

**TOVUSH BOYLAMLARI ANATOMIYASI VA FONATSIYA
FIZIOLOGIYASI: ZAMONAVIY TASAVVURLAR**

Erkinov Temur Umidjanovich¹.

¹Toshkent davlat tibbiyot universiteti

Dolzarbligi

Tovush boylamlari — ovoz hosil bo'lishining asosiy anatomik substratidir. Ularning nozik gistologik tuzilishi, fonatsiya mexanizmi, registrlar fiziologiyasi hamda yosh va jinsga bog'liq o'ziga xosliklarini chuqur bilish nafaqat foniatrya, balki otorinolaringologiyaning barcha yo'nalishlari uchun nazariy poydevor hisoblanadi. So'nggi o'n yilliklarda videolaringostroboskopiya, akustik ovoz tahlili va yuqori tezlikdagi videoendoskopiya kabi obyektiv diagnostika usullarining rivojlanishi tovush boylamining fiziologik ishlash mexanizmini chuqurroq tushunishni talab qilmoqda. Bu, ayniqsa, professional ovoz mutaxassislari va vokal ijrochilarida — jumladan o'zbek milliy maqomi ijrochilarida — ovoz funksiyasi buzilishlarini erta bosqichda aniqlash uchun muhim ahamiyat kasb etadi, chunki ularning vokal texnikasi (registrlararo o'tishlar, uzoq fonatsion yuklama) odatdagi nutq faoliyatidan farqli fiziologik talablarni qo'yadi.

Maqsad

Xiqildoq va tovush boylamlarining anatomik tuzilishi, fonatsiya mexanizmi, registrlar tushunchasi hamda yosh-jinsga bog'liq o'zgarishlar bo'yicha zamonaviy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish.

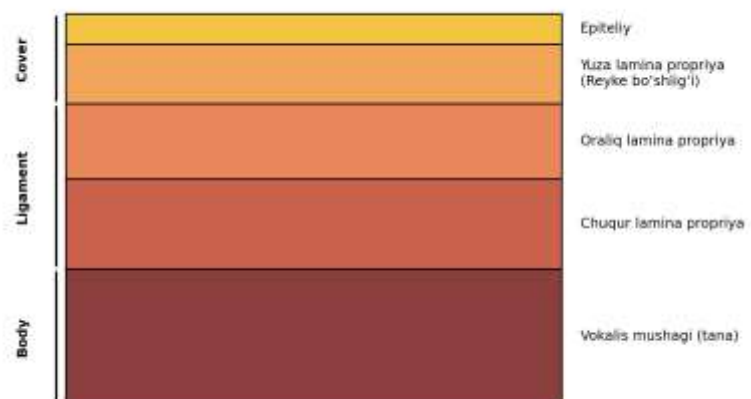
Kalit so'zlar: tovush boylamlari, lamina propria, Hirano modeli, miyoelastik-aerodinamik nazariya, registrlar, presbifoniya.

1. Xiqildoq va tovush boylamlarining tuzilishi

Xiqildoq skeleti uchta yirik tog‘ay — qalqonsimon (cartilago thyroidea), uzuksimon (cartilago cricoidea) va juft cho‘michsimon (cartilago arytenoidea) tog‘aylardan tashkil topgan. Ularni bir-biriga bog‘lovchi va harakatlantiruvchi ichki mushaklar guruhi fonatsiya jarayonini boshqaradi: tiroaritenoid mushak (tovush boylamining asosiy tanasini tashkil etib, uni qisqartiradi va qalinlashtiradi), lateral va posterior krikoaritenoid mushaklar (glottisni yopish va ochish), hamda krikotiroid mushak (boylamni cho‘zib, tarangligini oshiradi, natijada tovush balandligi ortadi).

Gistologik jihatdan tovush boylami bir jinsli tuzilma emas. Hirano (1974) tomonidan taklif etilgan va hozirgi kunda umumqabul qilingan besh qavatli model bo‘yicha tovush boylami tashqaridan ichkariga qarab quyidagi tuzilmalardan iborat: ko‘p qavatli yassi neyoroygovchi epiteliy; yuza lamina propriya (Reyke bo‘shlig‘i) — gialuron kislota va fibronektinga boy, yumshoq va harakatchan to‘qima; oraliq lamina propriya — asosan elastik tolalardan tashkil topgan, «yumshoq rezina» kabi elastik qaytish xususiyatiga ega qatlam; chuqur lamina propriya — zich joylashgan kollagen tolalardan iborat, mustahkamlik ta‘minlovchi qatlam; va nihoyat tiroaritenoid (vokalis) mushagi.

1-rasm. Tovush boylamining Hirano besh qavatli modeli (sxematik, original chizma)



1-rasm. Tovush boylamining Hirano besh qavatli modeli (muallif tomonidan tayyorlangan sxematik chizma, [1] asosida).

Ushbu besh gistologik qavat mexanik jihatdan uchta funksional birlikka birlashadi (1-jadval): «qopqoq» (cover), «ligament» va «tana» (body). Aynan shu qatlamlar orasidagi qattqlik gradienti — yuza qatlamning yumshoqligidan chuqur qatlamning zichligiga qadar — mukozal to‘lqin tarqalishini va tovush registrlarining xilma-xilligini ta’minlaydi [1]. Yuza lamina propriyaning viskoelastik xossalari (kesish moduli, dinamik yopishqoqlik) maxsus reometrik usullar bilan o‘lchangan bo‘lib, aynan shu ko‘rsatkichlar asosiy chastota, tebranish amplitudasi va fonatsiya bosim chegarasini belgilaydi [7, 9]. Boylam bog‘lamining (ligament) tebranish chastotasi xossalari alohida tadqiqotlarda matematik jihatdan modellashtirilgan [8].

Mexanik birlik	Gistologik qavat	Asosiy tarkib / xossasi
Cover (qopqoq)	Epiteliy	Ko‘p qavatli yassi epiteliy, himoya funksiyasi
	Yuza lamina propriya (Reyke bo‘shlig‘i)	Gialuron kislotaga boy yumshoq to‘qima, mukozal to‘lqinni ta’minlaydi
Ligament	Oraliq lamina propriya	Elastik tolalar, elastik qaytish
	Chuqur lamina propriya	Zich kollagen tolalar, mustahkamlik

Body (tana)	Vokalis (tiroaritenoid) mushagi	Asosiy qattqlik va tonusni belgilaydi
-------------	------------------------------------	--

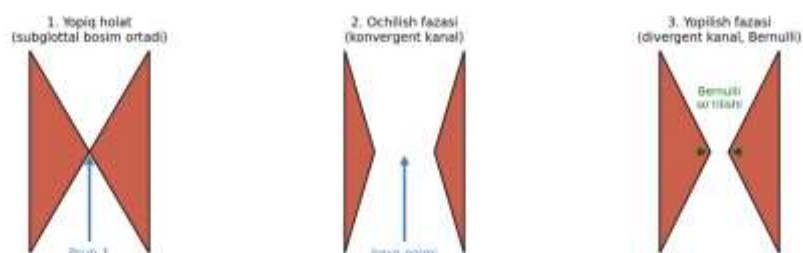
1-jadval. Tovush boylami qavatlarining mexanik birliklarga guruhlanishi.

2. Fonatsiya mexanizmi

Fonatsiya mexanizmi Van den Berg (1958) tomonidan asoslangan miyoelastik-aerodinamik nazariya (MEAD) bilan tushuntiriladi. Ushbu nazariyaga ko'ra, davriy tebranishni uchta kuch ta'minlaydi: subglottal havo bosimi (yopiq boylamlarni ochadi), miyoelastik komponent (to'qimaning boshlang'ich holatga qaytish kuchi) va Bernulli effekti (toraygan glottal kanaldan o'tayotgan havo oqimi tezlashishi natijasida bosim pasayib, boylamlarni yana yaqinlashtiradi) [2].

Keyinchalik Titze (1988) tomonidan bu jarayon matematik jihatdan aniqlashtirildi: energiya uzatilishining asosiy mexanizmi Bernulli effektining o'zigina emas, balki glottal kanalning konvergent-divergent geometriyasi ekanligi ko'rsatildi. Ochilish fazasida boylamlar pastdan yuqoriga qarab ajraladi va konvergent (yuqoriga tomon torayuvchi) kanal hosil bo'ladi, yopilish fazasida esa aksincha, divergent konfiguratsiya vujudga keladi. Aynan shu assimetrik bosim taqsimoti havo oqimidan to'qimaga sof energiya o'tishini ta'minlaydi va tebranishning davriyligini saqlaydi [3, 15].

2-rasm. Miyoelastik-aerodinamik nazariya (MEAD) bo'yicha fonatsiya sikli (schematic, original chizma)



2-rasm. MEAD nazariyasi bo'yicha fonatsiya siklining uch fazasi (muallif tomonidan tayyorlangan sxematik chizma, [2, 3] asosida).

3. Registrlar tushunchasi

Tovush registri — bir xil vibratsion xususiyatga va tembr sifatiga ega bo'lgan ketma-ket chastotalar diapazoni bo'lib, u tovush boylamining qaysi qismi va qanday rejimda tebranishiga bog'liq holda shakllanadi. Fiziologik nuqtai nazardan registr — sof laringeal hodisa bo'lib, «ko'krak» yoki «bosh»da hosil bo'lishi haqidagi an'anaviy tasavvur aslida rezonans hodisasi bilan bog'liq, laringeal mexanizmning o'zi bilan emas [4].

Grud (chest, modal) registrida tiroaritenoid mushak faol qisqarib, boylamning butun qalinligi bo'ylab to'liq tebranish kuzatiladi, glottal yopilish to'liq bo'ladi va tovush to'q, garmonikaga boy tembr kasb etadi. Falsetto registrida esa krikotiroid mushak ustunlik qilib, boylamni cho'zadi va yupqalashtiradi; natijada faqat boylam chetlari tebranadi, glottal yopilish to'liq bo'lmaydi va tovush yengil, nafasli tembrga ega bo'ladi [4] (2-jadval).

Xususiyat	Grud (chest) registri	Falsetto registri
Faol mushak	Tiroaritenoid (TA)	Krikotiroid (CT)
Boylam holati	Qisqa, qalin, to'liq tebranadi	Cho'zilgan, yupqa, faqat chetlari tebranadi
Glottal yopilish	To'liq	To'liq emas (bo'shliq qoladi)
Tovush tembri	To'q, boy garmonikali	Yengil, nafasli tembr

2-jadval. Grud va falsetto registrlarining asosiy fiziologik farqlari.

Ushbu fiziologik asos amaliy jihatdan katta ahamiyatga ega: xususan, o‘zbek milliy maqomi ijrochilariga xos registrlararo keskin o‘tishlar, uzoq melizmatik parchalar va past chastotali tebranishlar aynan shu mushak-mexanik boshqaruv tizimiga tayanadi. Vokal pedagogika va ovoz fanida registrlar mexanizmi qo‘shiqchilik amaliyoti kontekstida alohida chuqur o‘rganilgan [16]. Shu sababli, maqom vokal texnikasini fiziologik jihatdan tushunish uchun registrlar nazariyasi tayanch nuqta bo‘lib xizmat qiladi va bu mavzu keyingi tadqiqotlarda chuqurroq yoritiladi.

4. Yosh va jinsga bog‘liq anatomik farqlar

Tovush boylami o‘lchamlari yosh va jinsga qarab sezilarli farqlanadi (3-jadval). Tovush boylami uzunligi chaqaloqda atigi 6–8 mm ni tashkil etsa, balog‘at yoshidan so‘ng kattalar ayollarida 12–17 mm, erkaklarida esa 17–23 mm gacha yetadi. Aynan shu anatomik farq erkaklar va ayollar ovozi orasidagi asosiy chastota (F0) farqini belgilovchi omillardan biri hisoblanadi [5].

Yosh guruhi	Tovush boylami uzunligi	Izoh
Chaqaloq	6–8 mm	Ikkala jinsda deyarli bir xil
Kattalar (ayol)	12–17 mm	Yuqoriroq asosiy chastota
Kattalar (erkak)	17–23 mm	Pastroq asosiy chastota
Keksalik	O‘zgaruvchan (atrofiya)	Presbifoniya rivojlanishi mumkin

3-jadval. Tovush boylami uzunligining yosh va jinsga bog‘liq o‘zgarishi.

Yosh ulgʻayishi bilan lamina propriyaning yuza qavatida elastik tolalar miqdori kamayib, kollagen tolalar nisbati ortadi; bu jarayon ayniqsa erkaklarda yaqqol namoyon boʻladi [12]. Bunga parallel ravishda vokalis mushagida atrofik oʻzgarishlar rivojlanadi, tomirlar soni kamayadi va bazal membranada burmalanish pasayadi — bu oʻzgarishlar histomorfometrik tadqiqotlarda batafsil tavsiflangan [11, 13]. Ushbu majmuaviy oʻzgarishlar presbifoniya (yosh ovozi) deb ataluvchi holatni yuzaga keltiradi — ovoz «havodor», zaif va tez charchaydigan tus oladi [6]. Gormonal omillar ham muhim rol oʻynaydi: ovoz ikkilamchi jinsiy belgi sifatida jinsiy gormonlar taʼsiriga sezgir boʻlib, xiqildoq toʻqimasida ushbu gormonlar retseptorlari aniqlangan. Bundan tashqari, nafas olish tizimidagi yosh oʻzgarishlari ham ovoz sifatiga qoʻshimcha taʼsir koʻrsatishi koʻrsatilgan [14].

Xulosa

Tovush boylamlarining koʻp qavatli tuzilishi, fonatsiya mexanizmi, registrlar fiziologiyasi va yosh-jinsga bogʻliq oʻzgarishlari fonatsiya jarayonining yaxlit fiziologik asosini tashkil etadi [10]. Ushbu bilimlar zamonaviy foniatrik diagnostika usullari (videolaringostroboskopiya, akustik tahlil)ning nazariy izohini beradi va professional vokal ijrochilarida, jumladan oʻzbek milliy maqomi ijrochilarida, ovoz buzilishlarini erta aniqlash algoritmlarini ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hirano M. Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations // Folia Phoniatr. (Basel). — 1974. — Vol. 26, N 2. — P. 89–94.
2. Van den Berg J.W. Myoelastic-aerodynamic theory of voice production // J. Speech Hear. Res. — 1958. — Vol. 1. — P. 227–244.
3. Titze I.R. The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds // J. Acoust. Soc. Am. — 1988. — Vol. 83. — P. 1536–1552.

4. Hirano M. The role of the layer structure of the vocal fold in register control // Vox Humana. — University of Jyväskylä, 1982. — P. 50–62.
5. Sataloff R.T., Kost K.M. The Effects of Age on the Voice, Part 1 // Journal of Singing. — 2020. — Vol. 77, N 1.
6. Sato K., Hirano M. Age-related changes of collagenous fibers in the human vocal fold mucosa // Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. — 2002. — Vol. 111. — P. 15–20.
7. Chan R.W., Titze I.R. Viscoelastic shear properties of human vocal fold mucosa: Measurement methodology and empirical results // J. Acoust. Soc. Am. — 1999. — Vol. 106, N 4. — P. 2008–2021.
8. Titze I.R., Hunter E.J. Normal vibration frequencies of the vocal ligament // J. Acoust. Soc. Am. — 2004. — Vol. 115, N 5. — P. 2264–2269.
9. Gray S.D., Titze I.R., Chan R., Hammond T.H. Vocal fold proteoglycans and their influence on biomechanics // Laryngoscope. — 1999. — Vol. 109. — P. 845–854.
10. Titze I.R. Principles of Voice Production. — Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1994.
11. Ximenes Filho J.A., Tsuji D.H., do Nascimento P.H., Sennes L.U. Histologic changes in human vocal folds correlated with aging: a histomorphometric study // Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. — 2003. — Vol. 112. — P. 894–898.
12. Sato K., Hirano M. Age-related changes of elastic fibers in the superficial layer of the lamina propria of the vocal folds // Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. — 1997. — Vol. 104. — P. 839–844.
13. Hirano M., Kurita S., Sakaguchi S. Ageing of the vibratory tissue of human vocal folds // Acta Otolaryngol. — 1989. — Vol. 107. — P. 428–433.

14. Vaca M., Mora E., Cobeta I. The Aging Voice: Influence of Respiratory and Laryngeal Changes // Otolaryngol. Head Neck Surg. — 2015. — Vol. 153, N 3. — P. 409–413.
15. Titze I.R., Alipour F. The Myoelastic-Aerodynamic Theory of Phonation. — Iowa City: National Center for Voice and Speech, 2006.
16. Sundberg J. The Science of the Singing Voice. — DeKalb, IL: Northern Illinois University Press, 1987.