

**ŞARKICI VE ŞARKICI OLMAYAN BİREYLER ARASINDA SES ŞİDDETİ İLE AERODİNAMİK PARAMETRELERİN
KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ**
**COMPARATIVE ANALYSIS OF SOUND INTENSITY AND AERODYNAMIC PARAMETERS BETWEEN
SINGERS AND NON-SINGERS**

Emine PETEKKAYA^{1*}, Sema ÖZANDAÇ POLAT², Ahmet Hilmi YÜCEL²

¹ Beykent Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi AD, İstanbul

² Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi AD, Adana

ÖZ

Sesin aerodinamik parametrelerinden subglottal basınç; fonasyon için aerodinamik itici bir güç iken ses şiddetini arttırmada primer etkindir. Bu çalışmanın amacı şarkıcı bireyler ile şarkıcı olmayan bireyler arasında sesin aerodinamik parametreleri ile ses şiddet düzeyi arasındaki ilişkiyi incelemektir. Çalışmaya 20 gönüllü ses eğitimi almış opera şan öğrencisi kadın-erkek ile ses eğitimi almamış 20 gönüllü kadın-erkek tıp fakültesi öğrencisi katıldı. Katılımcıların AeroviewPro Phonatory Aerodynamics System seti ile aerodinamik bileşenlerden subglottal hava basıncı, subglottal hava akımı ve ses basınç düzeyi (sound pressure level/SPL) verileri belirlendi. Subglottal hava akımı ses eğitimi almamış öğrencilerde ($1,96\pm 0,54$) opera şan öğrencilerinden ($1,48\pm 0,31$) daha yüksek bulundu ($P=0,005$). Subglottal hava basıncı ise ses eğitimi almamış grupta ($14,36\pm 2,99$) ses eğitimi almamış grup ortalamasından ($11,32\pm 3,47$) daha yüksek değerler gösterdi ($P=0,005$). Ses şiddet düzeyi ortalaması ses eğitimi almış kişilerde ($108,53 \pm 3,48$) ses eğitimi almamış kişilere oranla ($101,43 \pm 4,52$) daha yüksek bulundu ($P=0,001$). Subglottal basınçtaki artışın ses şiddetinde artışa yol açtığı verilerle doğrulanmıştır. Şarkı söylemek aerodinamik açıdan laryngeal yapıların etkin kullanımını öğretmektedir.

ABSTRACT

While subglottal pressure, an aerodynamic parameter of sound, is a driving force for phonation. It is the primary factor in increasing sound intensity. The purpose of this study is to investigate the relationship between the aerodynamic parameters of voice and sound intensity between the singers and non-singers. The study included 20 volunteer male and female opera singing students who had received vocal training and medical students who had not received any vocal training. As aerodynamic components, the subglottal air pressure, subglottal airflow and sound pressure level data of the participants were collected by using an AeroviewPro Phonatory Aerodynamics System. Subglottal airflow was higher in the students who had not vocal training (1.96 ± 0.54) than opera singing students (1.48 ± 0.31) ($p<0,05$). Subglottal air pressure was higher in the students who had vocal training (14.36 ± 2.99) than non-singers group (11.32 ± 3.47) ($p<0,05$). The sound intensity levels of who had vocal training (108.53 ± 3.48) were higher than non-singers group (101.43 ± 4.52) ($p<0,05$). It was confirmed with the data that the increase in subglottal pressure caused an increase in sound intensity. Singing teaches the efficient use of laryngeal structures in aerodynamics sense.

Anahtar kelimeler: subglottal hava basıncı, subglottal hava akımı, ses basınç düzeyi

Keywords: Subglottal pressure, subglottal airflow, sound pressure level, aerodynamic parameter

*Bu çalışma, 13-16 Eylül 2018 tarihlerinde Gaziantep'te düzenlenen Zeugma I. Uluslararası Multi Disipliner Çalışmalar Kongresinde sunulmuştur.

Makale Geliş Tarihi: 22.11.2018
Makale Kabul Tarihi: 28.03.2019

Corresponding Author: Dr. Öğr. Üyesi Emine PETEKKAYA, Beykent Üniversitesi Avalon Yerleşkesi, Tıp Fakültesi, Anatomi AD, Beykent, 34550 Büyükçekmece/İstanbul, Türkiye
İş Tel: 444 1997-6037, Fax: 0212 332 22 52
e-mail: eminepetekkaya@beykent.edu.tr, eminepetekkaya@gmail.com

GİRİŞ

Profesyonel ses eğitimi alan opera şarkıcılarında nefes eğitimi önemlidir. Ses sanatçıları ve opera şarkıcılarında sesin şiddeti ve bu şiddetin ayarlanması özel bir eğitim gerektirmektedir. Subglottal basınç ses üretimi için temel itici güç iken ses şiddetinin kontrolünde primer değişkendir. Akciğerlerden gelen ekspiratuvar hava glottal vibrasyonları oluşturmada laringeal hava yolu direnci ve glottik kapanmanın şiddeti ile longitudinal subglottal basınç dalgası oluşturur. Bu basınç dalgası plica vocalis tarafından modüle edilerek duyduğumuz insan sesi üretilir (1). Plica vocalislerin kapanma süresi arttıkça, altta basıncın yükselebilmesi için süre artacaktır, sonuç olarak üretilen sesin şiddeti artacaktır. Ses şiddet düzeyi; ağızdan çıktıkdan sonra insan kulağının desibel (dB) cinsinden duyduğu işitilebilen frekans düzeyidir. Doğal konuşmada subglottal basıncın artmasıyla artan ses şiddeti çoğunlukla Temel Frekans (FO)'da yükselir (2). Sesli konuşma sırasında ise göğüs ve karın duvarlarının aktif ve pasif kasılmaları plica vocalislerin kapanma kuvvetini aşan bir subglottik basınç oluşturur ve sesin şiddetini artırır (1). Eğitilmiş ve eğitimsiz seslerdeki larinksin aerodinamik özellikleri ile plica vocalislerin titreşimsel özelliklerinin kombinasyonu sesli ses üretiminin özelliklerini belirler (1). Şarkı söylerken ses şiddetini ve FO'yu geniş aralıklarda kusursuzca kontrol edilen subglottal basınçla eşleştirmek gerektirdiğinden şarkıcılar ses yüksekliği değişikliklerinden etkilenmeyecek ses kontrolü için çaba sarf ederler (3). Özellikle opera sanatçıları şarkılarını yüksek ses ve geniş perde aralıklarında icra ettiklerinden subglottal basıncı etkin kullanmak daha da önemli olmaktadır. Bu çalışma opera ve şan eğitimi alanın yüksek şiddette seslendirmeye etkisini incelemek amacıyla opera şan eğitimi almış şarkıcı bireyler ile ses eğitimi almamış bireyler arasında sesin aerodinamik parametrelerinin ses şiddet düzeyine etkisini incelemek amacıyla düzenlenmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada herhangi bir ses patolojisi olmayan 20 Opera ve Şan Bölümü öğrencisi (10 kadın ve 10 erkek) ile hiç ses eğitimi almamış 20 Tıp Fakültesi öğrencisi (10 erkek ve 10 kadın) olmak üzere toplam 40 gönüllü incelendi. Kişilerin yaş aralıkları 18-32 arasında değişiklik gösterdi. En az iki yıl ve üzeri opera-şan eğitimi almış ve halen almakta olan kişiler şarkıcı bireyler olarak gruplandırıldı. Şarkıcı olmayan grup üyeleri ise hiç ses eğitimi almamış ve şarkı söyleme deneyimlemesi olmamış Tıp Fakültesi öğrencileri arasından gönüllü katılım ile oluşturuldu. Çalışma için Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan etik kurul onayı alındı. Çalışmaya dahil edilen gönüllülere çalışma hakkında bilgi verildikten sonra, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Bölümü'nde laringeal ve foniatrik muayeneleri yapıldı. Değerlendirme sonrası kişilerin her türlü ses bozukluğunu dışlamak için ses patolojisi bulunan ve solunum yolu enfeksiyonu olan kişiler çalışma dışı bırakıldı. Çalışmaya sigara içmeyen, ses veya laringeal bozukluk öyküsü olmayan kişilerle devam edildi. Kişilerden bilgilendirilmiş onam formu onayı alındıktan sonra ölçümler alınmaya başlandı. Glottal Enterprises'den temin edilen (<http://www.glottal.com/>) AeroviewPro Phonatory

Aerodynamics System (Glottal Enterprises 162, Syracuse, NY) seti ile tahmini subglottal hava basıncı, subglottal hava akımı ve ses basınç düzeyi (sound pressure level/SPL) verileri intraoral yoldan Rothenberg maskesi (Glottal Enterprises, model MS 100; Rothenberg, 1977) ile alındı. Oral hava akımı ve hava basıncı ise (PT-2E, PT-25, Glottal Enterprises) transducerleri ile maske içinden geçirilerek ağıza yerleştirilen kısa bir kateter aracılığı ile ölçüldü. Kateterin bir ucu kişinin dudaklarından oral kaliteye geçirilerek dişlerin hemen arkasına yerleştirildi ve diğer ucu yaklaşık 30 Hz'ye yanıt veren düz frekansla ayırıcı bir basınç transducer ile bağlantı kurularak ölçümler alındı. Ölçümler için kişilerin ekosuz bir odada derin nefesin ardından yüksek seste patlamalı ses ünsüzü olan "pa" vokalizasyonu vermeleri istendi. Monitörize edilen grafik kayıtlarında hece dizin sıklığı 2.5-4.0 sn olarak ayarlandı ve en iyi grafik eğrisi gösteren veri kayıt altına alındı. Kayıt edilen tahmini subglottal hava akımı, hava basıncı ve ses basınç düzeyi değerleri sayısal veriler olarak kaydedildi. Sayısal hesaplama için grafik üzerinde her basınç eğrisinin midpoint(orta noktası) noktası referans alınarak en iyi ve en az 3(önerilen 5 eğri) eğri seçildi. Ses şiddet düzeyi ölçüm kayıtları çevresel gürültünün minimal olduğu anekoik bir odada, kondansatörlü mikrofonu bulunan Sound level meter 2240 B&K (www.bksv.com) (Bruel and Kjaer GmbH, Bremen, Germany) ile alındı. Kayıt sırasında kişilerden mikrofonu ağızdan 30 cm mesafede ve 90 derecelik açıda tutmaları istendi. Araştırmacı tarafından mesafe ve açı dikkatlice gözlemlendi. Ses kaydı için yüksek şiddette (maximum level) 30 sn boyunca /a/ vokalizasyonu vermeleri istendi. Yüksek ses basınç seviyesi belirlemek için "C" frekans-ağırlıklı parametresi kullanıldı. Mikrofon çıkışı lineer ağırlıklandırma ayarlı Bruel & Kjaer Mikrofon Amplifikatörü Tip 2603 A' bağlandı. TEAC kayıt cihazında (TEAC RD 200 PCM, US Instrument Services, Southlake, TX) ses kaydı bantları elde edildi. Kayıtlar Graphic Level Recorder Type 2305 kullanılarak 25 mm/s. yazdırma hızında kaydedildi.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analizler için SPSS Windows version 24.0 paket programı (Quarry Bay, HongKong) kullanılmıştır ve P<0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Sayısal verilerin bağımsız iki gruptaki değişkenlerinden normal dağılım gösteren verilerde Student t testi, normal dağılım göstermeyen değişkenler Mann Whitney U testi kullanıldı. Kategorik ölçüm düzeyindeki iki bağımsız değişkenin birbiri ile ilişkileri Ki-kare ile test edildi. Sayısal değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi saptamak için Pearson korelasyon katsayıları hesaplandı. Beta katsayıları tek değişkenli doğrusal regresyon analizi ile tahmin edildi.

BULGULAR

18-32 yaş aralığında bulunan kişilerin yaş ortalaması 21.9±2.9 idi (Tablo 1). Şarkıcı ve şarkıcı olmayan kişilerin aerodinamik parametrelerinden subglottal hava akımı ve hava basıncı değerlerinde anlamlı farklılıklar gözlemlendi (Tablo 2). Subglottal hava akımı ses eğitimi almamış öğrencilerde (1,96±0,54 L/s) opera şan öğrencilerinden (1,48±0,31 L/s) daha yüksek bulundu (P=0,005). Subglottal hava basıncı ise ses eğitilmiş grup-

ta ($14,36 \pm 2,99 \text{ cmH}_2\text{O}$) ses eğitimi almamış grup ortalamasından ($11,32 \pm 3,47 \text{ cmH}_2\text{O}$) daha yüksek değerler gösterdi ($P=0,005$). Sound pressure level düzeylerinde de benzer sonuçlar elde edildi. AeroviewPro Phonatory Aerodynamics System ile belirlenen ses şiddet düzeyi ortalaması ses eğitimi almış kişilerde ($108,53 \pm 3,48 \text{ dB}$) ses eğitimi almamış kişilere oranla ($101,43 \pm 4,52 \text{ dB}$) daha yüksek bulundu ($P=0,001$). Bruel & Kjaer Mikrofon ile kaydedilen ses şiddeti kontrol ölçüm ortalaması da ses eğitimi grubta daha yüksek bulundu ($P=0,001$). Benzer ilişki yaş değişkeni için de gözlemlendi ($P=0,001$). Eğitilmiş grup ile eğitimsiz grup arasında cinsiyet kategorisi bakımından bir farklılık gözlemlenmedi ($P>0,05$). Subglottal hava basıncı ile SPL arasında orta derecede

pozitif korelasyon bulundu ($r = 0.562$, $P = 0.001$) (Grafik 1). Tek değişkenli lineer regresyon analizine göre SPL'deki varyasyonun % 56.2'si subglottal hava basıncındaki artış kaynaklı SPL değerlerinde 0.85 katsayısında bir korelasyon gösterdi. Subglottal hava basıncı ile SPL2 değerlerinde de korelasyon ilişkisinde orta derecede pozitif korelasyon bulundu ($r=0.577$, $p=0.001$) (Grafik 2). SPL'deki varyasyonun % 57.7'si subglottal hava basıncındaki artış kaynaklı 0.69 katsayısında bir korelasyon gösterdi.

TARTIŞMA

Bir şarkıcı için ses gücünü arttırabilmek önemli olduğundan ses şiddetini arttırma kontrolü de önem kazan-

Tablo 1: Aerodinamik parametre ile SPL değerlerinin genel ortalamaları

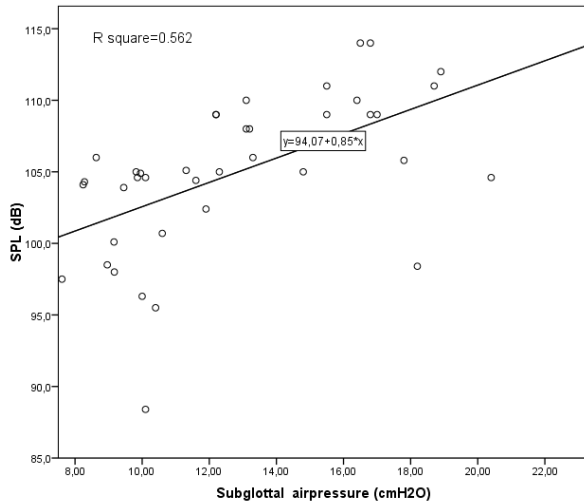
Değişkenler	Sayı	Ort.	SD	Min.	Max.
Hava akımı(L/s)	40	1,72	0,50	1,03	2,79
Hava basıncı(cmH ₂ O)	40	12,84	3,55	7,61	20,40
SPL(dB)	40	105,0	5,4	88,4	114,0
SPL 2(dB)	40	106,5	4,2	98,0	114,0
Yaş	40	21,9	2,9	18,0	32,0

Ort: Ortalama, SD: Standard Deviation, Min: Minimum, Max: Maximum

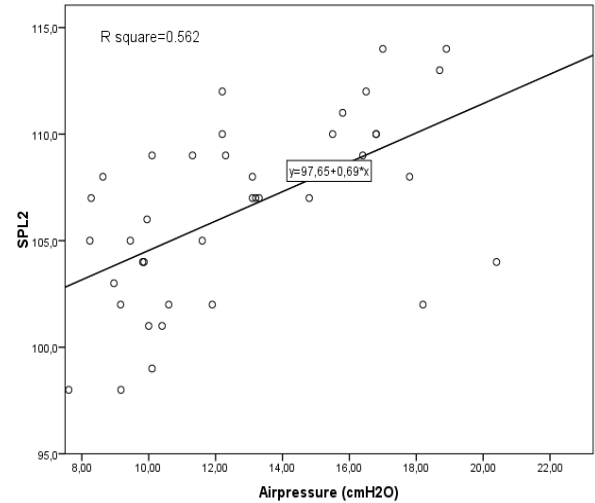
Tablo 2: Ses eğitimi almış şarkıcı bireyler ile ses eğitimi almamış bireylerden oluşan grupların aerodinamik ve SPL değerlerinin ortalama değerleri ve analiz sonuçları

Değişkenler	Ses Eğitilmiş (n= 20)	Ses Eğitimsiz (n=20)	Test İst	P
	Ort ± Standart Sapma	Ort ± Standart Sapma		
Hava akımı(l/s)	1,48 ± 0,31	1,96 ± 0,54	z=-1,948	0,005*
Hava basıncı(cmH ₂ O)	14,36 ± 2,99	11,32 ± 3,47	z=-2,787	0,005*
SPL(dB)	108,53 ± 3,48	101,43 ± 4,52	t=5,557	0,001*
SPL 2(dB)	109,2 ± 3,00	103,8 ± 3,53	t=5,209	0,001*
Yaş	23,7 ± 2,60	20,05 ± 1,73	z=-4,395	0,001*

*($p<0,05$), t:Student t testi, z:Mann Whitney U testi



Grafik 1: Subglottal basınç ile SPL arasındaki logaritmik ilişki.



Grafik 2: Subglottal basınç ile SPL2 arasındaki logaritmik ilişki.

maktadır. Plant et al. (1) ve Holmberg et al. (4) SPL değerinin larinksin aerodinamik özellikleri ile plica vocalis'lerin titreşimsel özelliklerinin kombinasyonunun sesli ses üretiminin özelliklerini belirlediğini belirtmiştir. Larinks seviyesinde plica vocalis altında glottal vibrasyonları oluşturmak subglottal basıncın kontrolünde gerçekleşmektedir. Sesin hem şiddetinin hem de perdesinin subglottik hava basıncından etkilendiği düşünülmektedir. Daha yüksek düzeyde ses şiddeti elde etmek için subglottal basıncın etkin kullanımı şan eğitimi sırasında verilmektedir. Bu nedenle şarkıcı olanlar ile şarkıcı olmayan normal konuşmacılar için ses şiddetinin kontrolü ve şiddet düzeylerini belirleyebilmek önemlidir. Çalışmamızda intraoral yoldan AeroviewPro Phonatory Aerodynamics System ile opera-şan eğitimi almış kişiler ile şarkıcı olmayan deneklerde subglottik hava basıncı, hava akımı ve ses şiddeti değerleri yüksek şiddette verilen vokalizasyonlar sırasında eş zamanlı olarak ölçüldü. Ayrıca ses şiddeti Sound level meter 2240 B&K metodu ile belirlenerek iki yöntem ile elde edilen SPL sonuçları karşılaştırıldı. AeroviewPro Phonatory Aerodynamics System ile yüksek şiddette SPL ortalaması 105,0 dB olarak, B&K 2240 ile ise 106,5 dB olarak yakın değerler elde edildi. Diğer çalışmalarda normal ses şiddeti düzeyleri belirlenmiştir (4-6). Çalışmamızda ise iki yöntem ile yüksek ses şiddeti düzeyleri belirlenerek, ses eğitimi ve ses eğitimi olmayan bireylerde glottal akım ve basınca bağlı gerçekleşen vokal dinamizm ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Akerlund et al. (5) klasik şan eğitimi almış kişilerde Bruel & Kjaer 2033 ile şiddetli seste SPL düzeyleri ile FO arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında bulgularımıza yakın yüksek SPL değerleri elde etmişlerdir. Çalışmamızda subglottal hava basıncı ile SPL arasında logaritmik bir ilişki bulundu. Ayrıca subglottal basınç ve SPL arasında ortalama korelasyon 0.85 (SD, 0.203) olarak bulundu ($Y_{SPL} = 0.85 * X_{Airpressure}$). Björklund et al. (6) şarkıcı olmayan normal deneklerde yaptıkları benzer çalışmalarında subglottal hava basıncı ile SPL arasında logaritmik bir ilişki bulmuşlardır. Ayrıca çalışmalarında subglottal basınç ile SPL arasındaki ortalama korelasyon (0.83) değerini çalışmamızdaki değerlere yakın bulmuşlardır. Holmberg et al. (4) normal ve yüksek ses frekanslarında erkeklerde kadınlara oranla daha yüksek hava akımı bildirmişlerdir. Sjögren et al. (7) şarkıcı ve şarkıcı olmayan bireylerde hava akımının değişkenlik göstermediğini, bulgularımıza benzer şekilde şarkıcılarda düşük oranlarda şarkıcı olmayanlarda ise yüksek oranlarda hava akış hızı olduğu bildirilmiştir. Bulgularımıza benzer şekilde ses eğitimi olmayan grupta daha düşük subglottal basınç ve SPL değerleri gözlenmiştir. Çalışmamızda hava akımları, hava basıncı ve SPL arasında anlamlı bir cinsiyet farklılığı tespit edilmemiştir. Björklund et al. (6) ses eğitimi almamış sağlıklı kişilerde subglottal basınç ile SPL arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında kadın katılımcıların SPL değerlerinin erkek katılımcıların değerlerine göre anlamlı derecede ($P < 0.04$) düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak ses eğitimi almanın ses şiddeti üzerine etkisi olduğu gözlenmiştir. SPL değerlerinin kolaylıkla belirlenebilmesi klinik uygulamalar için ses problemlerini hızlı, basit ve ucuz bir araç olarak değerlendirmede faydalı olacaktır. Ayrıca şarkıcı olmayan sağlıklı bireyler ile

şarkıcılarda normatif değerlerin oluşturulmasına katkı bulunacaktır. Çalışmamızın sonuçları diğer çalışmalar ile benzerlik göstermesine karşın çalışmamızda opera şan eğitimi almış bireylerin yüksek ses şiddetindeki değişimlerin geniş aralık göstermesi açısından farklılık göstermektedir.

SONUÇ

Subglottal basınçtaki artışın ses şiddetindeki artışın belirleyicisi olduğu verilerle doğrulanmıştır. Şarkıcılarda subglottal hava akımı sabit bir süreklilik göstererek hava basıncı ve ses şiddetini değiştirmede etkisiz görünmektedir. Şarkı söylemek aerodinamik açıdan laryngeal yapıları etkin kullanımı öğretmektedir. Opera ve şan profesyonellerinin seslendirme sırasında respirasyon kapasitelerini kullanımda diğer şarkıcı olmayan bireylere göre aerodinamik farklılıklar göstermiştir. Sabit oranda minimum hava akımı ile yüksek subglottal hava basıncı oluşturma ve yüksek ses şiddeti elde etme eğiliminde oldukları gözlenmiştir. Ayrıca şarkıcılar eğitimleri sırasında, larinksin intrinsik ve ekstrinsik kaslarını, hyoid-larinks kompleksini, plica vocalislerin titreşim şeklini ve supraglottik bölgenin pozisyonel değişikliklerini kullanarak vokal yapıları daha kapasiteli ve etkin kullanımını öğrenmektedirler.

Teşekkür: Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) TF2011BAP23 proje numarası ile finansal olarak desteklenmiştir. Destekleri için Çukurova Üniversitesi BAP birimine teşekkür ediyoruz.

KAYNAKLAR

1. Plant RL, Younger MR. The Interrelationship of subglottic air pressure, fundamental frequency, and vocal intensity during speech. *Journal of Voice* 2000; 14:170-177.
2. Björkner E, Sundberg J, Alku P. Subglottal pressure and normalized amplitude quotient variation in classically trained baritone singers. *Logopedics Phoniatrics Vocology* 2006; 31:157-165.
3. Sundberg J, Andersson M, Hultqvist C. Effects of subglottal pressure variation on professional baritone singers' voice sources. *The Journal of the Acoustical Society of America* 1999; 105:1965-1971.
4. Holmberg EB, Hillman RE and Perkell JS. Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal, and loud voice. *J. Acoust. Soc. Am* 1988; 84:511-529.
5. Akerlund L, Gramming, P and Sundberg, J. Phonetogram and averages of sound pressure levels and fundamental frequencies of speech: comparison between female singers and nonsingers. *Journal of Voice* 1992; 6: 55-63.
6. Björklund S and Sundberg J. Relationship between subglottal pressure and sound pressure level in untrained voices. *Journal of Voice* 2016; 30:15-20.
7. Sjögren K, Ström E and Lofqvist A. Control of voice intensity. <http://acousticalociety.org/> Acoustical Society of America 2014; 20(060003)