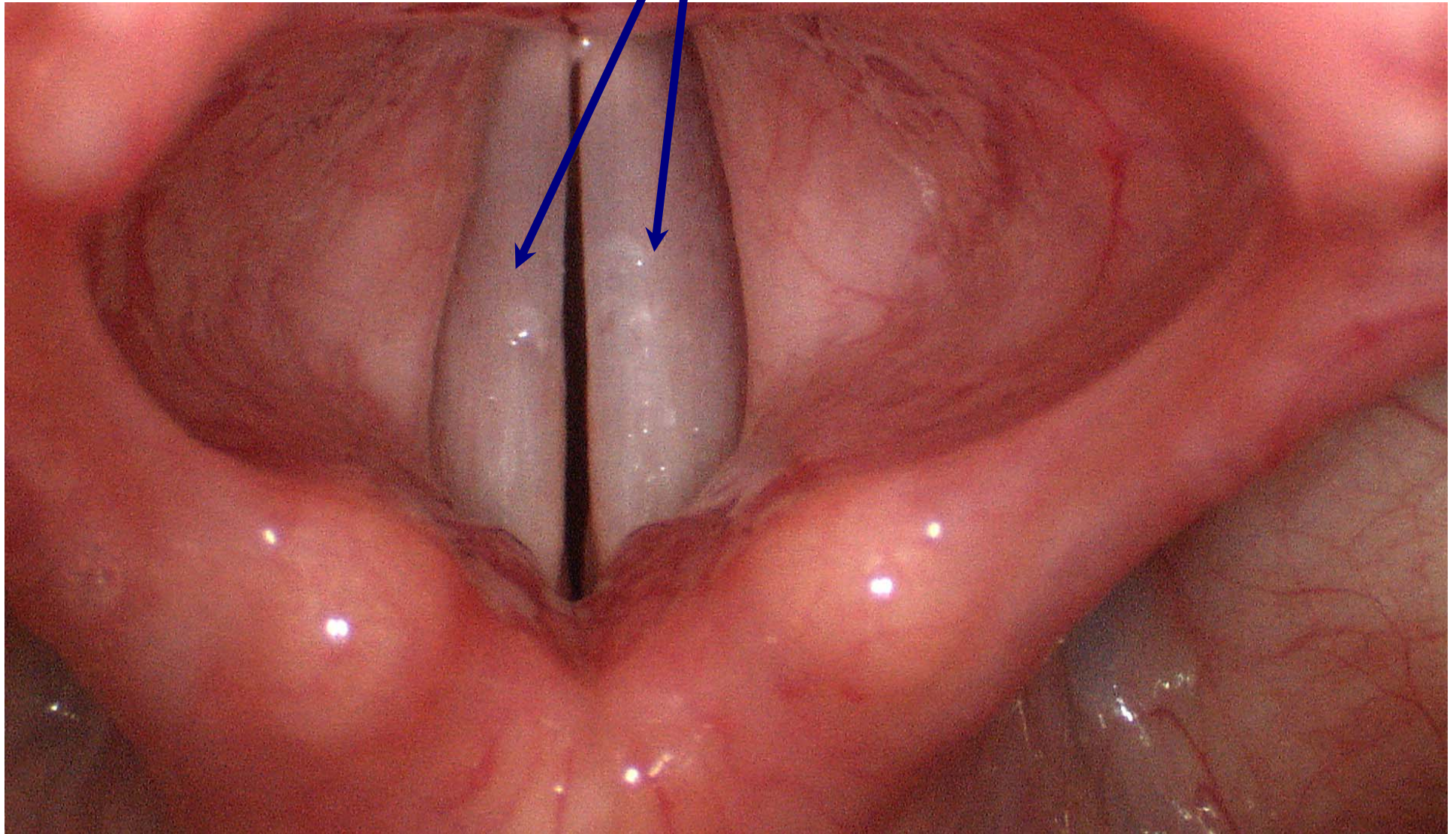


4. téma

A hangképzés

4.3. A hangszalagok működése (fonáció)

Hangszalagok

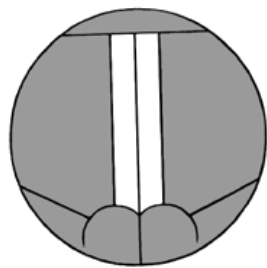


Hangszalagállások (fonációtípusok)

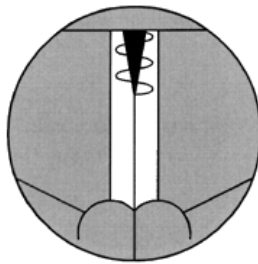


A fonációtípusok kontinuumot alkotnak

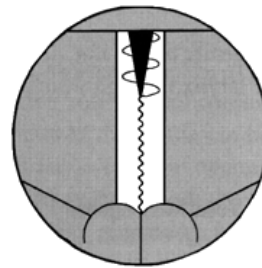
Collins–Mees:



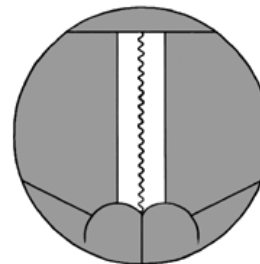
(a) Glottal stop



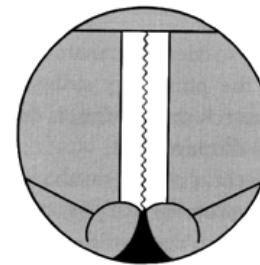
(b) Creak



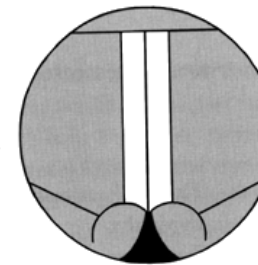
(c) Creaky voice



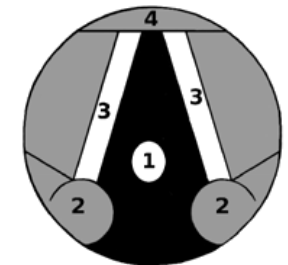
(d) Modal voice



(e) Breathy voice

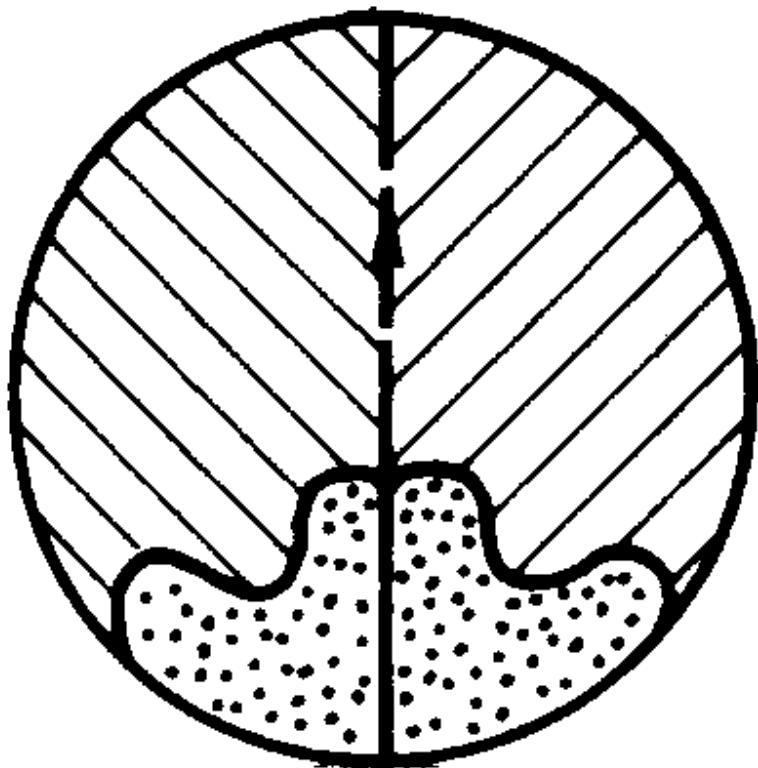


(f) Whisper



(g) Pulmonic unvoiced

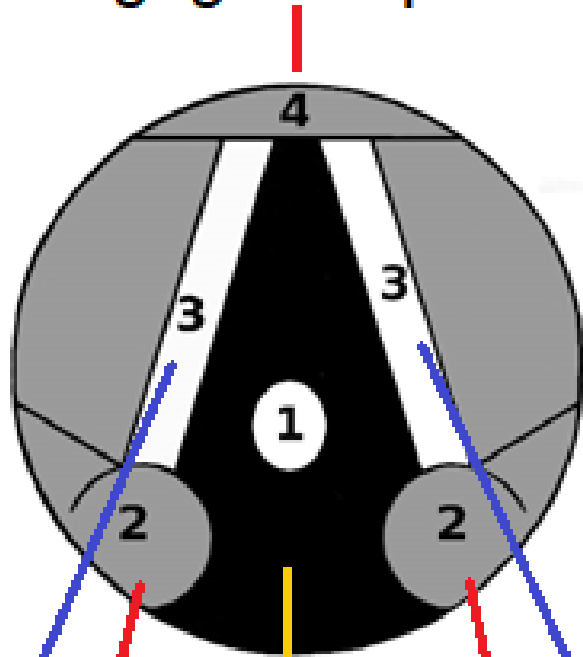
Hangszalagállások: Zárállás



Gégezárhang
(laringális/glottális explozíva)
IPA jele: [ʔ]

A fonációtípusok kontinuumuma 1.

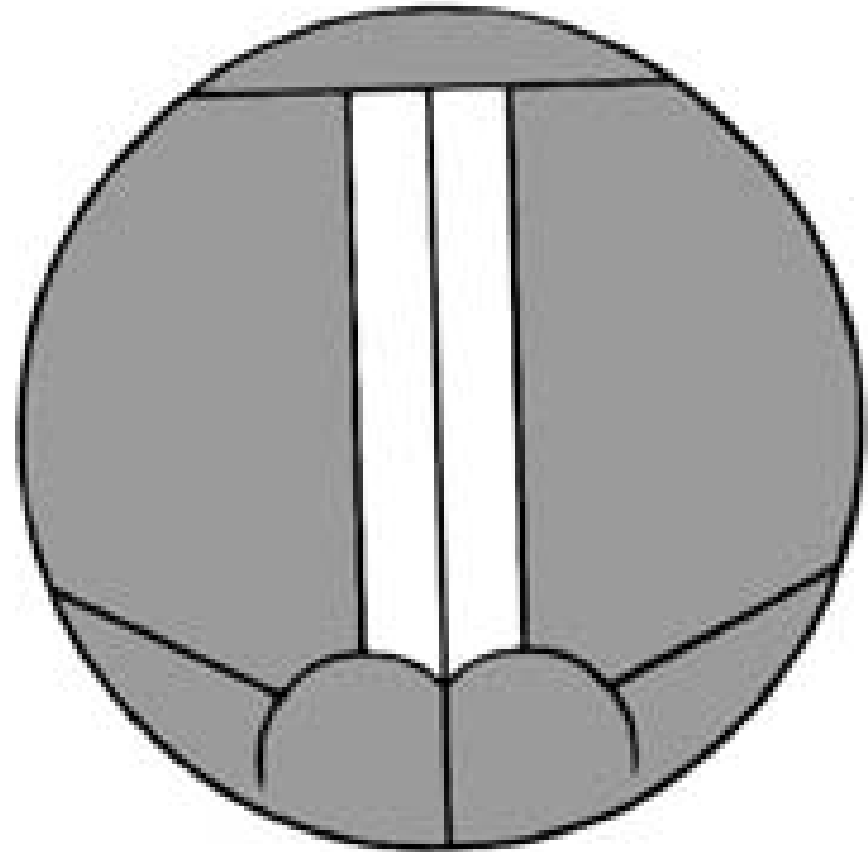
4. gégefedőporc



1. hangrés

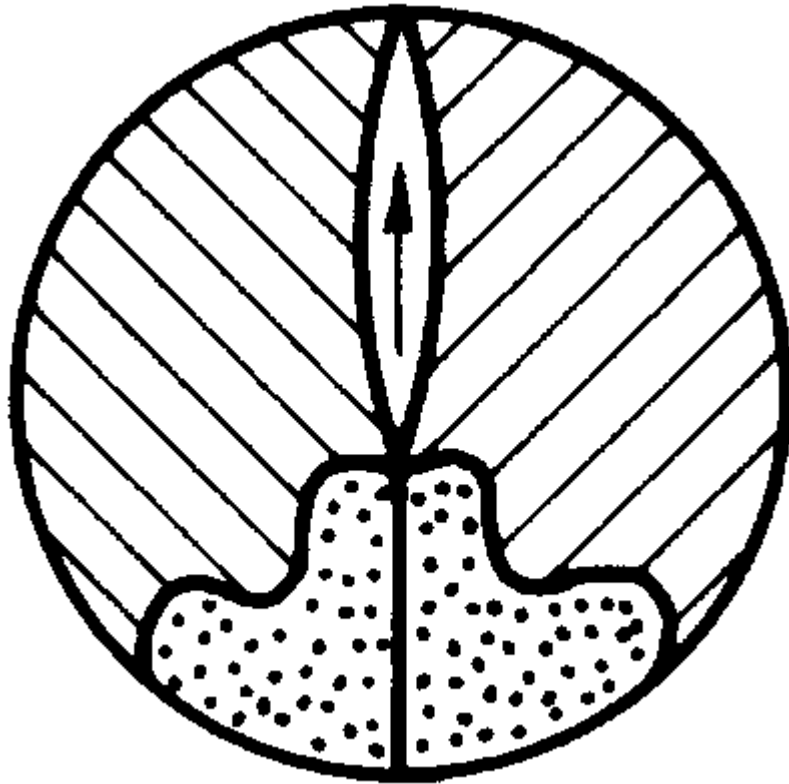
2. kannaporcok

3. hangszalagok



(a) glottális zár

Hangszalagállások: Zöngéállítás

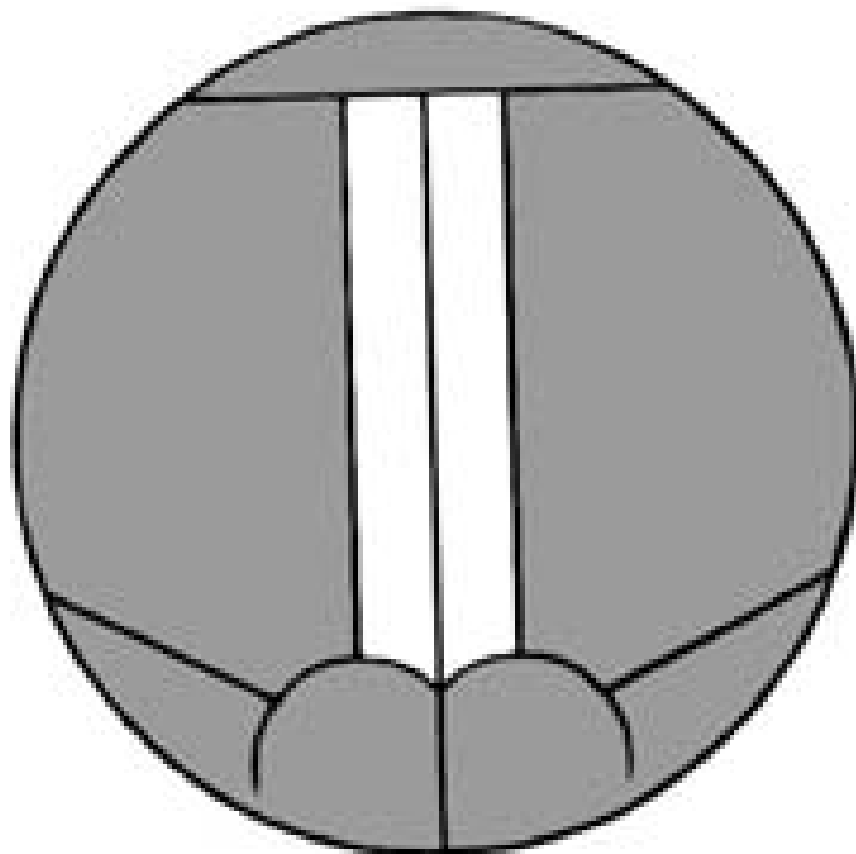


Gégepergőhang
(laringális/glottális tremuláns) =
zöngé (fonáció).

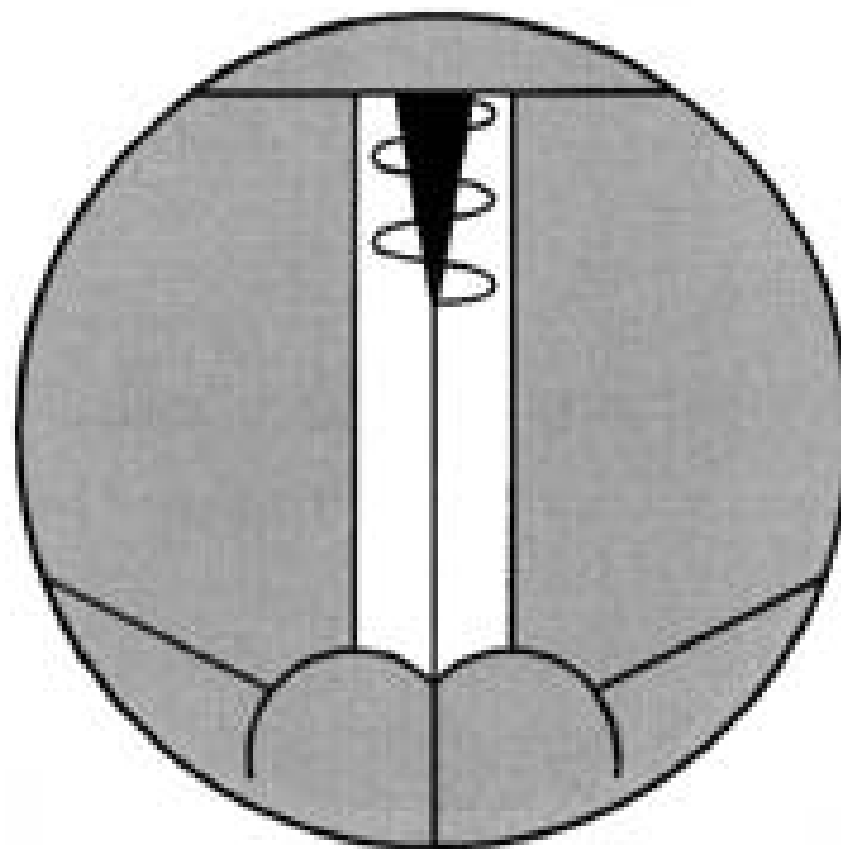
DE:

A hangszalagrezgésnek több
fajtája is van!

A fonációtípusok kontinuumuma 2.



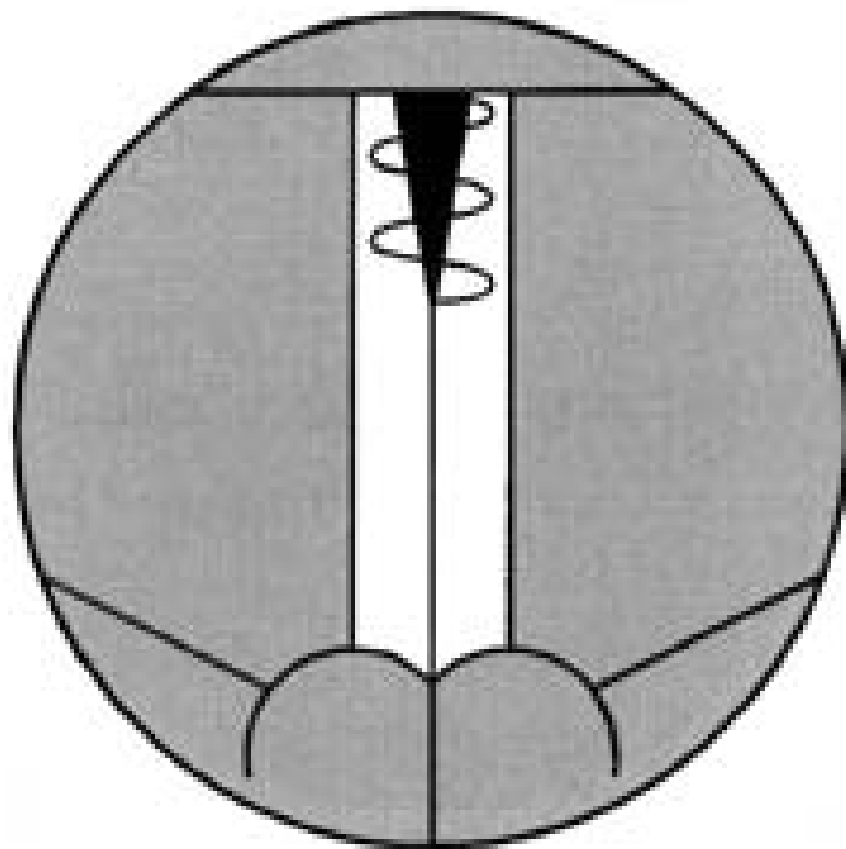
(a) glottális zár



(b) „csikorgás”
(creak)

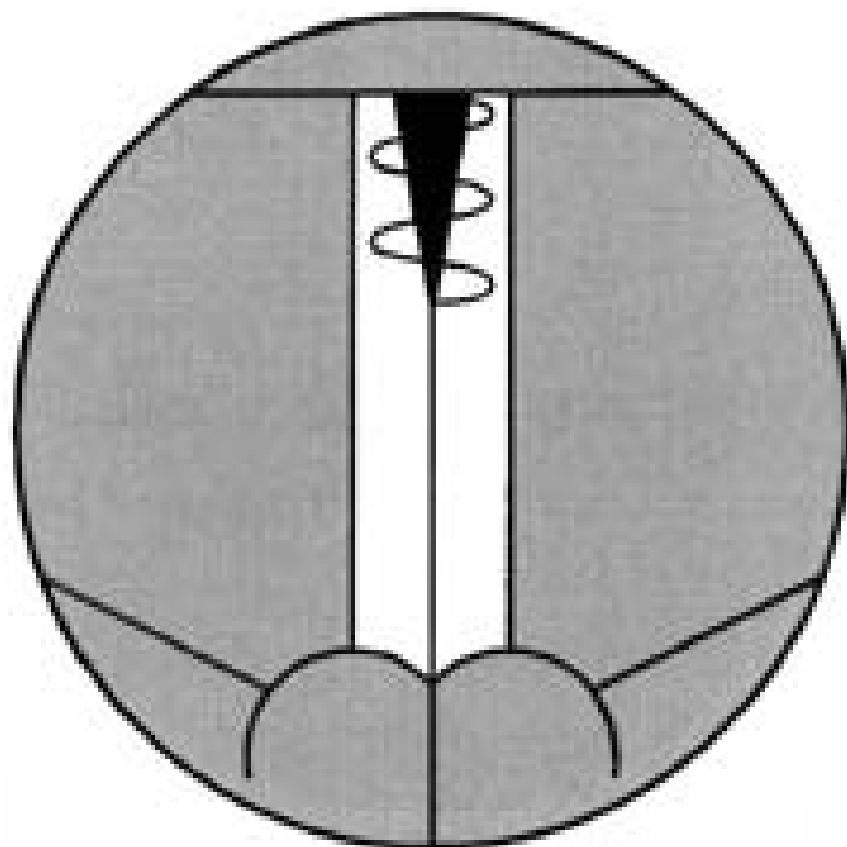
A fonációtípusok kontinuumuma 2.

A hangszalagok elülső része rezeg nagyon alacsony frekvencián; többnyire a „csikorgó” zöngé (ld. a következő dián) része

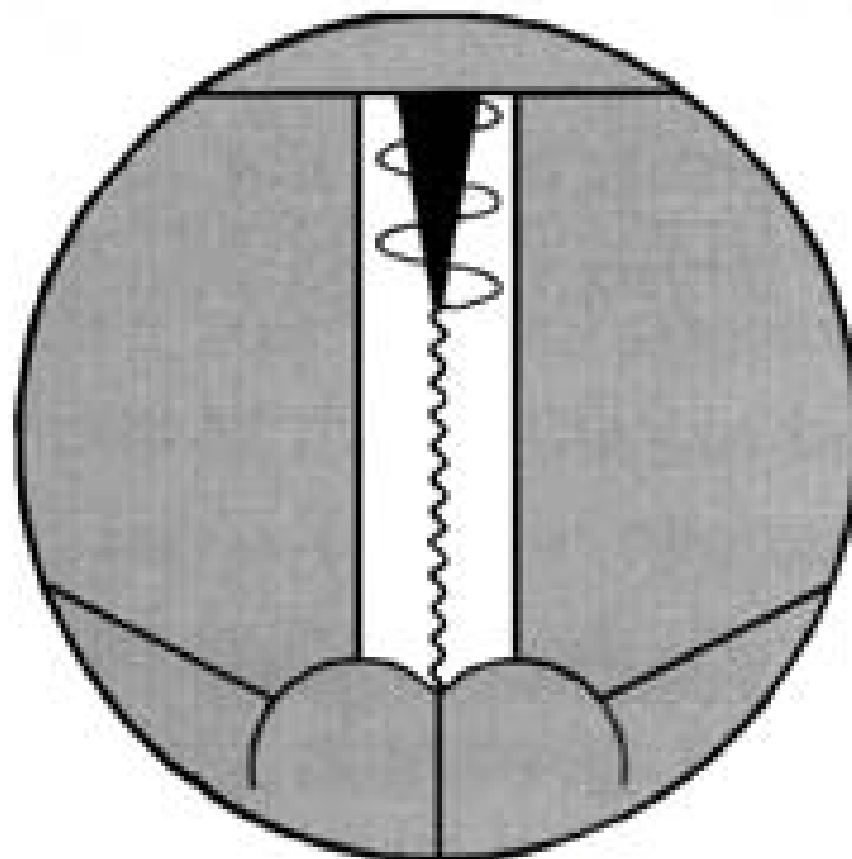


(b) „csikorgás”
(creak)

A fonációtípusok kontinuumuma 3.



(b) „csikorgás”
(creak)



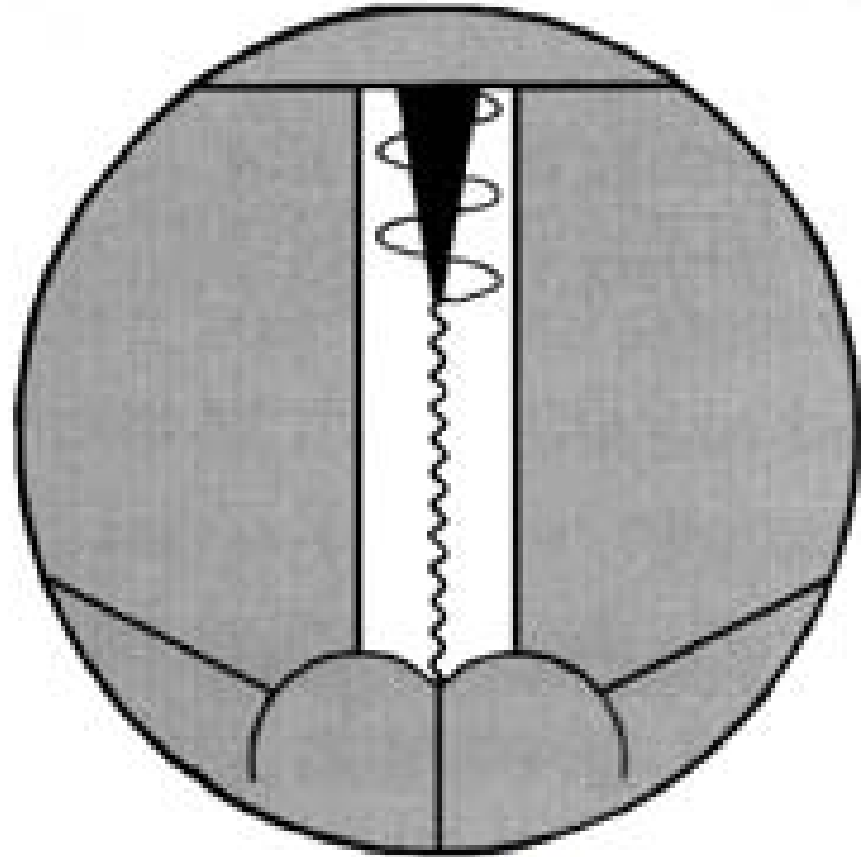
(c) „csikorgó” zöngé
(creaky voice)

A fonációtípusok kontinuumuma 3.

— A hangszalagok feszesen rezegnek; a hangszalagok elülső része zárt marad; az alaphang frekvenciája alacsony (Ladefoged)

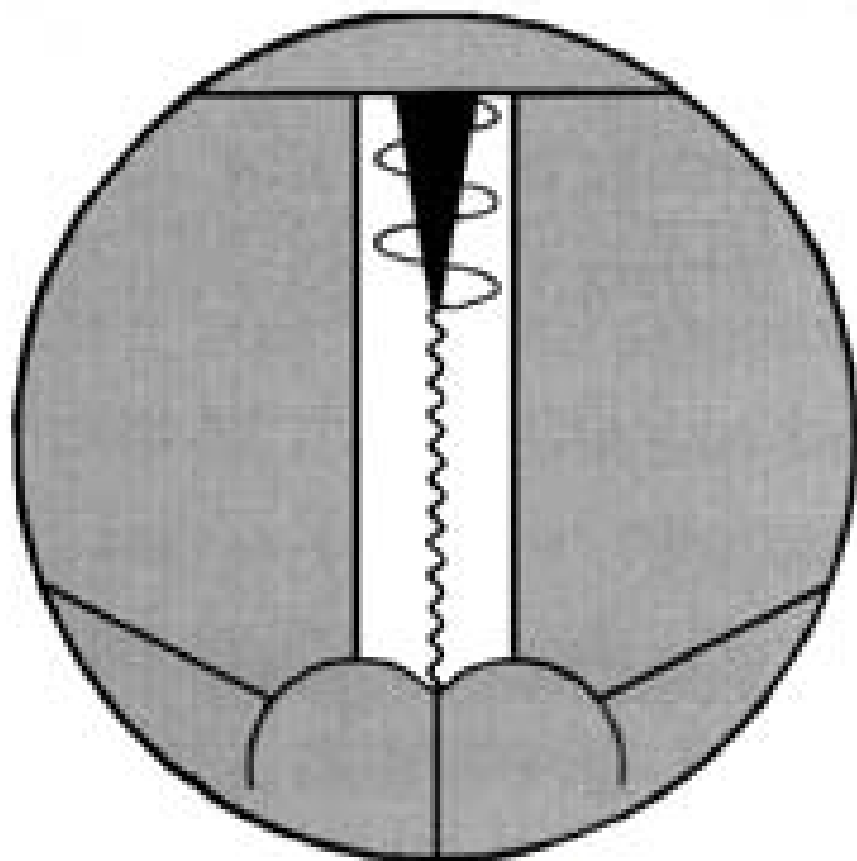
— Nagymértékű mediális kompresszió és ehhez társuló feszülés eredményeképpen jön létre, miközben a longitudinális feszítés gyenge; mindennek következtében csak a hangszalagok szalag- (ligamentális) része rezeg (Laver 1980)

IPA jele: ͡ [͡a]

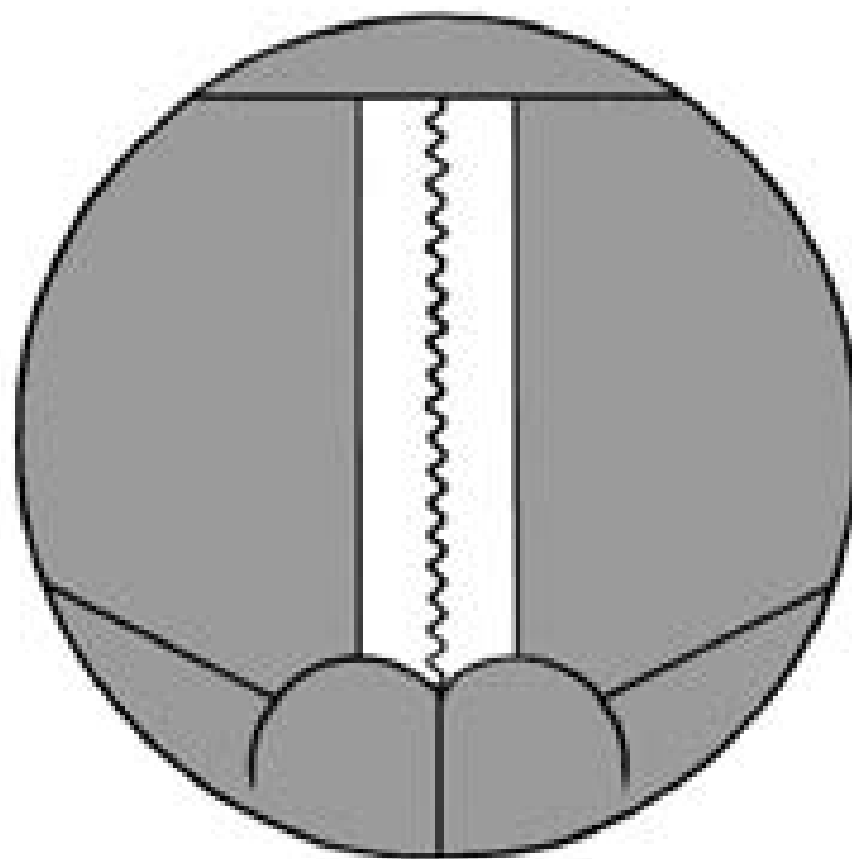


(c) „csikorgó” zöngé
(creaky voice)

A fonációtípusok kontinuumuma 4.



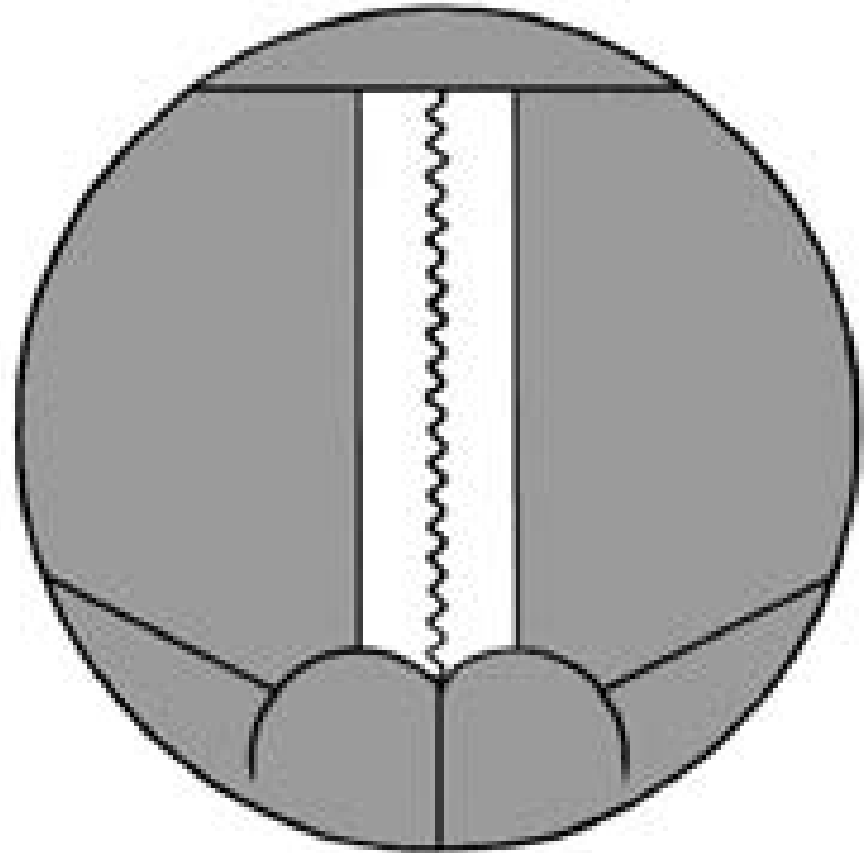
(c) „csikorgó” zöngé
(creaky voice)



(d) modális zöngé

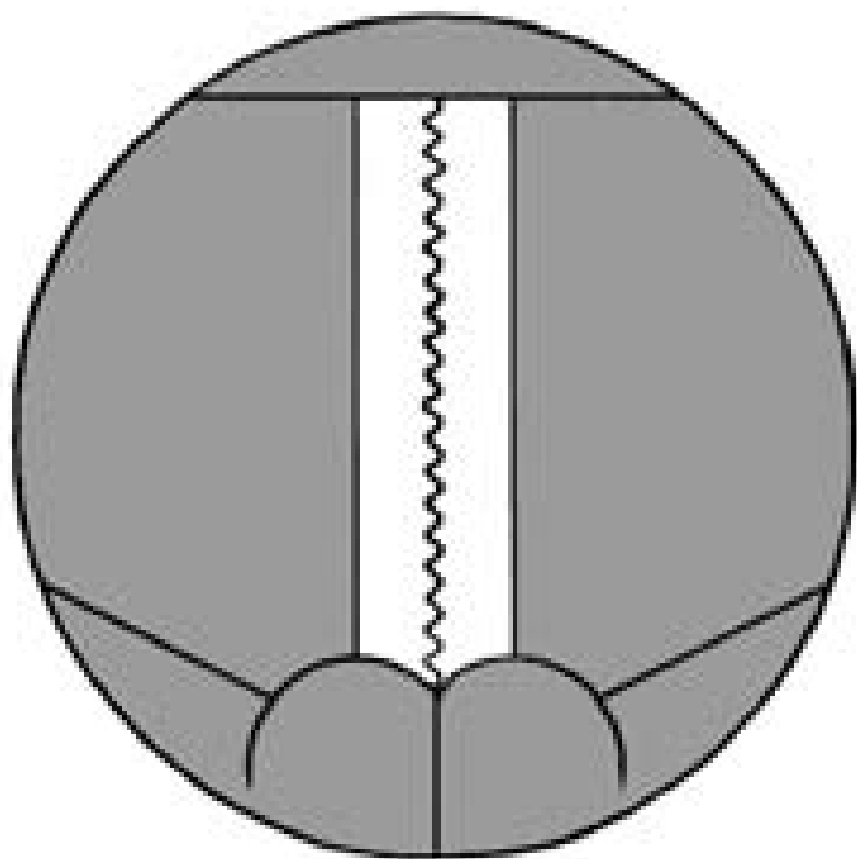
A fonációtípusok kontinuum 4.

- A hangszalagok normálisan rezegnek (Ladefoged)
- közepes mértékű, teljes laringális feszítettség jellemzi; a hangszalagrezgés hatékony, és a hangszalagok szalag- és kannaporci része egyetlen egységként rezeg (Laver 1980)

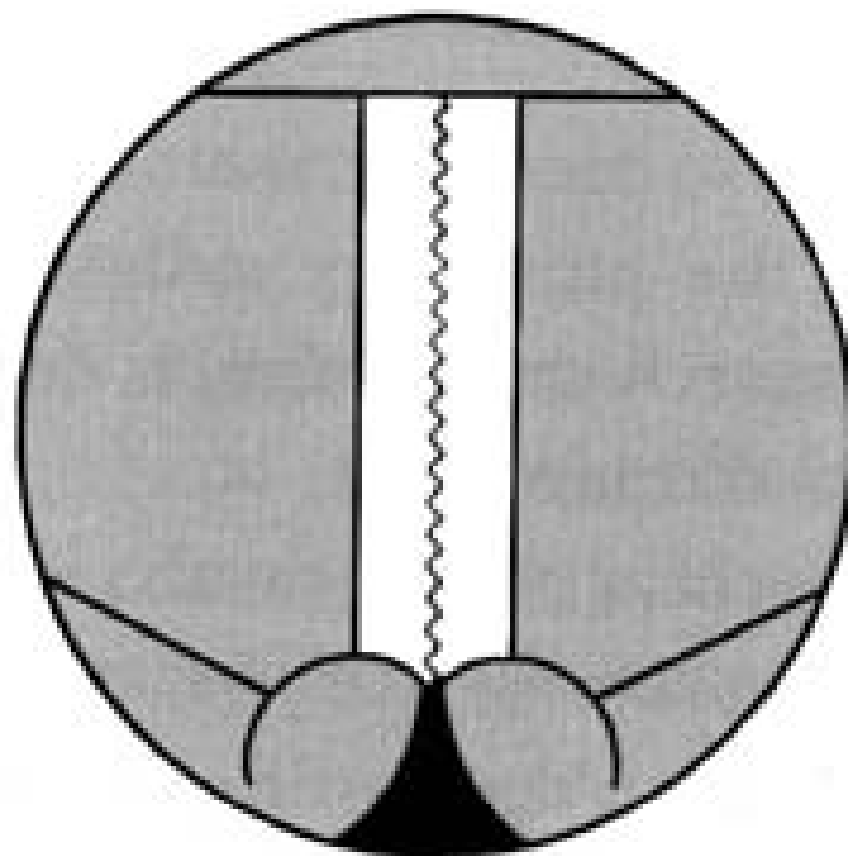


(d) modális zöngé

A fonációtípusok kontinuumuma 5.





(d) modális zöng



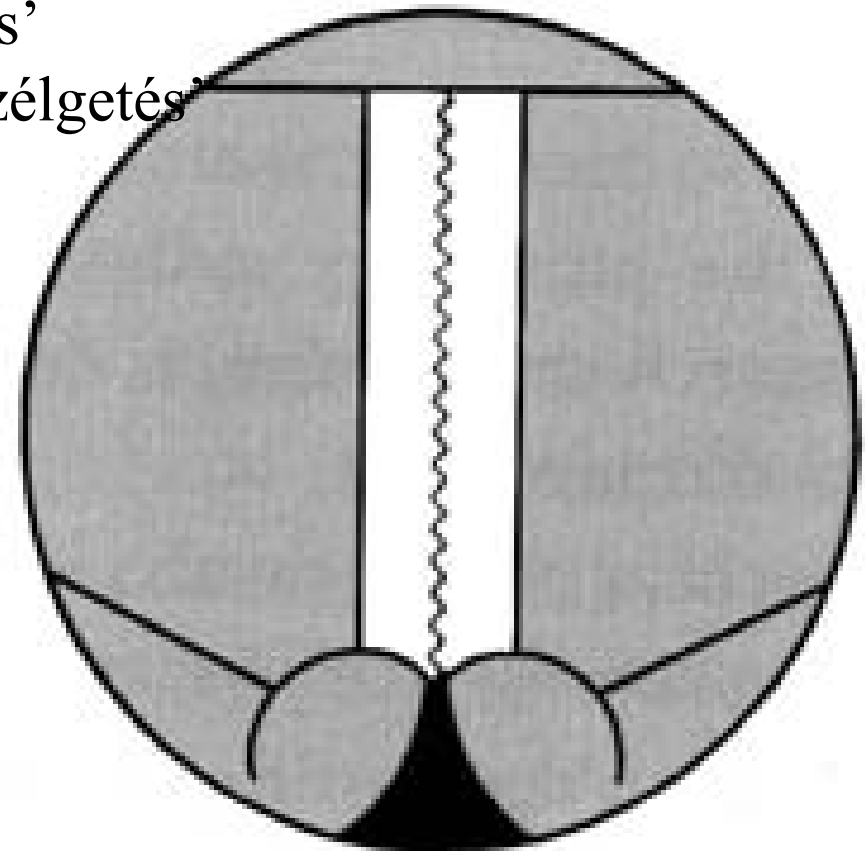
(e) leheletes zöng
(breathy voice)

A fonációtípusok kontinuumuma 5.

Hindi:

— A hangszalagok gyengén  *bhāt* 'rizs'
és nem hatékonyan rezegnek,  *bāt* 'beszélgetés'
így nagy mennyiségű levegő távozik (Ladefoged)

— létrehozásakor minimális a laringális feszítettség, a hangszalagrezgés nem hatékony, és a hangszalagok nem érnek össze teljesen, ami hallható súrlódási zörejt idéz elő; a suttogott zöngét a kannaporcok közötti izmok kismértékű megfeszülése és meglehetősen nagymértékű mediális kompresszió jellemzi, amelynek következtében a hangrésnek a kannaporcok közötti része háromszög alakban kinyílik; ekkor a laringális vibráció nem hatékony, és súrlódási zörejt hallható (Laver 1980)



[h̥]

(e) leheletes zöngé
(breathy voice)

IPA jele: ◌^{h̥} vagy ◌̚

[b^{h̥}], [d^{h̥}], [g^{h̥}], [m^{h̥}] vagy

[b̚], [d̚], [g̚], [m̚] stb.,

„mormolt” magánhangzók: [a̚], [e̚]

Zöngetípusok

1. *Modális (normál) zönge* [modal voice]:

a) *Teljes zönge* (szonoránsok: magánhangzók, szonoráns mássalhangzók)

b) *Fojtott zönge* (zöngés obstruens mássalhangzók)

2. *Leheletes (lehelt, suttogott, mormolt, hehezetes) zönge*

[breathy voice, whispery voice, murmur]

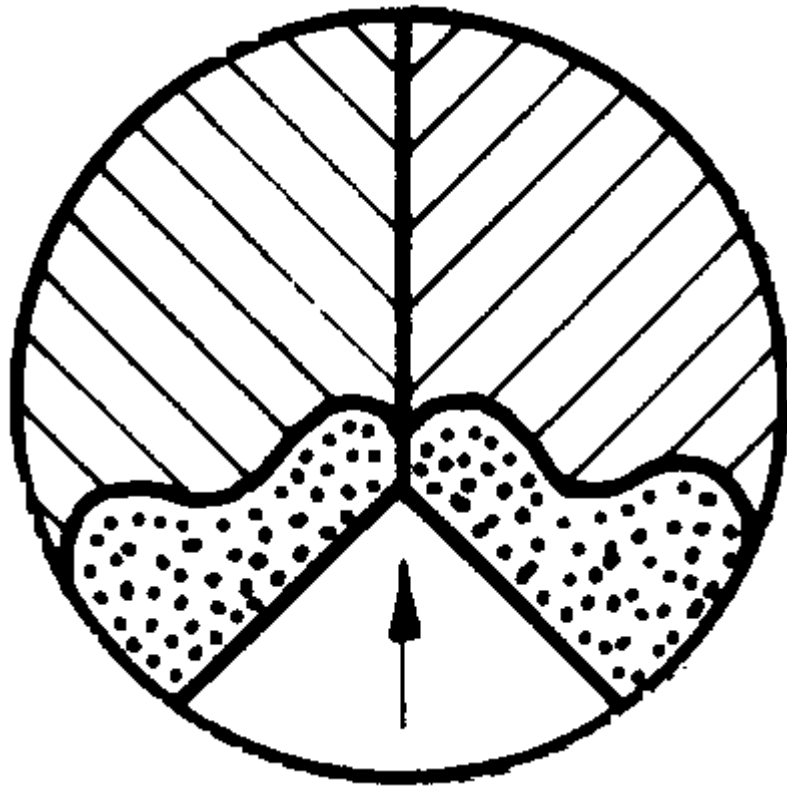
3. *Csikorgó (recsegő, érdes, rekedtes, nyikorgó zönge) zönge,*

(laringalizált, csikorgó beszéd, **glottalizáció**) [creak, creaky voice, vocal fry, glottal fry, glottalised voice, glottalization, laryngealization, laryngealised voice, anterior voice, pulse phonation]

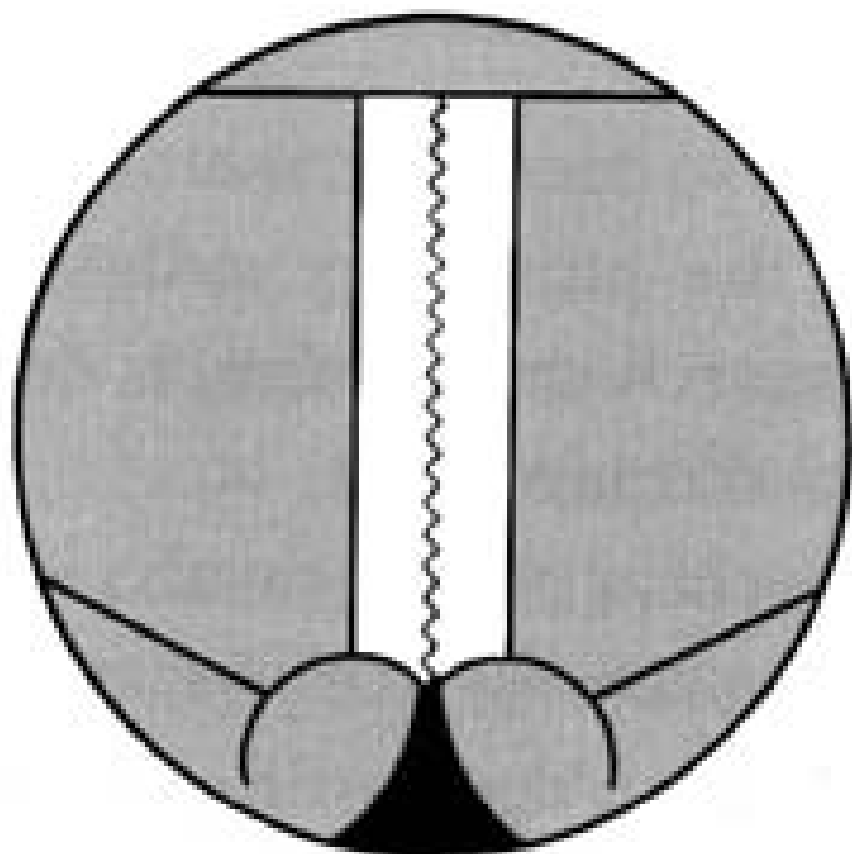
This is vocal fry, and this is not.



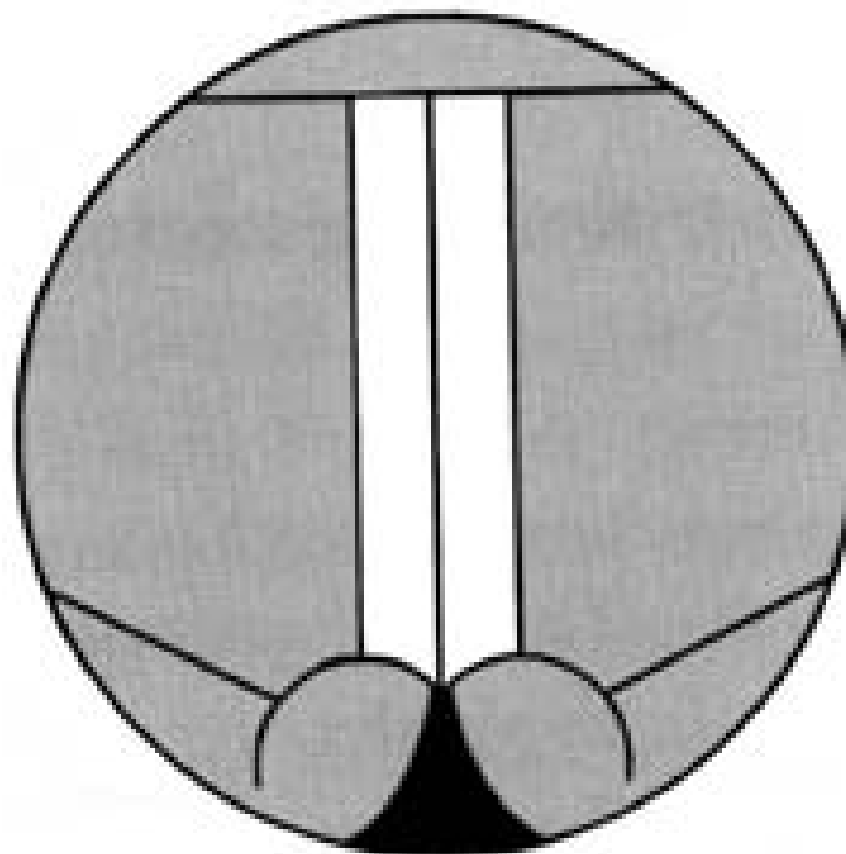
Hangszalagállások: Suttogóállás



A fonációtípusok kontinuumuma 6.

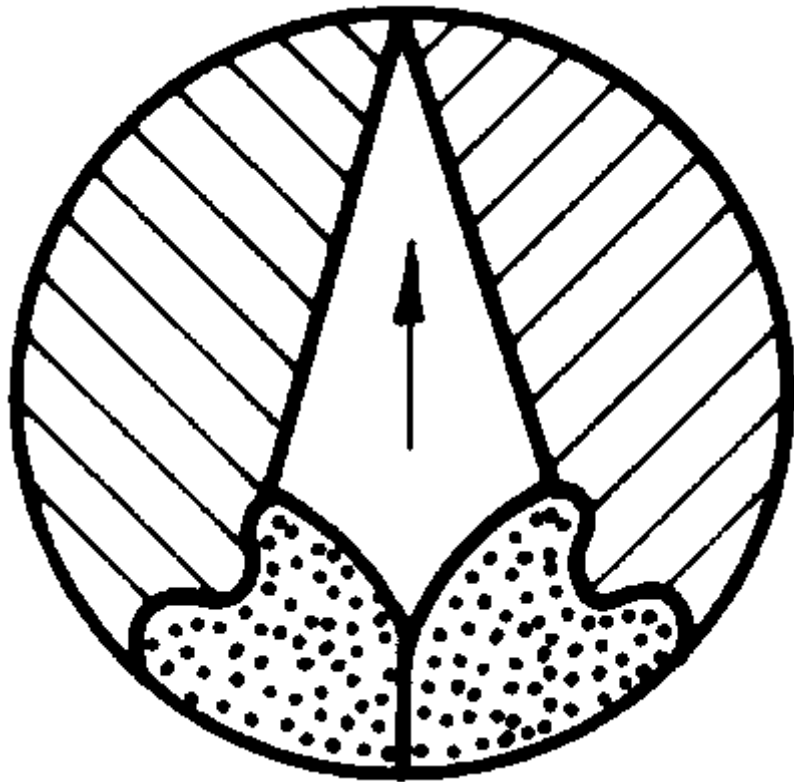


(e) leheletes zöngé
(breathy voice)

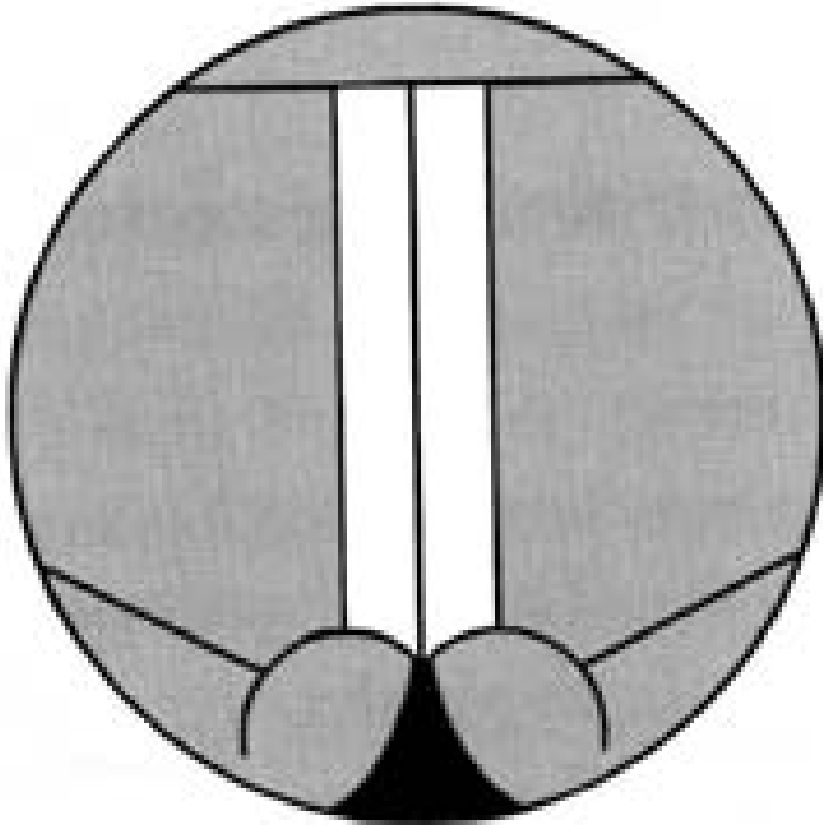


(f) suttogás

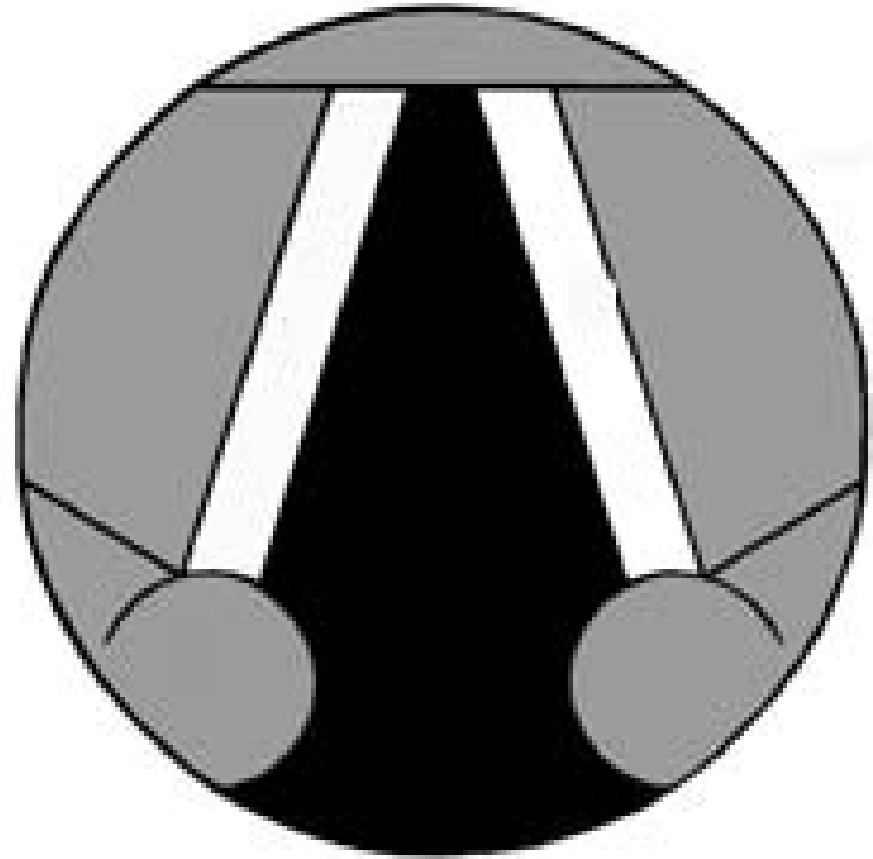
Hangszalagállások: Fúvóállás



A fonációtípusok kontinuum 7.



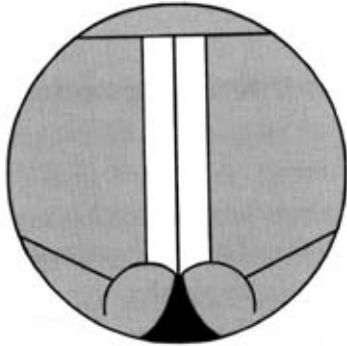
(f) suttogás



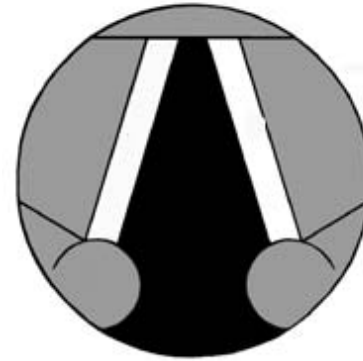
(g) zöngétlen
pulmonikus hang

Hangszalagállások:

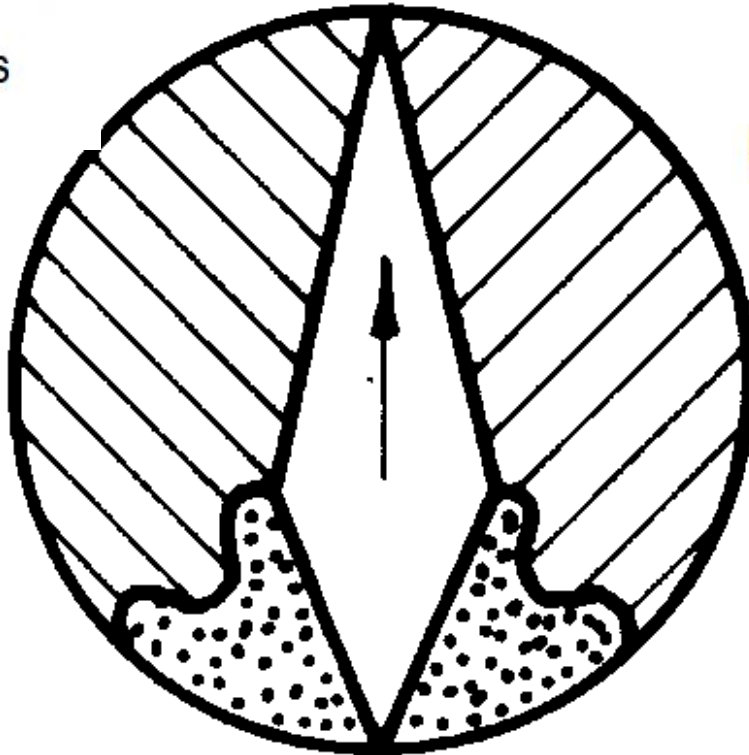
H-állás



(f) suttogás

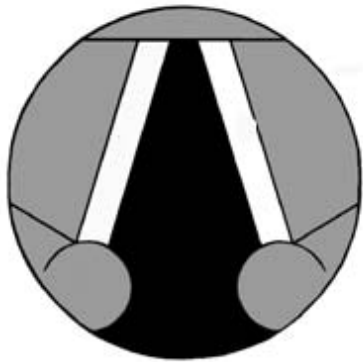


(g) zöngétlen
pulmonikus hang

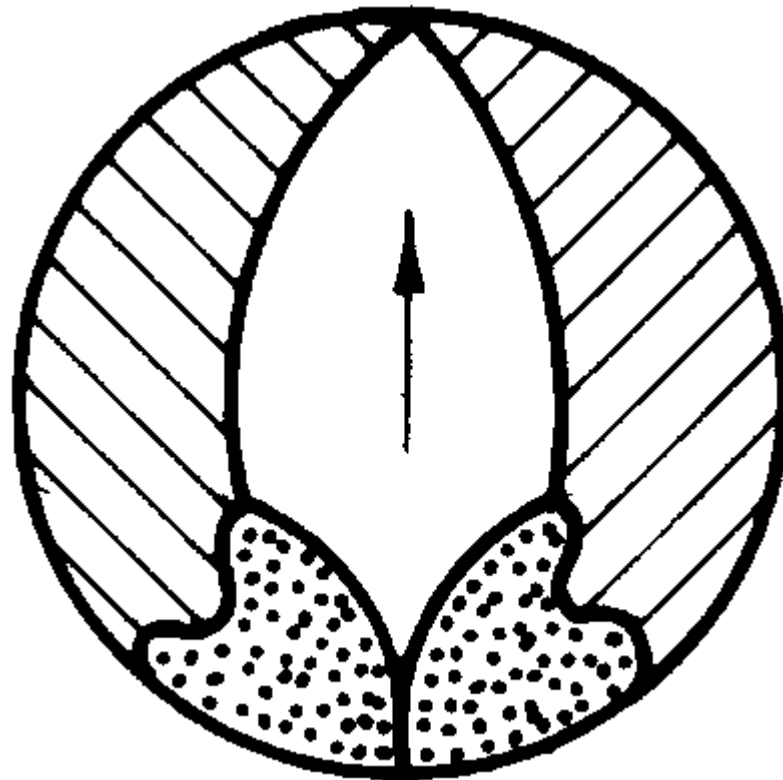


Gégeréshang
(laringális/glottális
spiráns/frikatíva,
approximáns) [h]

Hangszalagállások: Tág lélegzőállás



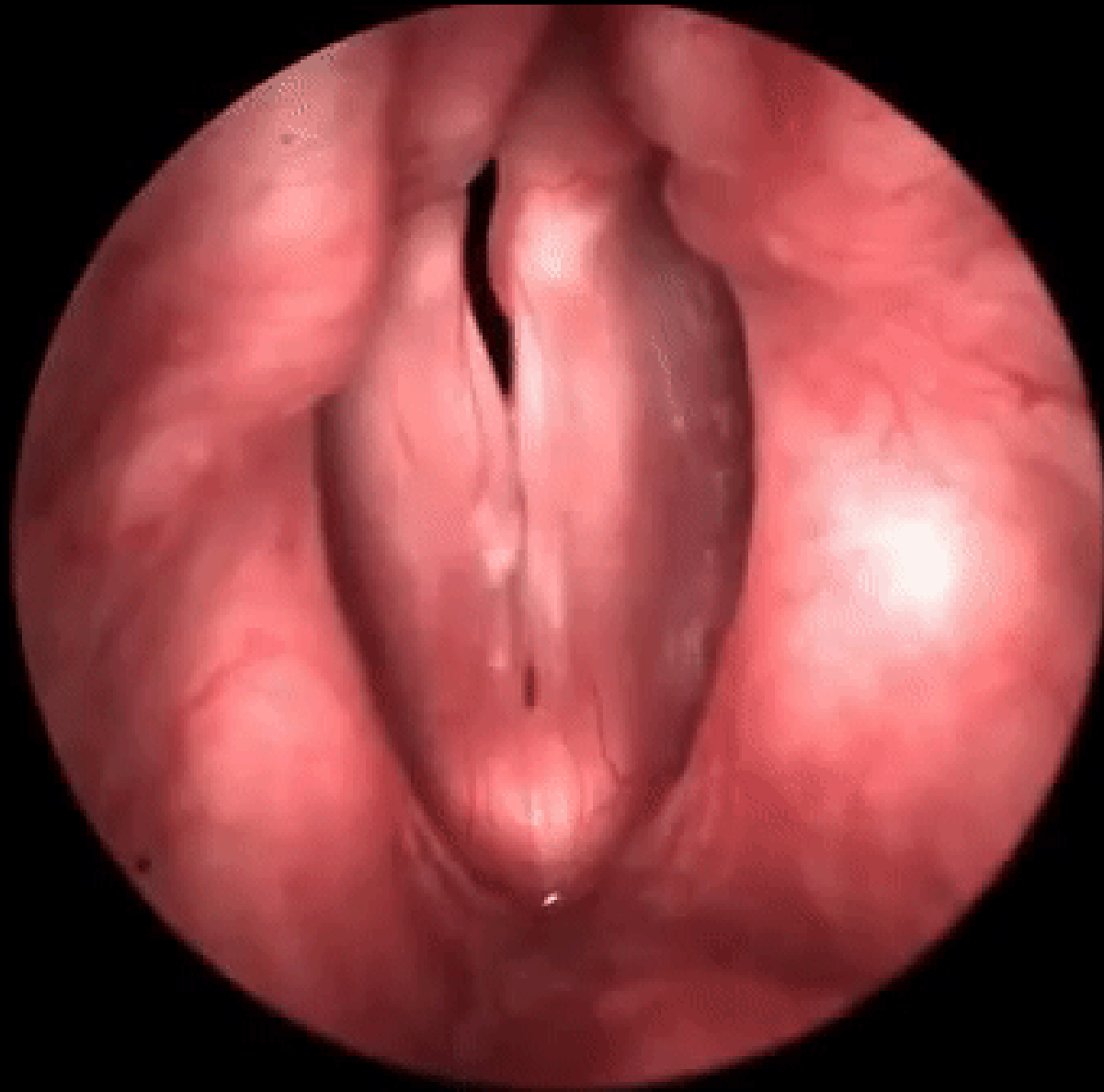
(g) zöngétlen
pulmonikus hang



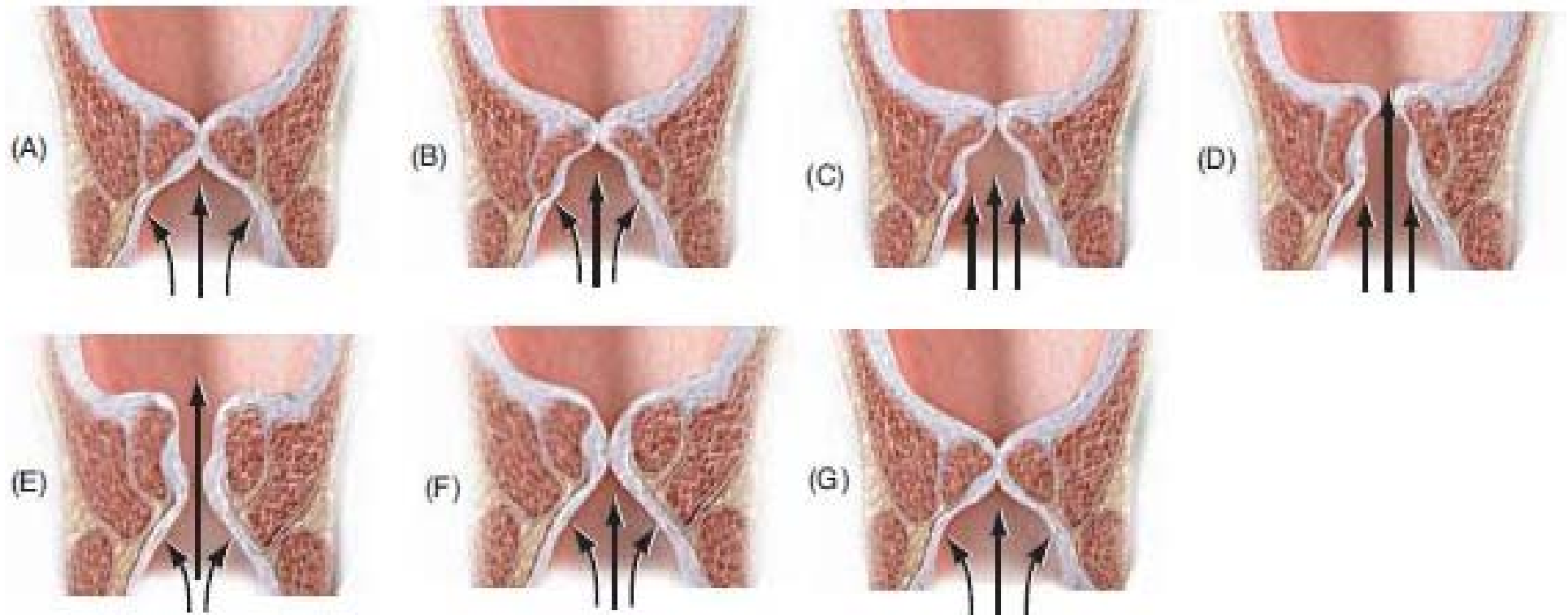
A hangszalagok mozgása

- 1. Vízszintes mozgás:** a hangszalagok eltávolodása egymástól levegővételekor, hangképzéskor pedig a hangszalagok záródása
- 2. Függőleges mozgás:** a hangképzéskor maga a hangszalagrezgés
- 3. Szél-éli eltolódás:** hangszalagokat borító nyálkahártya mozgása (**a zöngé létrehozásának alapfeltétele**), ami önálló mozgással tömíti a hangszalagok közötti rést megakadályozva a turbulencia létrejöttét, ami zörejt eredményezne

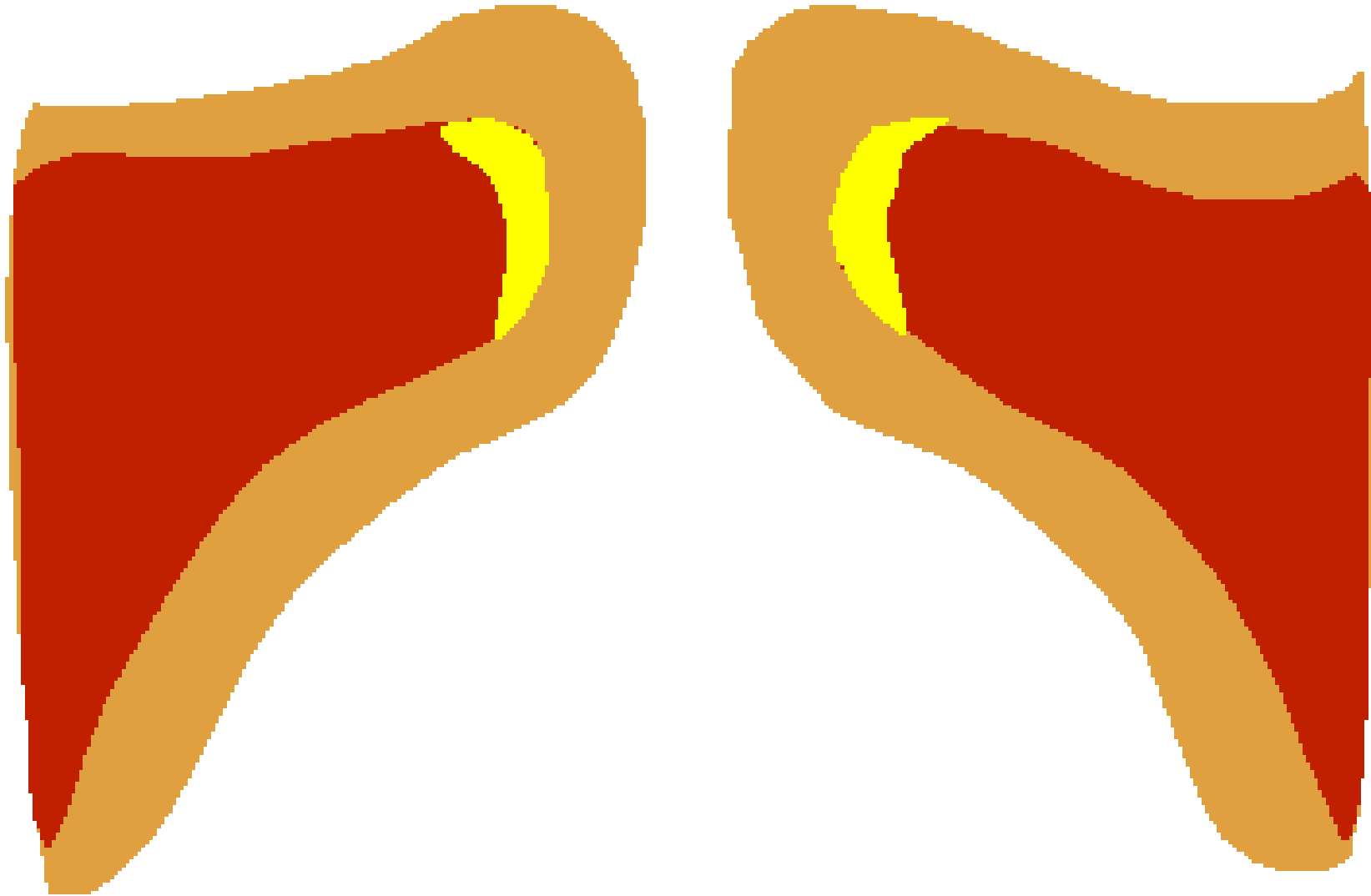
A zöngge képzése



Szél-éli eltolódás



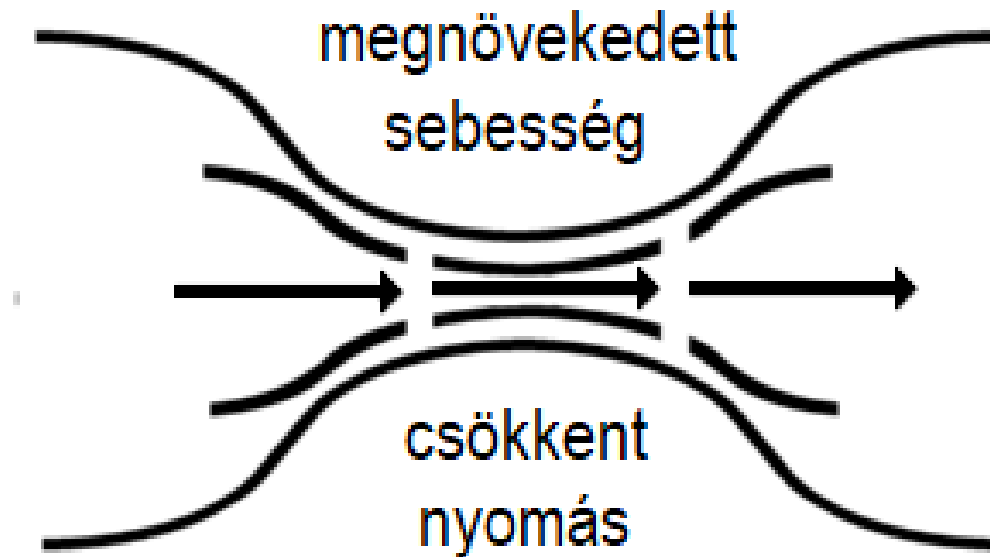
Szél-éli eltolódás



Mitől rezegnek a hangszalagok?

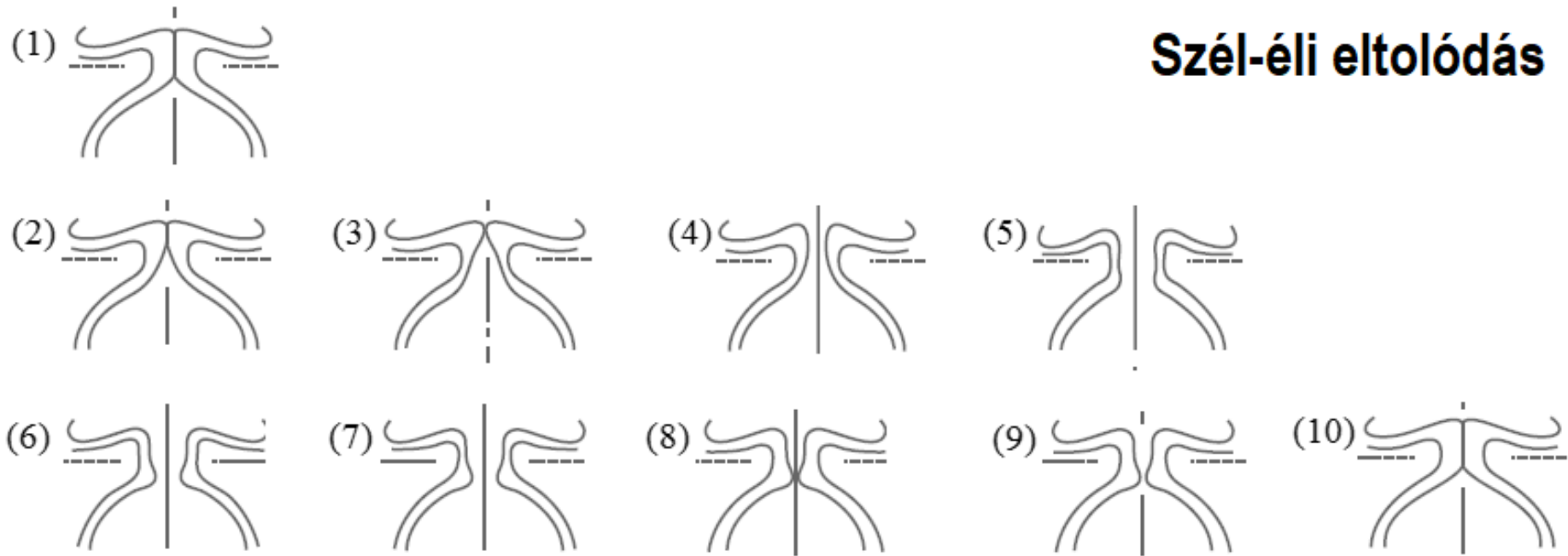
Hogyan okoz a levegő *folyamatos* kiáramlása rezgést?

Bernoulli-effektus (Daniel Bernoulli: *Hydrodynamica*, 1738)



szűkület → hosszabb út (a széleken) →
nagyobb sebesség → kisebb nyomás (kisebb helyen
kevesebb molekula) → szívó hatás

Szél-éli eltolódás

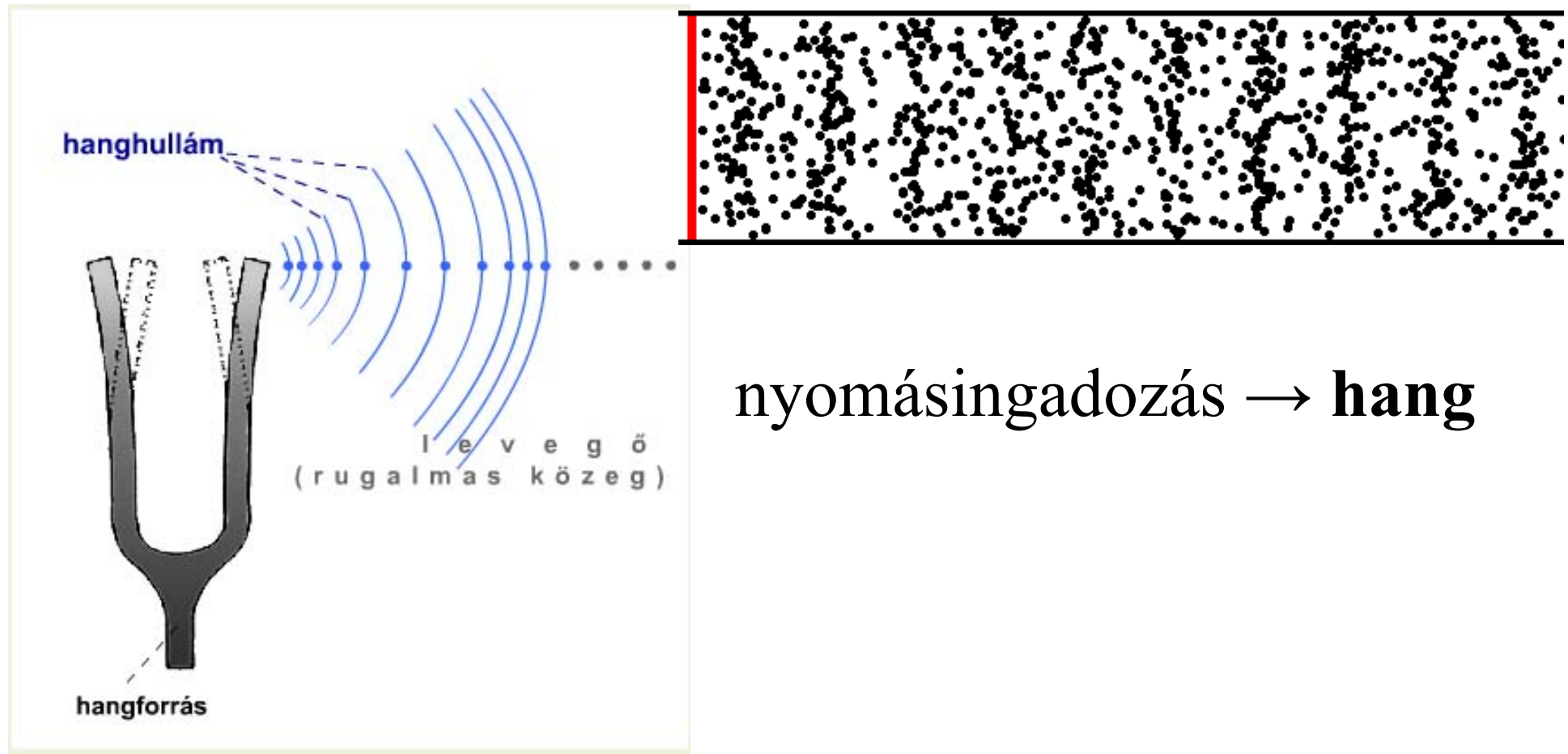


1. A hangszalagok a hangadás kezdetekor (a zöngé-ciklus létrehozásának kezdetén) **zárt** pozícióban állnak, azaz a két hangszalag közti rés, a glottisz (hangrés) zárva van.

2–5. A zárt hangszalagok alatt felgyűlt levegő mennyisége és az így létrejött megfelelő mértékű nyomásnövekedés miatt (a szubglottális nyomás kellő mértékben nagyobb, mint a szupraglottális), **a levegő szétfeszíti a hangszalagokat**, és tovább áramlik a száj- vagy az orrnyílás felé. A hangszalagok távolodása **alulról felfelé hullámként** terjed.

6–10. Mivel a hangszalagok a gégében egy szűkületi ponton helyezkednek el, az itt átáramló levegő a légcső és a toldalékcső felsőbb szakaszához képest gyorsabban halad. Ez pedig Bernoulli törvénye értelmében azt vonja magával, hogy amikor a levegő áthalad az éppen csak szétfeszített hangréseken, a hangszalagok közötti nyomás lecsökken, ez pedig szívó hatást fejt ki a légjárat falaira, azaz a hangszalagokra. **A szívó hatás következtében a szétfeszítés után a hangszalagok újra összetapadnak**, így a zöngéképzés egy új ciklusa kezdődhet meg. A hangszalagok közeledése a Bernoulli-effektus hatására szintén **alulról felfelé terjedő** állapot

A hangszalagrezgés következménye:



nyomásingadozás → **hang**

A hangszalagrezgés eredményeképpen létrejött hangrezgést, hang:

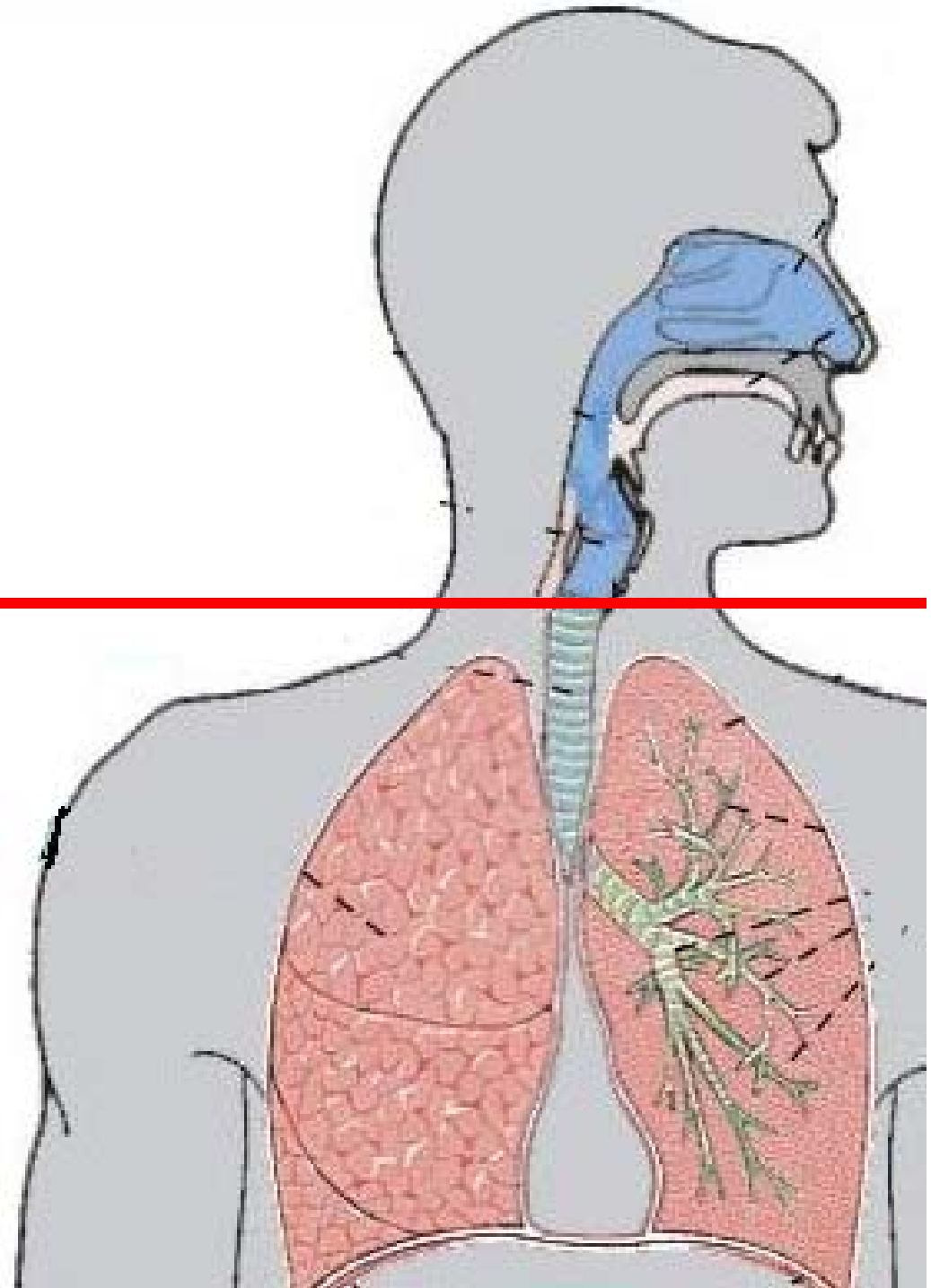
ZÖNGE

1. Szupraglottális terület

2. Transzglottális terület

3. Szubglottális terület

A zöngéképzéshez transzglottális nyomáskülönbség szükséges



Zöngképzés (fonáció)

— *Passzív (spontán) zöng*

(szonoránsok: magánhangzók, szonoráns mássalhangzók)

[A szájüregbeli nyomás a környezetivel megegyezik (mert az akadály tágabb, vagy nem is akadály). A transzglottális nyomás nem csökken a fonáció alatt, így a hangszalagok rezgése zöngéállás esetében automatikusan megindul.]

— *Aktív zöng*

(zöngés obstruens mássalhangzók)

[A szájüregbeli nyomás nagyobb, mint a környezeti nyomás (az akadály miatt). A megnövekvő szupraglottális nyomás következtében a transzglottális nyomás csökken, és a zöng csak passzív és aktív artikulációs gesztusok segítségével tartható fenn, avagy a rezgés leáll.]

Zöngképzés (fonáció)

— *Passzív (spontán) zöng*

(szonoránsok: magánhangzók, szonoráns mássalhangzók)

— *Aktív zöng*

(zöngés obstruens mássalhangzók)

artikulációs gesztusok:

Passzívak (valamely aerodinamikai vagy képzési sajátossággal járnak együtt): pl. az ugyanezen nyomástorlódás következtében táguló szupraglottális üregek, vagy a zöngképzéshez a gége kismértékű süllyesztése.

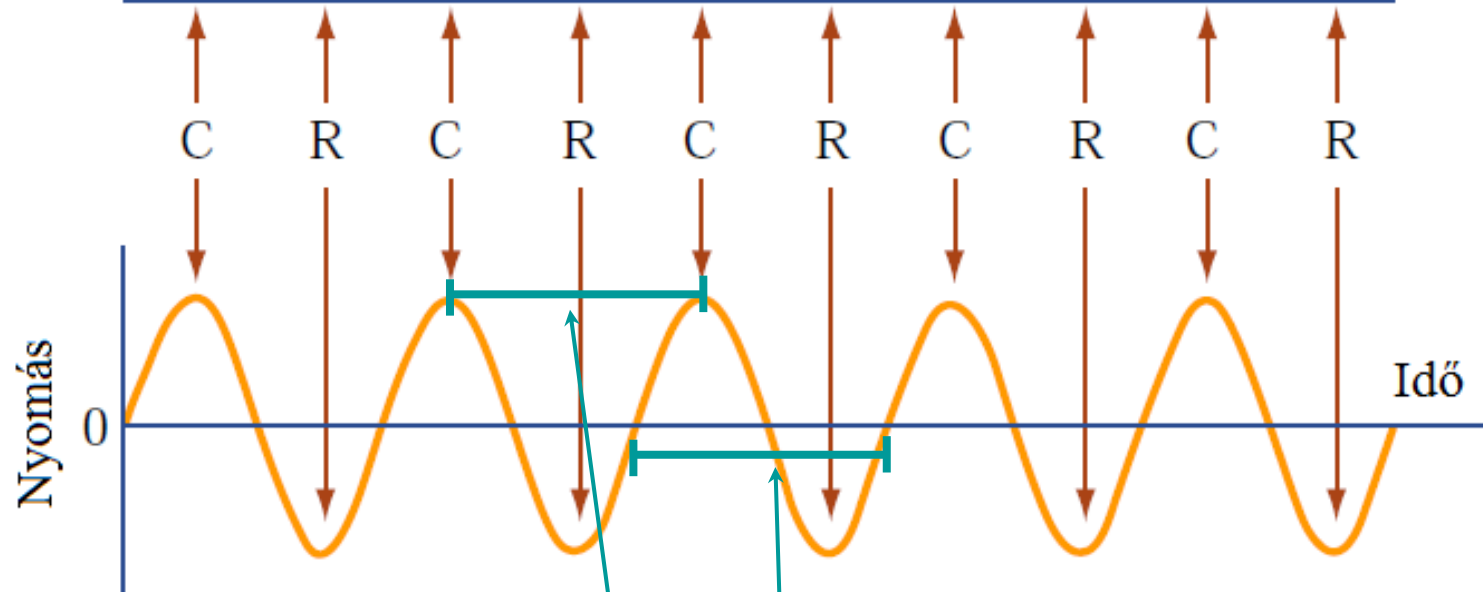
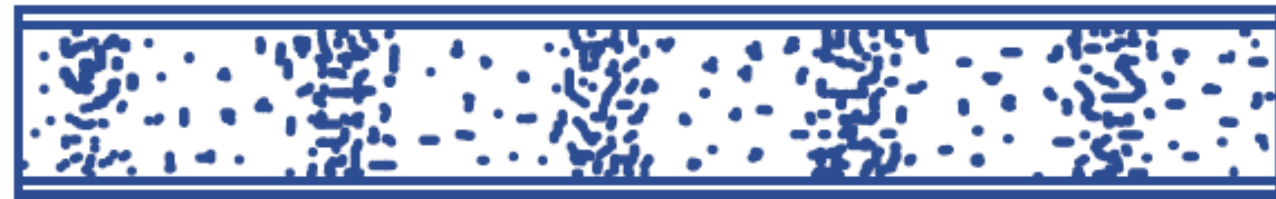
Aktívak (nem más paraméterek következményei, hanem opcionális gesztusok): pl. a nyelvgyök süllyesztése, a zár kismértékű réses nyitása, a nazális üreg átmeneti nyitása]

Tiszta hang/egyszerű hang/szinuszhang =

**periodikus
nyomás-
ingadozás**

periodikus:
szabályos
időközönként
ismétlődik

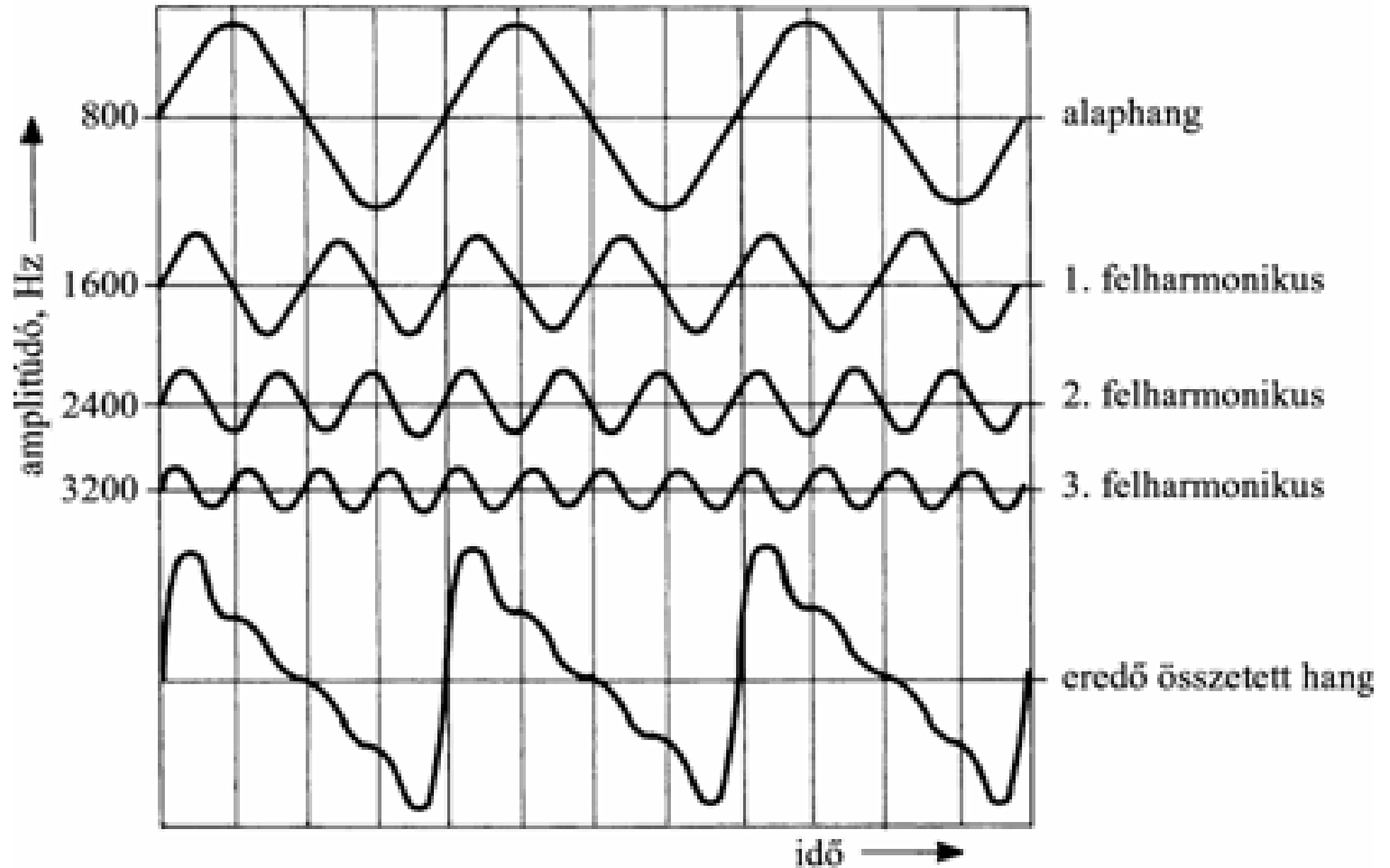
A hang nyomáshullám



**Rezgéskép
Oszcillogram**

C = Compression
Sűrűsödés
R = Rarefaction
Ritkulás

Összetett hang



A zöngé:

1. Kváziperiodikus hang (a periódusok nem teljesen, de nagyjából egyformák; előfordul, hogy a periódusok nem periodikusak, nem regulárisak: irreguláris zöngé)

2. Összetett vagyis komplex hang (alaphang + felharmonikusok)

[;A zöngé felhangjai nem azonosak a keletkező magánhangzó formánsaival!]

A zöngé összetétele: alaphang (f_0) + felharmonikusok:

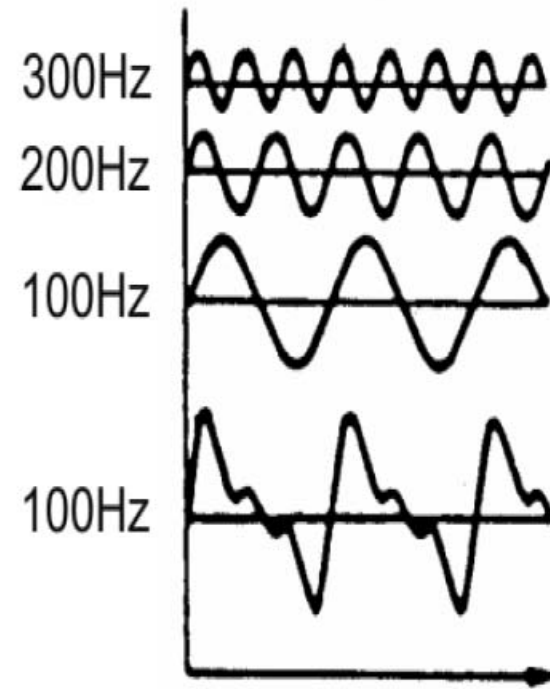
Második felharmonikus ($3f_0$) $100 \text{ Hz} * 3 = 300\text{Hz}$

Első felharmonikus ($2f_0$) $100 \text{ Hz} * 2 = 200\text{Hz}$

Alaphang (f_0) $100 \text{ Hz} * 1 = 100\text{Hz}$

Ezek **összessége:**
100 Hz alapfrekvenciájú zöngé

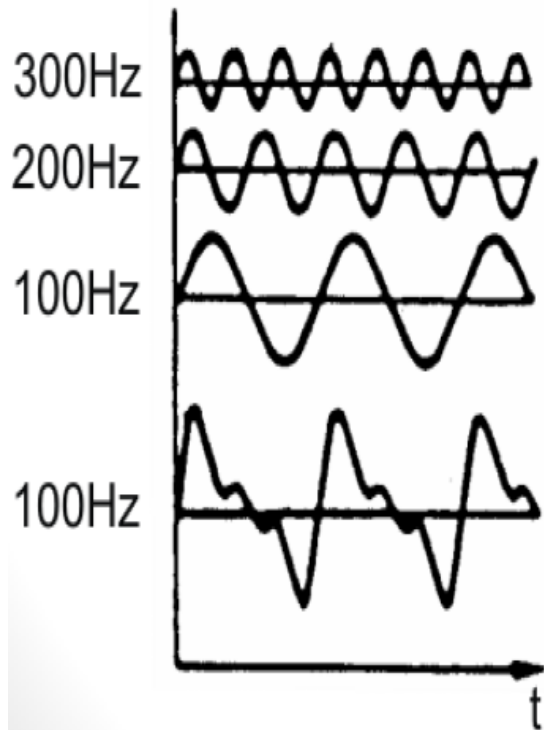
Vigyázat a jelölésnél!
Első felharmonikus, de
második összetevő!!!



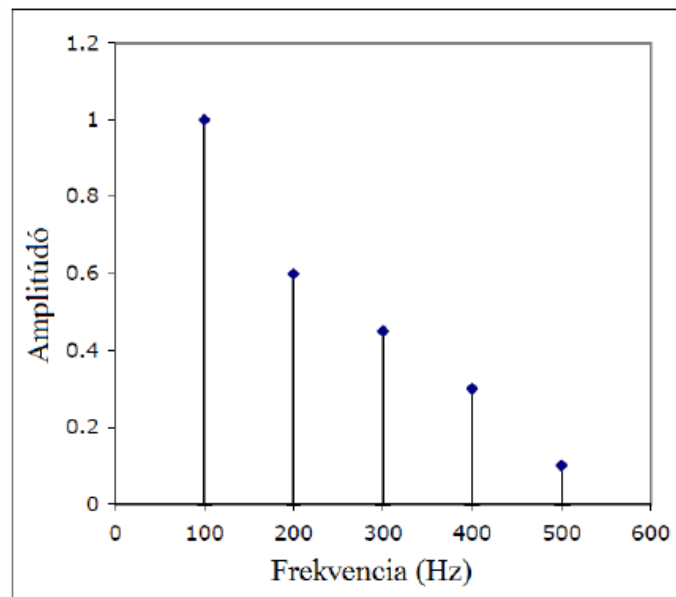
A hang megjelenítése

Rezgéskép

Oszcillogram

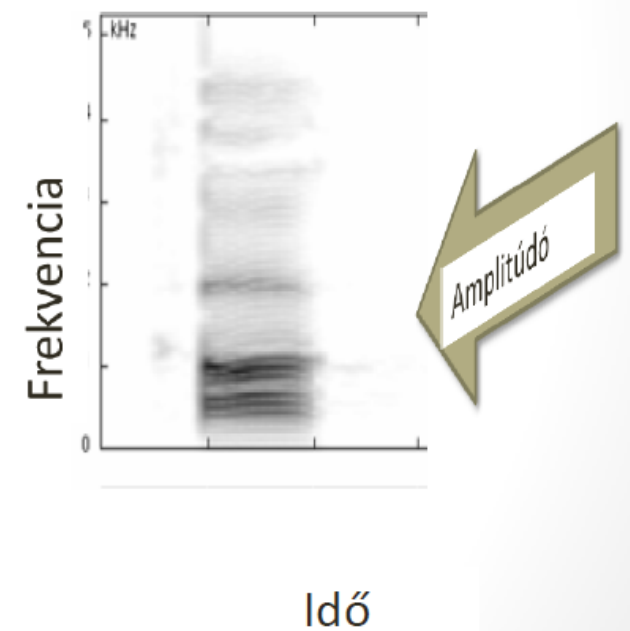


Spektrum



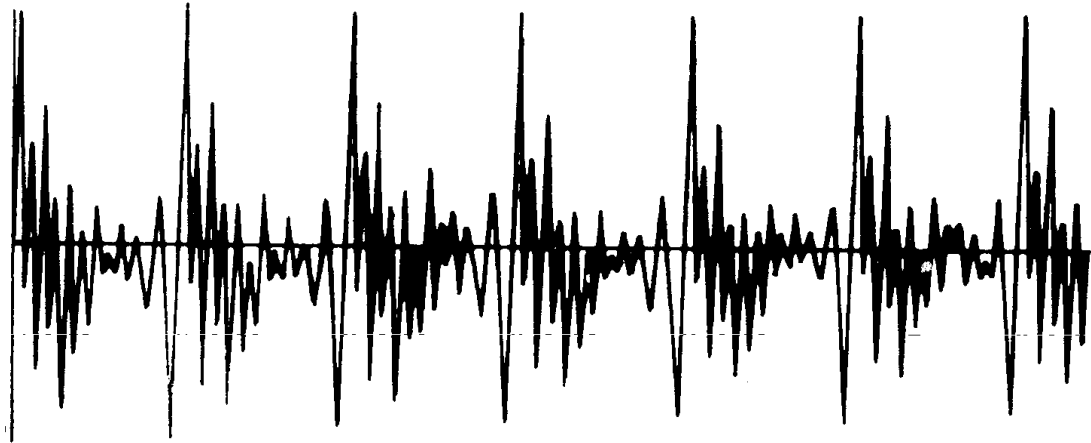
Hangszínkép

Spektrogram



Magán- és mássalhangzók rezgésképe

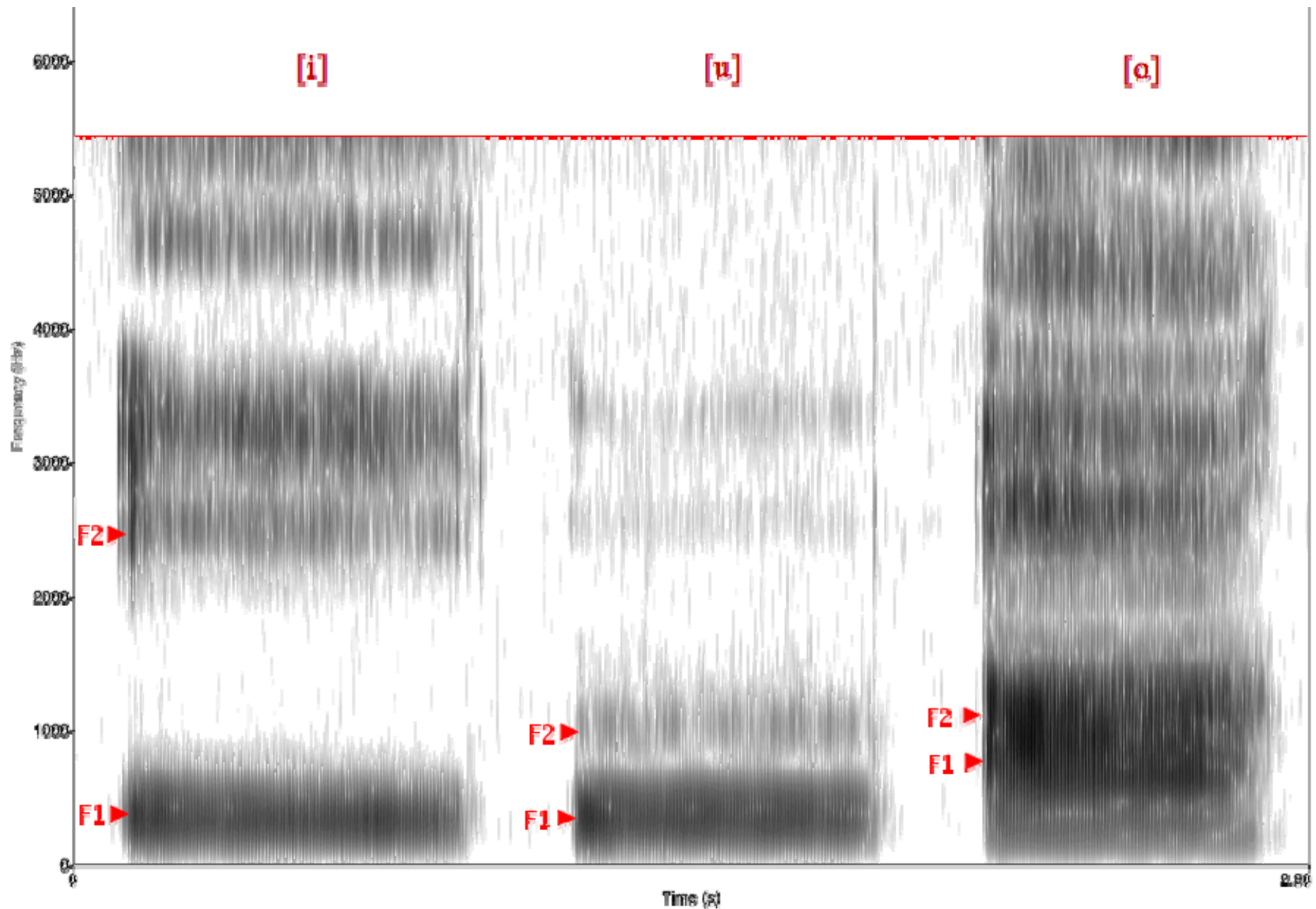
á



zs

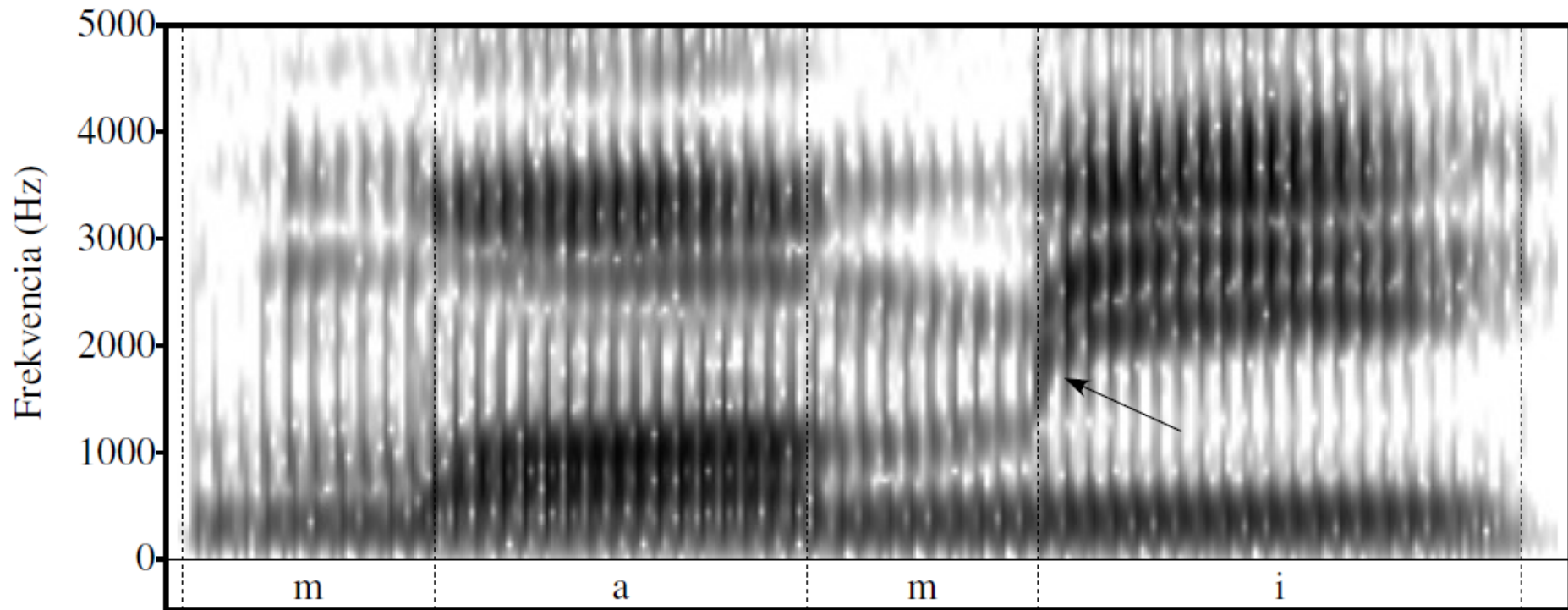


Magánhangzók spektrogramja



Spektrogram

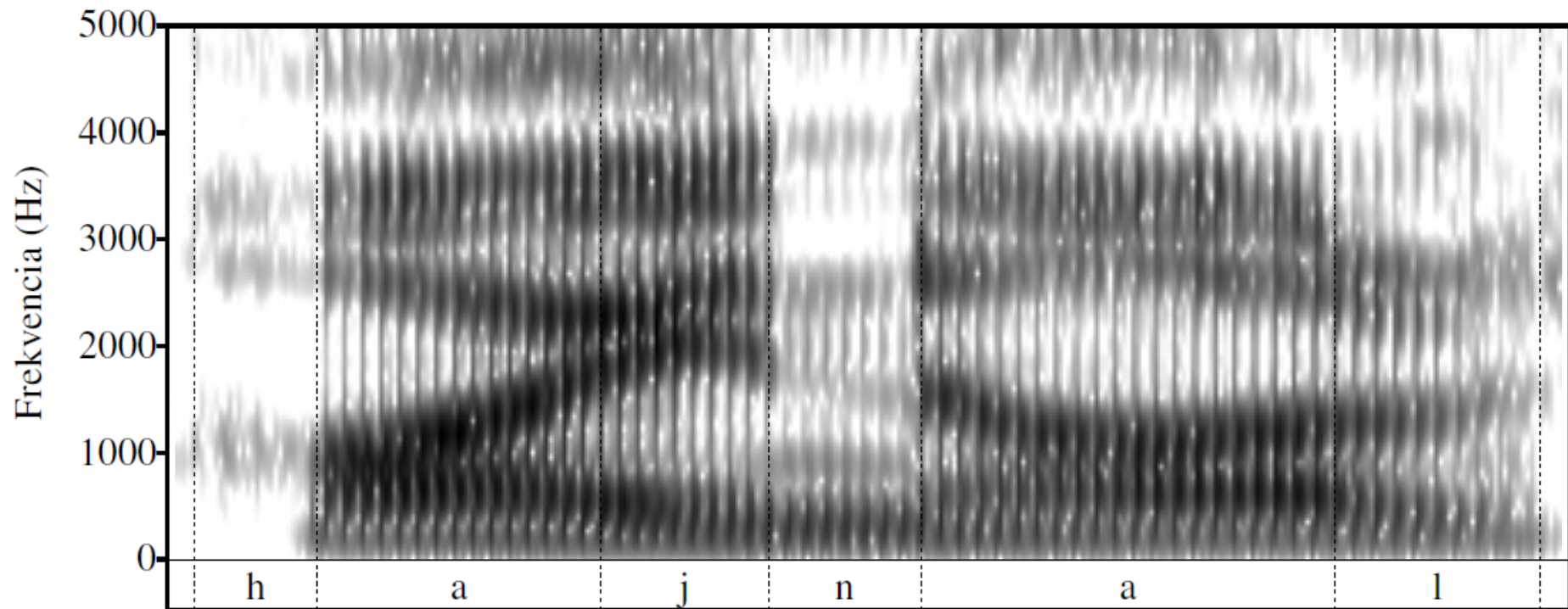
(magánhangzók és szonoráns mássalhangzók)



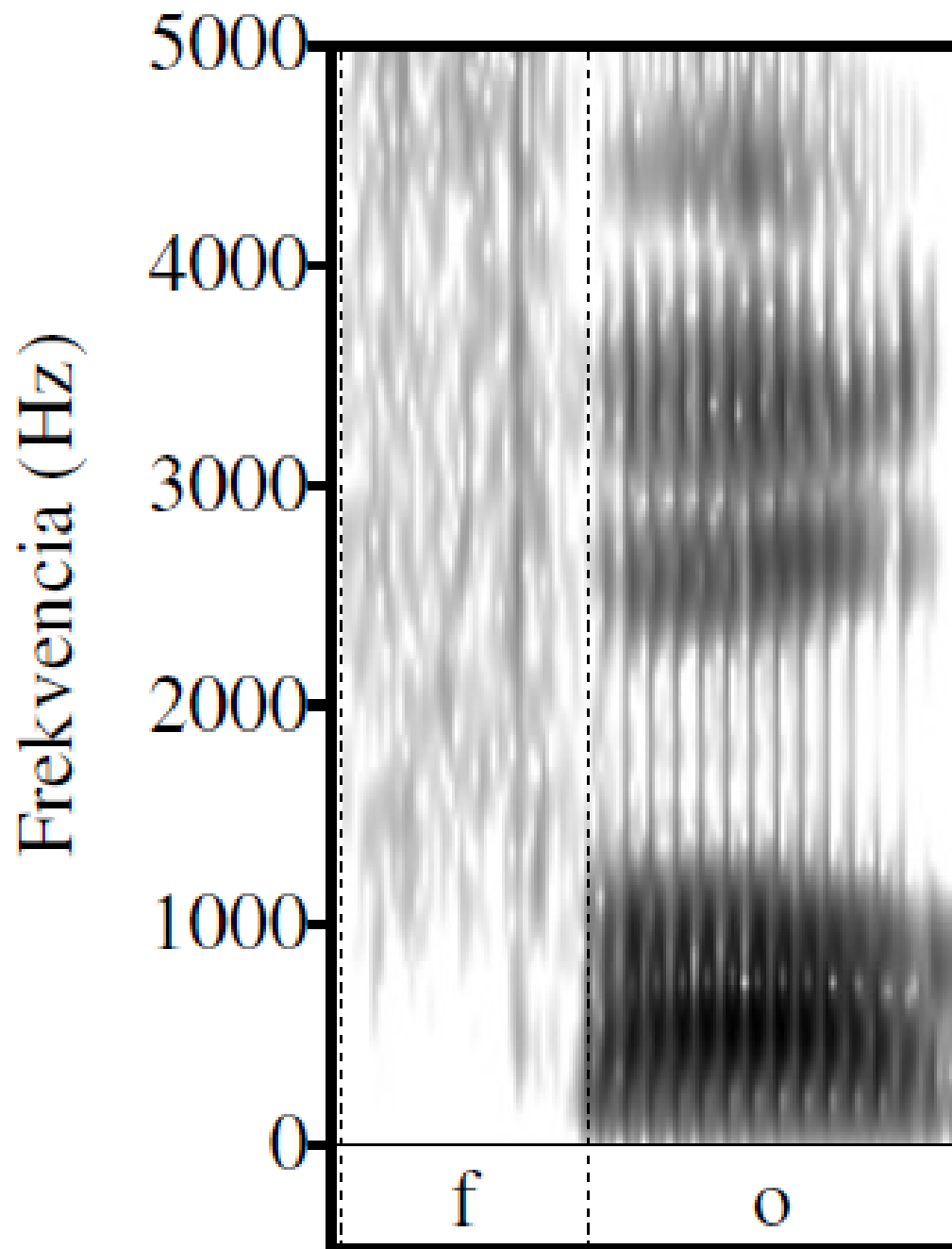
5.31. ábra. A *mami* (523 ms) szó frekvenciaszerkezete. Az [m]+[i] kapcsolódási ponton formánsugrás jöhet létre (nyíl)

Spektrogram

(magánhangzók, szonoráns mássalhangzók és *h*)

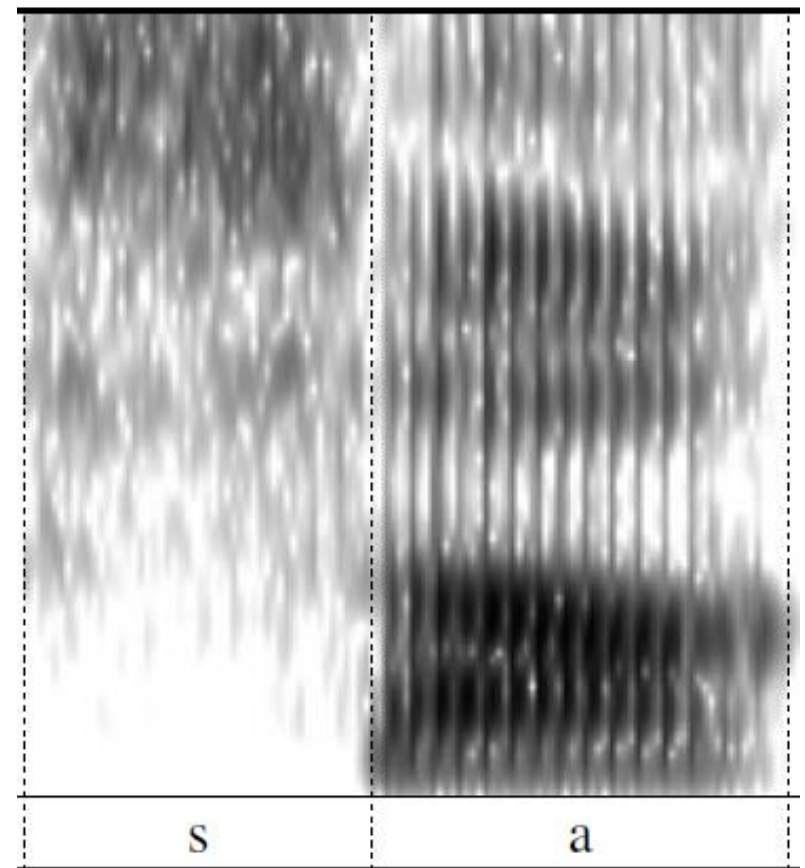


5.28. ábra. A [j] akusztikai vetületei a *hajnal* (612 ms) szóban. Látható, hogy a palatális mássalhangzó magához idomítja a környező hangok formánsait. Ez főleg az F2-k mozgásában látványos a példában



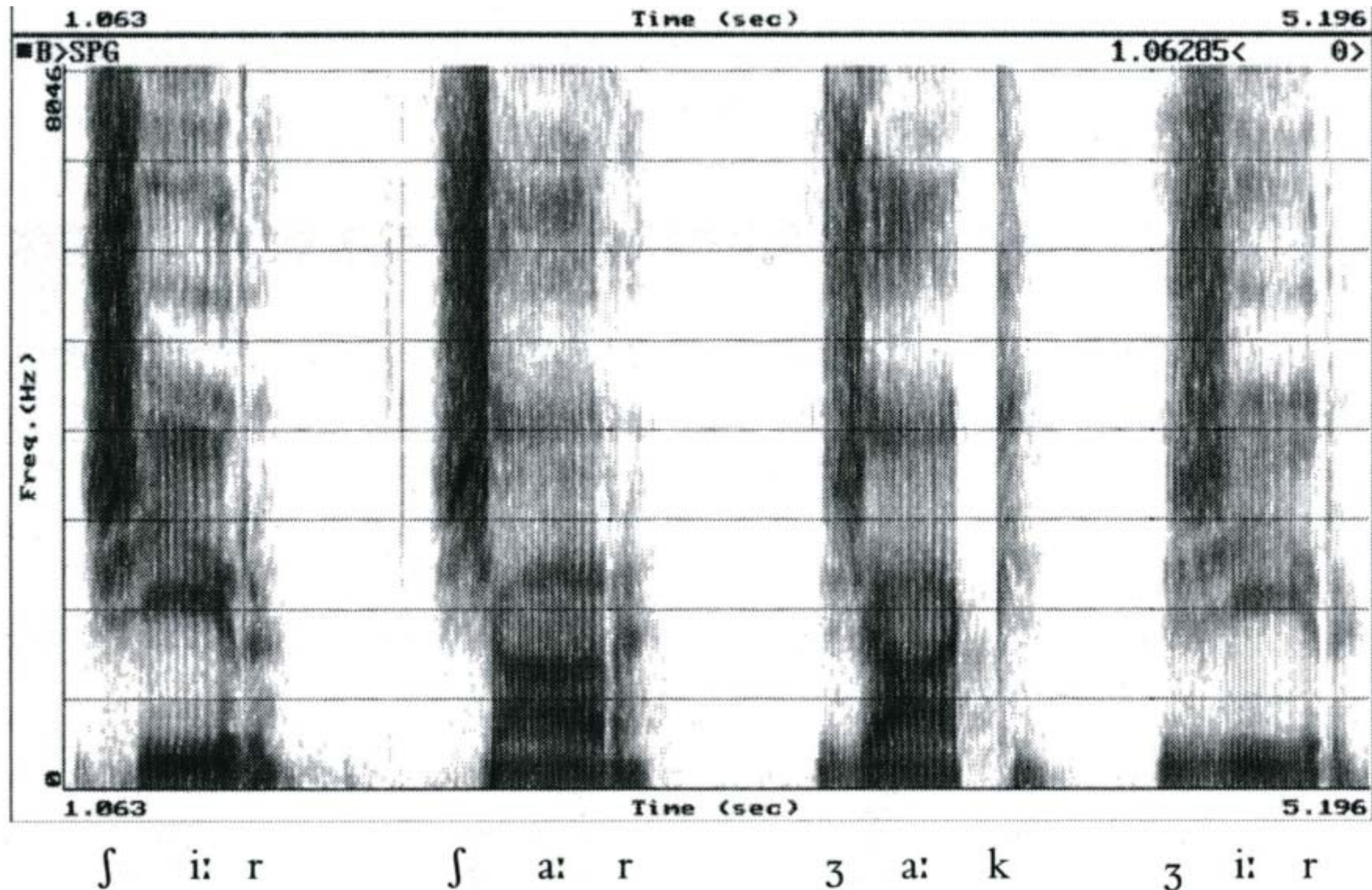
Spektrogramok

zöngétlen frikatíva és
magánhangzó



Spektrogram

(obstruens és szonoráns mássalhangzók, magánhangzók)



Fonációtípusok (Gósy Mária)

1. *Zöngés*

2. *Zöngétlen*

a) *Zéró fonáció*

b) *Levegős/hehezetes hanggenerálás*

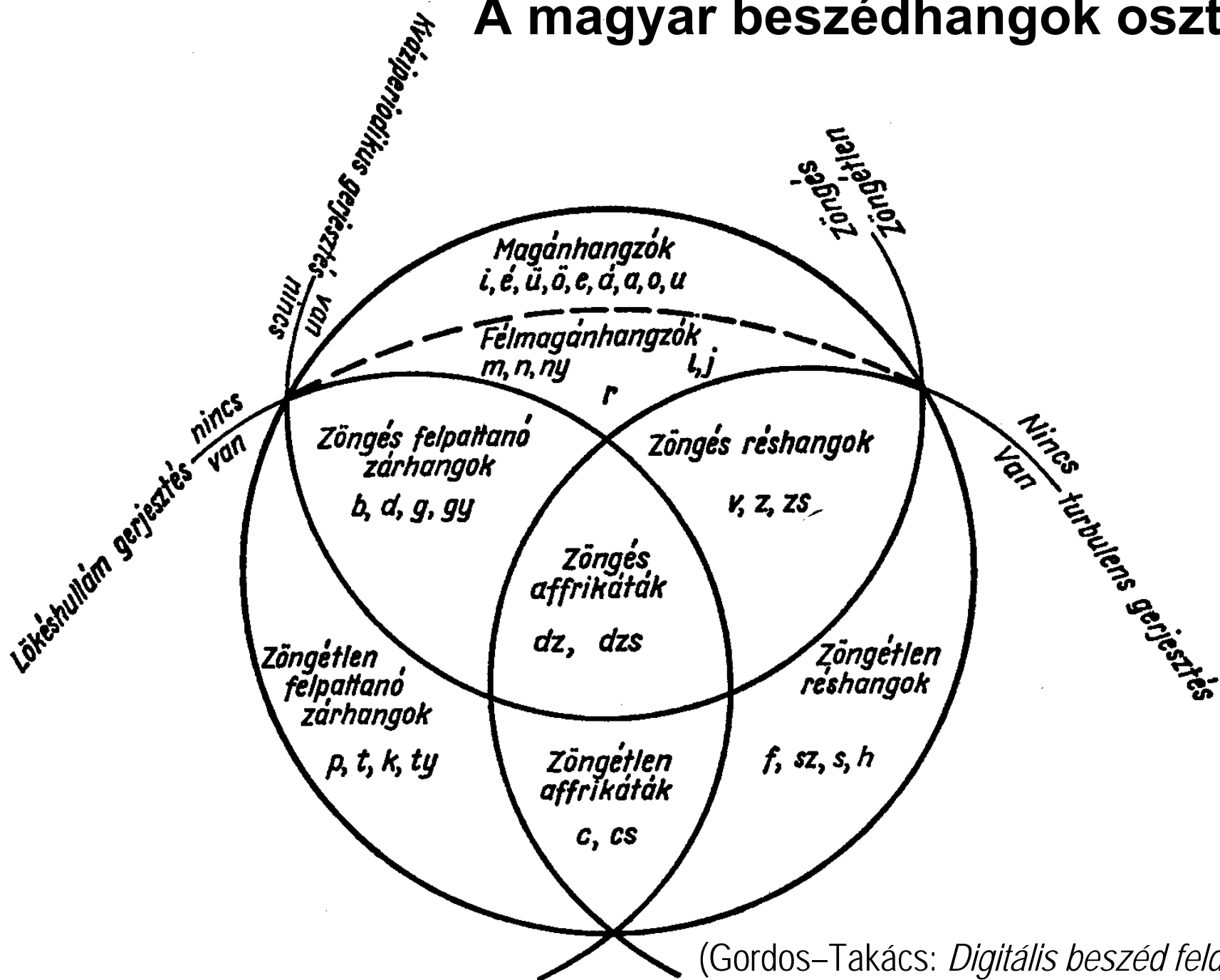
3. *Suttogó*

H a n g g e r j e s z t é s

	gerjesztés típusa	akusztikai produktum	Beszédhangtípus
tisztá gerjesztés	hangszalag rezeg	zöngé	Magánhangzók i, í, ü, ú, u, ú, e, é, ö, ő, o, ó, a, á
			likvidák l, r, j nazálisok m, n, ny
	résen kiáramló levegő turbulens áramlása	súrlódási zörej	Zöngétlen réshangok f, sz, s, h
	zár-felpattanás	beszédenergia mentes rész + zár-felpattanási zörej	Zöngétlen zárhangok p, t, k
vegyes gerjesztés	hangszalag rezeg + Résen kiáramló levegő turbulens áramlása	Zöngé + súrlódási zörej	zöngés réshangok v, z, zs
	hangszalag rezeg + zár-felpattanás	Zöngé + Zár-felpattanási zörej	zöngés zárhangok b, d, g
	hangszalag rezeg + Zár-felpattanás + résen kiáramló levegő turbulens áramlása	Zöngé + zár-felpattanási zörej + súrlódási zörej	zöngés affrikáták (zár-réshangok) dz, dzs, gy
	hangszalag nem rezeg + zár-felpattanás + résen kiáramló levegő turbulens áramlása	beszédenergia mentes rész + zár-felpattanási zörej. + súrlódási zörej	Zöngétlen affrikáták (zárréshangok) c, cs, ty

A magyar beszédhangok osztályai

G
o
r
d
o
s
-
k
ö
r
ö
k



(Gordos-Takács: *Digitális beszéd feldolgozás*)

A magyar hangok csoportosítása a hangszalagok artikulációs szerepe szerint

- 1. Zöng hangok** (*szonoránsok*: magánhangzók + szonoráns mássalhangzók) [a hang csak teljes zöngéből áll]
- 2. Zöngés hangok** (*zöngés obstruensek*)
[a hang alapja a szájüregbeli zörej, amihez fojtott zöngé is társul]
- 3. Zöngétlen hangok** (*zöngétlen obstruensek*)
[a hangot csak zörej alkotja]
 - a) Hehezet** (*aspiráció*) [a hangot a gégefőben keletkezett zörej alkotja: laringális/glottális frikatíva/spiráns (*h*)]
 - b) Zöngétlen szájhangok**
[a hangot a szájüregben keletkezett zörej alkotja]

Vokális regiszterek

A *vokális regiszterek* (vocal registers) az emberi hang olyan hangszínei, amelyeket a hangszalagok egy bizonyos rezgési mintázata állít elő, azaz a gégefő (hangszalagok) működésével függenek össze, ugyanis a hangszalagok képesek többféle rezgési mintázatot előállítani. Mindegyik rezgésminta egy meghatározott hangmagasságon belül jelenik meg, és bizonyos jellegzetes hangzást produkál.

(https://en.wikipedia.org/wiki/Vocal_register)

A vokális regiszterekre többféle értelmezés létezik, mindegyik a *legmagasabbtól a legmélyebbig* sorolja be a hangképzést.

Megkülönböztetnek *vokális regisztereket* a *beszédben* és az *éneklésben*.

Vokális regiszterek a beszédben

legmagasabb

- füttyregiszter



- falzett (a hangszalagok hosszúak és vékonyak)

- modális regiszter (a hangszalagok közepes hosszúságúak és közepes vastagságúak)

legalacsonyabb

- glottalizáció (vocal fry) (a hangszalagok rövidek és vastagok)

(Childers–Lee 1991)

Vokális regiszterek az énekhangban

Az éneklés során a fejen és a mellkason szubjektíve és objektíve érzékelhető vibrációs körzetek alapján:

legmagasabb



legalacsonyabb

- füttyregiszter (nőknél, koloratúrszoprán)
- fejregiszter (idetartozik a *falzett*, ami a fejregiszter piano formája)
- középregiszter (a mell- és a középhang a természetes a társalgóbeszédben)
- mellregiszter

(*jódlizás*: a mell- és a fejregiszterek gyors váltogatása)

Hangosztályok

férfiak:
basszus
bariton
tenor

nők:
alt
mezzoszoprán
szoprán

A hangosztályok (éneklésben és beszédben) és a jellegzetes frekvenciatartomány

Hangosztály	Frekvencia- tartomány (Hz)	Átlagos beszédhang-magasság		A hangszalagok hossza (mm)
		Hz-ben	zenei hangban	
basszus	82–349	98	G	24–25
bariton	98–392	110	A	21–27
tenor	123–493	130	c	17–20
alt	164–698	196	g	18–19
mezzoszoprán	196–784	220	a	18–21
szoprán	247–1046	260	c'	14–17

Beszédhangfekvés, alaphangmagasság

Nők és férfiak alaphangmagassága különböző nyelvekben

Nyelv (publikálás ideje)	Alaphangmagasság-értékek (Hz)	
	nők	férfiak
magyar (1980)	160–260, átlag: 223	80–130, átlag: 126
német (1980)	185–247	103,6–146
amerikai angol (1952; 1972; 1966)	223	132; 129,3; 95,3
francia (1975)	207	118
svéd (1978)		137
finn (1978)	204	
lengyel (1972)		137,6
spanyol (1966)		121,4
japán (1966)		116,8

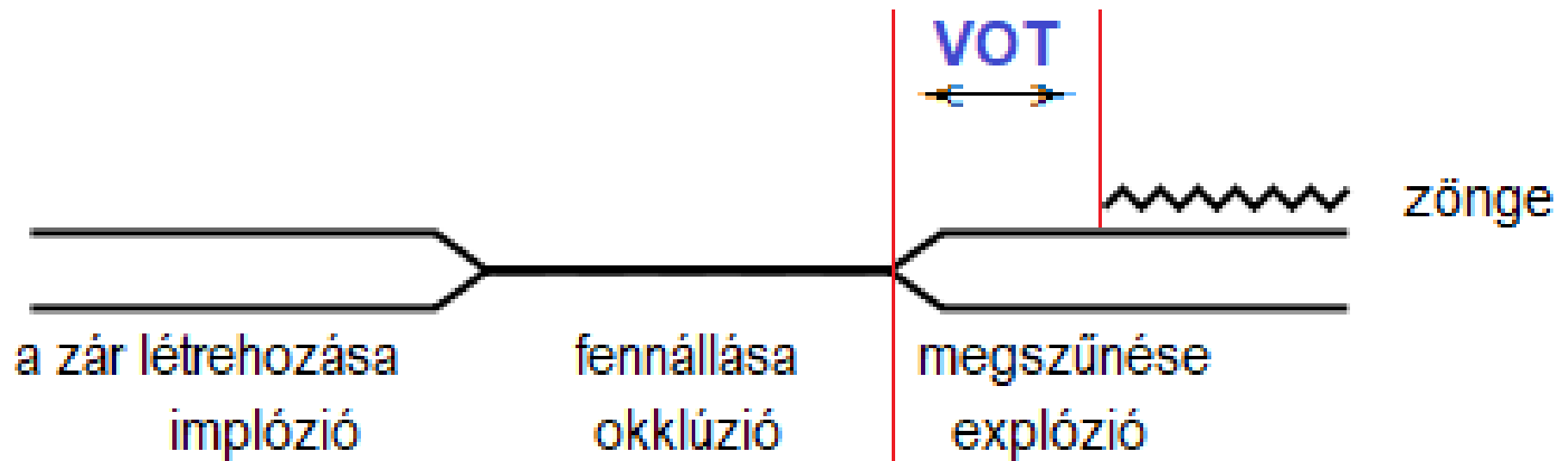
Hangindítás és -befejezés

(a zöngéképzés kezdete és vége)

1. **Leheletes/hehezetes** (a hangrész nem zár)
2. **Lágy** (a hangszalagok puhán közelednek)
3. **Feszés** (a hangszalagok határozottan közelednek, tökéletesen zárnak)
4. **Kemény** (a hangszalagok hirtelen hirtelen összecsapódva zárják a hangrészt)
5. **Préselt** (a hangszalagok összenyomódnak, a gége megemelkedik)

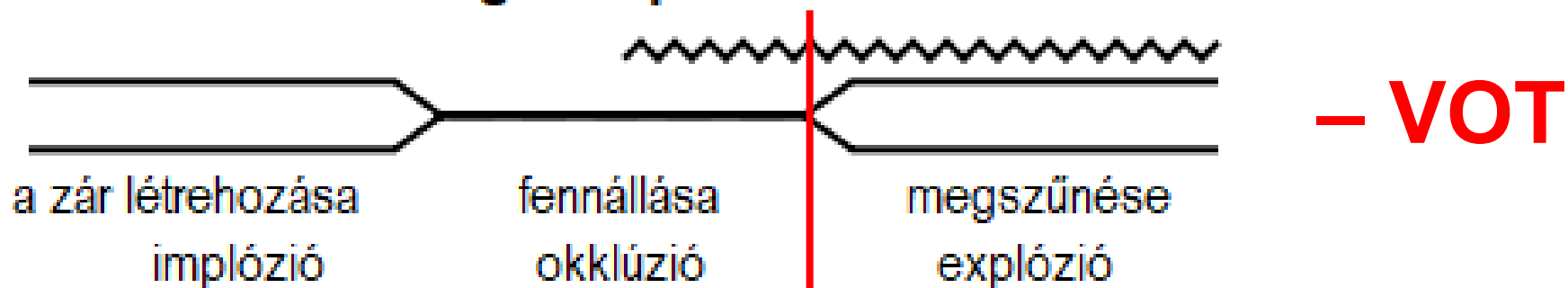
Az explozívák hangindítása: VOT (voice-onset time)

Az az időtartam, ami a zár felpattanásától a zöngeskedésig tart

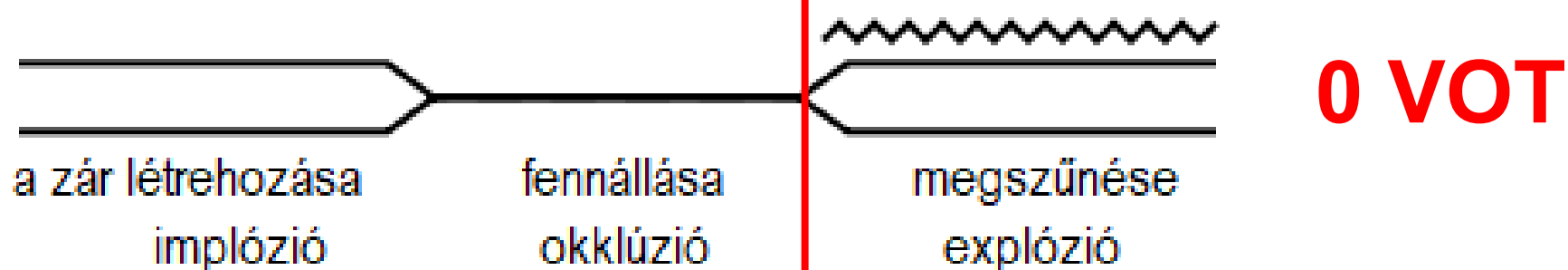


VOT (voice-onset time)

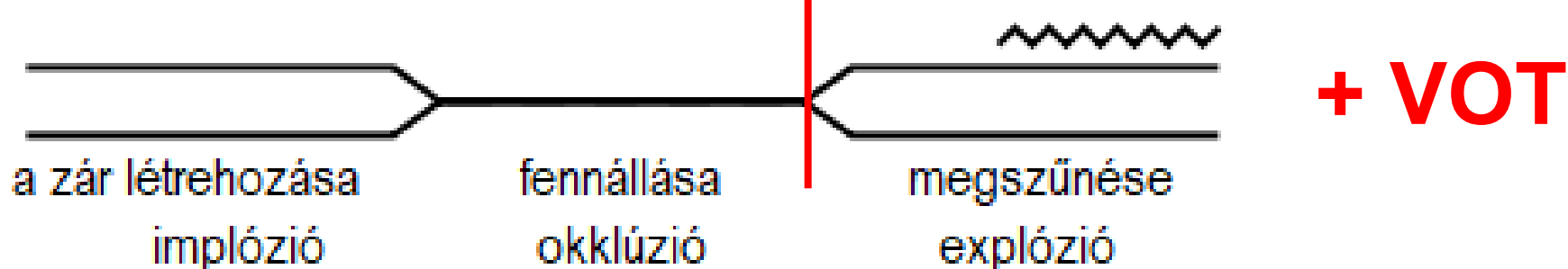
zöngés explozíva



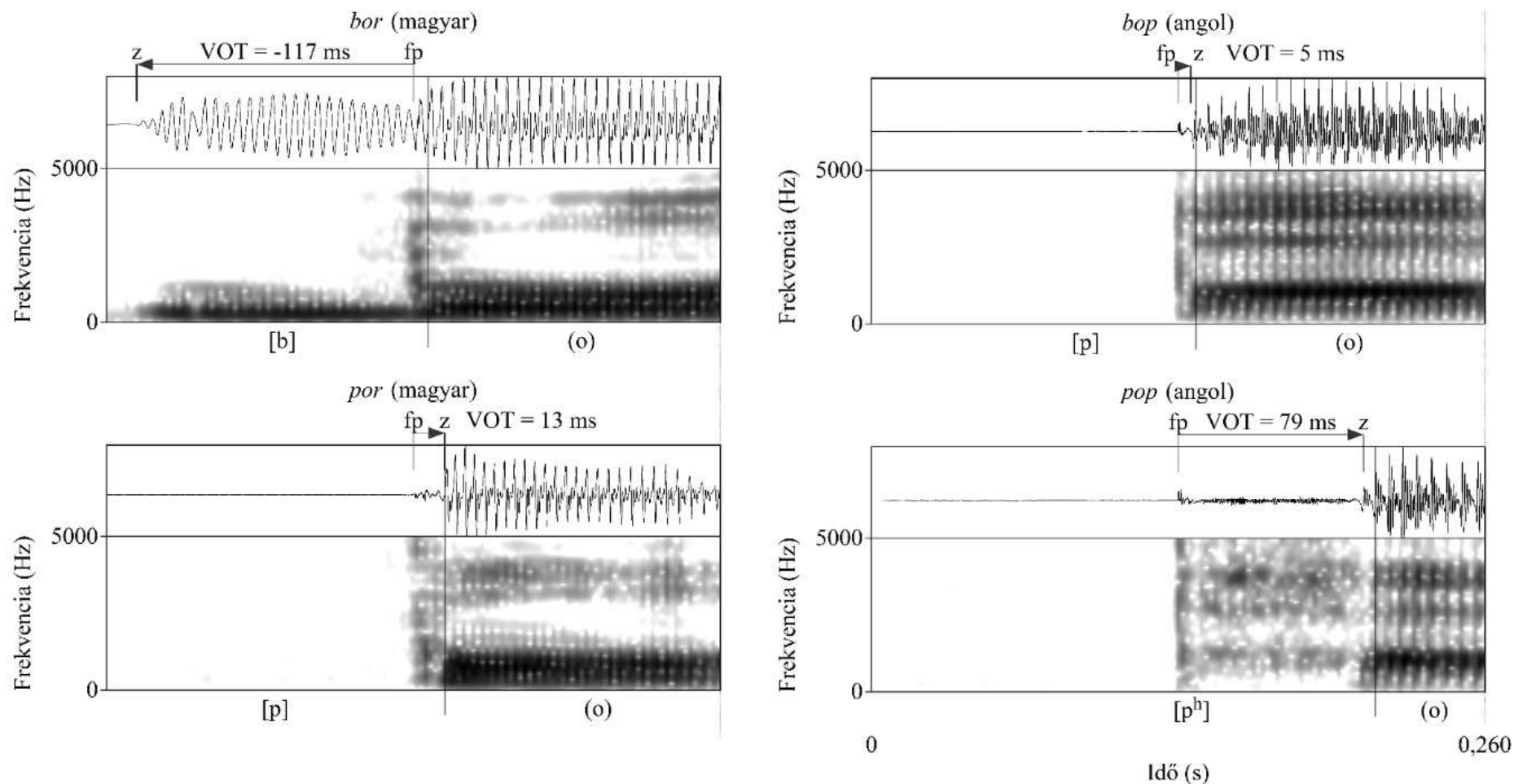
nem hehezetes zöngétlen explozíva



hehezetes zöngétlen explozíva

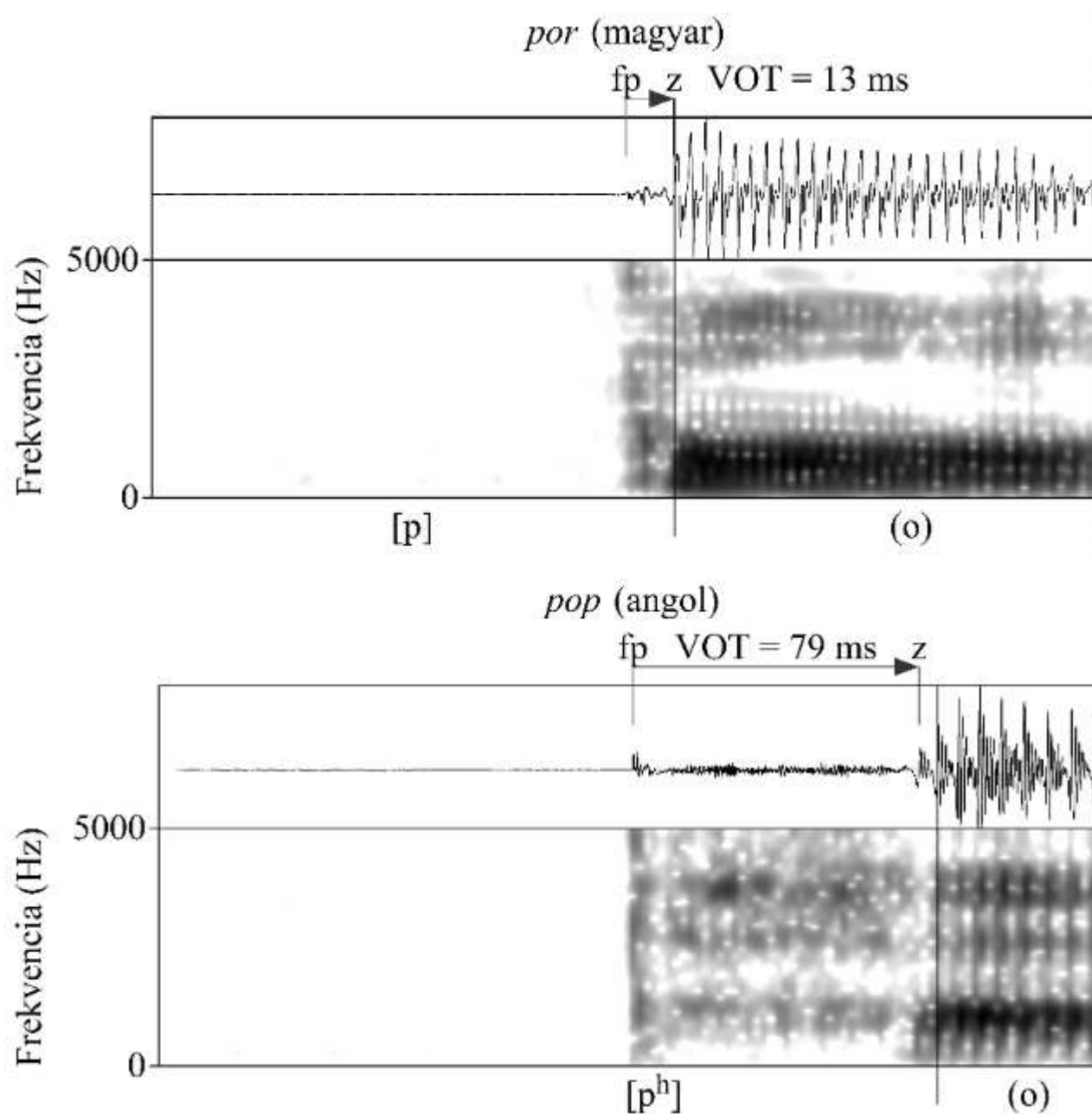


A VOT eltérései a magyarban és az angolban



A „z” feliratos függőleges vonal a zöngé kezdetét, az „fp” feliratos függőleges vonal a felpattanást, a harmadik függőleges vonal pedig a zárhang és a követő magánhangzó határát jelöli. A nyíl a zöngékezdési idő tartamát mutatja.

A VOT eltérései a magyarban és az angolban



A hangképzés izomműködése

A zöngé megléte vagy hiánya összefügg az artikulációval: a *zöngétlen hangokat* – mivel a kiáramló levegőt semmi sem tartóztatja fel a gégében – többnyire erőteljesebb szupraglottális izomműködéssel, **feszesebb** artikulációval ejtjük, mint a *zöngéseket* (**laza** képzés).

Az időtartamban különböző magánhangzók képzésének izomműködés is eltérő: a hosszabb magánhangzók artikulációja többnyire intenzívebb szupraglottális izomtevékenységgel jár, vagyis a *hosszú magánhangzók* **feszes**, a *rövidek* **laza** ejtésűek.

Viszont nemcsak a hosszú, hanem a *hangsúlyos* magánhangzókat is **feszes** artikulációval ejtjük.

A hangképzés izomműködése

Hagyományos (német, francia) terminológiában,
pl. Lazicius Gyulánál:

izomműködés:	erős ←————→ gyenge	
zárhang	<i>tenuis</i> (ritk. <i>fortis</i>)	<i>media</i> (ritk. <i>lenis</i>)
részhang	<i>fortis</i>	<i>lenis</i>
	zöngétlen	zöngés

p — *b* — *B*

k — *g* — *G*

Artikulációs erő

(a hangképzés izomműködése)

erős ←————→ gyenge		
<i>fortisz</i>	<i>(tenuisz)</i>	<i>lenisz</i>
zöngétlen + VOT	zöngétlen 0 VOT nem hehezetes nem palatalizált nem glottalizált	zöngés – VOT

A *tenuis* terminus a görögből származik, ahol háromféle mássalhangzó volt:

zöngés	$\beta \delta \gamma$ /b d g/
aspirált	$\varphi \theta \chi$ /p ^h t ^h k ^h /
tenuis	$\pi \tau \kappa$ /p [̄] t [̄] k [̄] /



Film a Youtube-on a zöngképzésről

(→ köv. dia, 6:35)

VOICING

