényeges. Nem azt figyelik meg pl., hogy egy szűkülés (*i*-nél) melyik üregben milyen jellegű, hanem azt, hogy a szűkület a szájüreg melyik helyén jön létre; a garatüreg szűkületeit pedig teljesen figyelmen kívül hagyták. Az *i* hangnak pl. nem az a körülmény kölcsönöz sajátos magánhangzó színezetet, hogy a szűkület a nyelv és a szájpadlás praepalatalis anterior része között van, hanem az a tény, hogy a szájüreg egy bizonyos kis köbtartalmú rezonátorra szűkül, a garatüreg pedig tágas rezonátorra bővül. *A szájüreg és garatüreg vizsgálata tehát feltárja előttünk az artikulációs működések valódi célját*; de más haszonnal is jár e két üreg viselkedésének ismerete: megmagyarázza az egyes magánhangzók egymástól teljesen eltérő hangszínének okait is.

A magánhangzók hangszíne.

A magánhangzóknak azt a tulajdonságát, hogy egymástól teljesen különböző jellegűek (*a, ú, ü stb.*), hangszínnek, kvalitásnak nevezzük. Az egyes magánhangzók sajátos hangszínének kialakításában sok tényező vesz részt. Ezek közül egyik legfontosabbnak az üregek módosítását mondhatjuk. Az üregek fontosságát már a röntgenvizsgálatok előtt is feltették egyes fizikusok és nyelvészek. Sajnos, hogy utánuk következő modern fonétikusok e fontos megjegyzéseket figyelmen kívül hagyták. MARICHELLE pl. a következőket írja: „Magánhangzók kvalitásának kialakítása szempontjából a garatüreg leginkább figyelemre méltó. A hangszalagok keltette vibrációk ugyanis ezen haladnak először keresztül, miután elhagyják a gégefőt“. BELL már világosabban fogalmazza meg a dolgot: „Az emberi beszédhangok hangszíne vagy kvalitása, úgy hiszem, kis mértékben a hangszalagoktól, sokkal nagyobb mértékben pedig azoktól az üregektől függ, melyeken keresztül a levegő áthalad.“ A magyar RIEDL SZENDE pedig már példákon mutatja be helyes nézeteit: „Az *i* létrehozásánál az ínyüreg legszűkebb, de a szájüreg legtágosb. Ellenben az *u* a szájüreg legszűkebb s az ínyüreg legtágosb nyílása által jön létre“.

Elülső nyelvállással képzett hangok úgy keletkeznek, hogy a szájüreg szűkül, a garatüreg pedig tágul. A garatüreg térfogata egyes hangoknál jóval nagyobb lehet, mint a szájüregé; más hangoknál viszont a szájüreg térfogata nagyobb a garatüregénél. De figyeljük ezt meg számadatokat tartalmazó példán is:

Magánhangzó	<i>ü</i>	<i>ő</i>	<i>ó</i>	<i>á</i>
Szájüreg térfogata	4,73 cm ³	28,37 cm ³	83,61 cm ³	54,49 cm ³
Garatüreg térfogata	77,91 cm ³	35,77 cm ³	9,89 cm ³	12,91 cm ³

Ebből is látható, hogy mindkét üreg szerepe egyaránt fontos. A gégefőn keresztüláramló levegő, elülső nyelvállással képzett hangoknál, a garatüregben semmiféle akadályba nem ütközik, mihelyt azonban a szűk szájüregbe jut, egy keskeny csatornán kénytelen áthaladni (1—5. ábra). A szűk üregen áttóduló levegő tehát a falakon súrlódik és erős felületi vibrációkat hoz létre, melyek magas részhangokat erősítenek. Éppen ezért ezeknek a hangoknak hangszíne (*i, ü stb.*) érces, csengő, éles, magashangú.

Hátsó nyelvéllással képzett hangoknál a garatüreg keskeny, a szájüreg pedig tágas. A kiáramló levegő tehát olyan helyen hatol át szűk csatornán, ahol a falak többé-kevésbé lágy (hús)részekkel vannak borítva. Ezek vibrációi tehát inkább mély részhangokat erősítenek, a magas részhangokat pedig tompítják, átszűrrik. Az energiavesztés folytán azután a komplex hang itt eltompul. Ezért kvalitásuk mély, gazdag, teli, lágy (pl. *a, á* stb). Némelyik hang képzése közben az üregek alakja megafonszerű. Amikor a glottális hang ezen a tölcseren megy keresztül, a magas és mély részhangok csaknem változatlanul haladhatnak tovább. Hangszínük ezért nem magas és nem mély, hanem közép-magas (*ó, ő*). Mivel ezekben a hangokban a részhangok kevés energiát vesztenek el, ezek a leghangzósabbak közé tartoznak. Ezt az állítást igazolják a kísérleti megfigyelések is. FLETCHER szerint pl. a magánhangzók viszonylagos intenzitása, ha egységül az *sz* mássalhangzó intenzitása szolgál ($sz = 1$), a következő:

Magánhangzók:	<i>ó</i>	<i>o</i>	<i>á</i>	<i>í</i>	<i>e</i>	<i>i</i>	<i>u</i>	<i>sz</i>
Intenzitás:	364	330	270	270	244	221	164	1

A magánhangzók sajátos hangszínét tehát a különböző méretű üregek különböző rezonanciája határozza meg elsősorban. Ez természetes is. Hiszen a száj-, és garatüreg nagy köbtartalmú lehet; a legmozgékonyabb szervekkel (ínyvitorla, nyelv, ajkak) van ellátva, tehát méretei a legkönnyebben változtathatók meg. Szűkülhet, tágulhat s ezáltal a lekülönbözőbb formát öltheti fel. Az alakváltozások viszont megfelelő hatást gyakorolhatnak a hangszínre. Az üregekben levő levegő térfogatának és az üregek nyílásának törvényeit már WILLIS foglalta össze a következőkben: minél nagyobb az üreg, annál mélyebb a rezonátor hangja; minél nagyobb a nyílás, annál magasabb a hang. Minél kisebb az üreg, annál szaporább a levegő térfogat vibrációinak száma; minél nagyobb az üreg, annál lassúbb a levegőtömeg vibrálása.

Az üregeken kívül a *felületek* játszanak fontos szerepet az egyes hangok hangszínének kialakításában. A felületek hangszínező fontosságát már HELMHOLTZ is észrevette, erre vonatkozó

kísérleteket azonban nem végzett. A modern fonétikusok közül SCRIPTURE és MILLER fordították erre a legnagyobb figyelmet. SCRIPTURE többek között a következőket mondja: „A magánhangzót formáló üregek lágy vagy kemény falai nedves membránnal vannak bevonva. A lágyfalú üregek rezonancia-törvényei mások, mint a keményfalúaké.“ A különböző anyagú falak hangszínező hatását MILLER úgy mutatta ki, hogy kísérleteihez kettősfalú rezonátort használt. A falak közé lassan vizet töltött, s ekkor, ámbár a rezonátor köbtartalmán semmit sem változtatott, 30—40-szer változott meg a hang színezete.

Ha valamely üreg felületei úgy össze vannak szorítva, hogy a kiáramló levegőnek akadályul szolgálnak, akkor ezek a felületek saját rezgéseket keltenek, melyek mint részhangok hozzáadódnak a gégefőből kiáramló eredeti hanghoz.

A szájjüreg sokféle anyagú felületet foglal magában. Ott vannak a lágy ajkak, a különböző nagyságú és sűrűségű fogak, kemény szájpaddás, lágy falak, melyek feszülő és elernyedő izmokkal állnak összeköttetésben és így különböző fokú feszüléseket eredményezhetnek s e szerint hangszínező hatásuk más és más. A lágy részeknek hangelnyelő sajátságuk van s ezért mint szűrők szerepelnek. Ha kemény cementfalra dobunk labdát, visszapattan; lágy függőnyről ellenben leesik. A hanggal is hasonlóképen áll a dolog: kemény falról könnyen visszaverődik a hang, visszhangot ad; lágy fal elnyeli, tompítja, lágyítja a hangot. Az üregek lágy részeinél tehát sok energiát veszít a hang. Erről magunk is meggyőződhetünk egy egyszerű kísérlettel. Ejtsünk ki egy hosszú *i* hangot, majd hirtelen kerekítsük ajkainkat hangzás közben úgy, hogy csak kis résen távozzék a hang. Ekkor hallhatjuk mint vesz el s alakul át fokozatosan a hang energiája és színe a lágy ajkak szűrő, elnyelő hatása folytán. Bizonyos magasságú részhangok elnyelése, eltűnése pedig természetesen módosítja a hang színezetét. Tanulságos kísérleteket végzett éppen erre vonatkozólag FLETCHER a Bell Telefon Társaság laboratóriumában. Elektromos szűrővel kikapcsolt a beszédből különböző magasságú részhangokat és azt tapasztalta, hogy (1 mp alatt) 250 rezgésű részhangok kikapcsolása csak igen csekély változást okozott a beszédhangok színezetében; az 500-ig terjedő összes részhangok kikapcsolása a hangszínezetet teljesen nasalissá tette; ha pedig már csak az 1000 ~ felüli részhangokat

hagyta meg, akkor a hangok színezete üres, élettelen s legtöbb esetben érthetetlen is volt. Régi grammofonlemez beszéd- vagy énekhangja tehát azért nasalis színezetű, mert bizonyos magasságú részhangok, melyek a hangszín tartozékai, a fejletlen felvevő rendszerekkel nem voltak megrögzíthetők.

Hangképző mechanizmusunknak több hangelnyelő szűrője van. Ilyenek: 1. Az *áthangszalagok*; 2. Az *epiglottis alsó párnája*, mely a Wrisberg-porccal együtt lágyítja a hangqualitást, mikor az arytaenoidák felé csúszik és így a hangszalagok fölötti nyílást szűkíti. Az epiglottis elmozdulása különböző magánhangzók képzése közben más és más: *a*, *o* és *u* képzése közben 15 mm; *e*-nél 31 mm; *i*-nél 30 mm. 3. A *nyelvgyök és a garatfal* egyes magánhangzók képzése közben — amint a röntgenképeken is megfigyelhető — oly szűk csatornát képez, hogy szintén szűrőhatást gyakorol egyes részhangokra. 4. A *lággyíngy*, mint lággyús hús szintén elnyel magas részhangokat. 5. Az *ajkak*, főleg kerekítésnél amikor is csak igen kis nyíláson (4—5 mm) engedik át a levegő-áramot, szűrők.

Egy bizonyos hangszín (*a*, *i*, *ü* stb.) kialakításában tehát nemcsak a rezonáló üregeknek van szerepük, hanem az előbb említett szűrőknek is.

Röntgen-sugár segítségével tehát igen sok fontos mozzanatot leshetünk el a hangképzés láthatatlanul folyó működéséből, s ezért a vizsgálódásokat érdemes szélesebb alapokra fektetni.

HEGEDŰS LAJOS.