

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SAHNE SANATLARI ANASANAT DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İKİNCİ PASAJ ÜZERİNDE ÜNLÜ TENORLAR
TARAFINDAN KULLANILAN REZONANS
STRATEJİLERİ

Alireza ARYAN KHAH

2501161287

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr.Üyesi Erdem Nusret KARAKAŞ

İSTANBUL - 2020

ÖZ

İKİNCİ PASAJ ÜZERİNDE ÜNLÜ TENORLAR TARAFINDAN

KULLANILAN REZONANS STRATEJİLERİ

ALİREZA ARYAN KHAH

İşbu tezin amacı şanda rezonans stratejilerini incelemek ve bu stratejilerin şan pedagojisinde, özellikle tenor seslerin eğitiminde nasıl kullanılabileceğine ilişkin öneriler sunmaktır. Tenor sesi, yanıltıcı pasaj bölgesi ve riskli tiz notaları ile, eğitilmesi en zor ses kategorilerden biridir. Bu yüzden tenor seslerin verimli bir şekilde eğitilmesi için pasaj ve üzerindeki bölgenin dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Diğer taraftan yeni teknolojilerle yapılan araştırmalar, opera sanatçılarından ses kayıtlarından daha önce elde edilemeyen bir çok bio-akustik verinin oluşturulmasını mümkün kılmıştır. Bu veriler tenorlar tarafından kullanılan rezonans stratejilerinin farklılık gösterebildiğine işaret etmektedir. Bu tezde öncelikle **vokal akustiği** olarak adlandırılan bilim dalı hakkında temel bilgi verilecektir. Ünlü tenorlar tarafından kullanılan rezonans stratejileri ve rezonans stratejilerinin şan pedagojisindeki yeri güncel bulgular ışığında incelendikten sonra, tenor şarkıcıların eğitiminde rezonans stratejilerinin geliştirilmesi ve kullanılması bağlamında öneriler sunulacaktır. İşbu tez şan pedagojisine bu çerçevede katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Tenor, rezonans, pasaj, passaggio, akustik, ses yolu, register, şan eğitimi.

ABSTRACT
RESONANCE STRATEGIES USED BY FAMOUS TENORS ON THE
SECOND PASSAGE

ALIREZA ARYAN KHAH

The aim of this thesis is to examine resonance strategies in singing and to make suggestions about how these strategies can be used in singing pedagogy, especially in training tenor voices. The tenor voice, one of the hardest vocal categories to train, with its tricky passaggio area and risky high notes, deserves a very delicate study of passaggio and higher zones. In order to do so, this thesis gives a basic knowledge of the newly popularized branch of voice science named **vocal acoustics**. Due to research done by using new technologies, a considerable amount of new bio-acoustic data that was not previously available has been obtained from opera singers' voice recordings. These data indicate the different resonance strategies used by the tenors. In this thesis, resonance strategies used by famous tenors and their place in singing pedagogy will be examined in the light of current findings. The study will conclude with suggestions regarding vocal pedagogy, especially in the context of developing and using resonance strategies in the education of tenor singers. The thesis aims to contribute to vocal pedagogy.

Keywords: Tenor, resonance, passage, passaggio, acoustics, vocal tract, registers, vocal pedagogy.

ÖNSÖZ

Makine mühendisliği dalında da eğitim almış biri olarak, her zaman bilimsel verilere dayalı yöntemleri tercih etmekteyim. Mühendislik eğitimimde edindiğim verilere dayalı çalışma yöntemini ve araştırma ruhunu şan eğitimimde de sürdürmeye çalıştım. Bu alanda beni her zaman meraklandıran konulardan biri, ünlü tenorlar arasındaki teknik farklılıklar olmuştur. Farklı tenor seslerini dinlerken, tenorlar arasındaki fizyolojik farklılıklar dışında, ses mekanizması kullanımıyla ilgili hangi faktör ve stratejiler etkindir ve bunlar algımızı nasıl etkiler? Bu soru yıllarca süren araştırmalarımın sebep olmuş ve sonuç olarak farklı rezonans ayarlama yöntemlerinin şan sesi üzerindeki etkilerini daha derinden anlamamda da etkili olmuştur. Bu tez değerli öğretmenlerimin öğrettiği kıymetli bilgiler ışığında, uluslararası üne sahip, seçkin tenorların dinlenip teknik analizinin yapılması ve bu alanda yazılmış önemli kaynaklar ve makalelerin incelenmesi sonucunda yazılmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında bana yardımcı olup emeğini esirgemeyen başta değerli öğretmenim ve tez danışmanım Dr. Öğr.Üyesi Erdem Nusret KARAKAŞ'a dikkati, ciddiyeti ve bilimsel yardımları için; opera sanat dalı bölüm başkanı Prof. Şebnem ÜNAL'a, tezin daha verimli olması doğrultusunda önerileri, tavsiyeleri ve manevi yardımı için; ayrıca eski arkadaşım Sara AHMEDİYAN ve değerli dostum Onur SÜTCÜOĞLU'na moral verdikleri için; sevgili kız kardeşim Meryem ARYAN KHAH'a tezin Word dosyasının hazırlanmasında verdiği destek için, M.H. QASEMİ'ye tavsiyeleri ve verdiği destek için ve tüm aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

İSTANBUL - 2020

Alireza ARYAN KHAH

İÇİNDEKİLER

ÖZ	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM İNSAN SESİ ÜRETİMİNDEKİ TEMELLER

1.1. Fonasyon.....	3
1.2. Fonasyon Gereksinimleri	3
1.2.1. Güç Kaynağı: Solunum Sistemi.....	4
1.2.1.1. Solunum Anatomisi: Trakea, Akciğerler ve Diyafram	4
1.2.1.2. Solunum Fizyolojisi	6
1.2.2. Osilatör: Larengeal Sistem	8
1.2.2.1. Larenksin Temel Anatomi ve Fizyolojisi.....	8
1.2.2.2. Larenksin İşlevselliği.....	14
1.2.2.3. Ses Telleri	14
1.2.2.4. Ses Tellerinin Hareket Sistemi	15
1.2.3. Rezonatör: Tını Borusu (Ses Yolu)	18

İKİNCİ BÖLÜM

VOKAL AKUSTİĞİ

2.1. Vokal Akustiğinin Temelleri.....	20
2.2. Harmonikler	21
2.3. Formantlar	23
2.3.1. Ünlü Formantları (F1, F2)	24
2.3.1.1. Artikülatör Hareketlerinin Formant Frekansları Üzerindeki Etkileri	26
2.3.2. Şarkıcı Formantı Kümesi (SFC).....	28
2.3.2.1. SFC Fenomenolojisi.....	29

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ŞAN SESİ REGİSTERLERİ

3.1. Şan Sesi Registerleri	31
3.2. Register Kavramındaki Değişiklikler	31
3.3. Larengeal Registerler	32
3.4. Akustik Registerler	35
3.4.1. Akustik Registerin Yönleri	36
3.4.1.1. İlk Formantın Rollerini	37
3.4.1.2. İkinci Formantın Rollerini	38
3.4.2. Harmonikler İle F1 Arasındaki Etkileşimler	39
3.4.2.1. Açık Tını	39
3.4.2.2. Bağırma Tınısı ve Özellikleri.....	40
3.4.2.3. Çevirme ve Kapalı Tını	41
3.4.2.4. Çevirme Tonu	43
3.4.3. Tenor Sesindeki Akustik Çevirme Olayları	44

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SPEKTRAL ANALİZ

4.1. Şarkı Söyleme ve Görme Bilimi.....	46
--	-----------

BEŞİNCİ BÖLÜM

ÜNLÜ TENORLARIN REZONANS STRATEJİLERİNDEN

ÖRNEKLEMELER

5.1. Formant Ayarlama ve Rezonans Stratejileri	49
5.2. Tenor Pasajında Formant Ayarlama.....	50
5.3. İkinci Pasaj Üzerindeki Stratejiler.....	51
5.3.1. İkinci Formant Stratejisi.....	52
5.3.2. Şarkıcı Formantı Stratejisi	54
5.4. İki Stratejinin Karşılaştırılması	55
5.5. Tartışma.....	57

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç.....	59
Öneriler.....	61
Pasaj Bölgesinde Çevirme İçin Önerilen Egzersizler	61
İkinci Formant Stratejisinin Uygulanması İçin Önerilen Egzersizler	63
Şarkıcı Formantı Stratejisinin Uygulanması İçin Önerilen Egzersizler	65
KAYNAKÇA	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İnsan sesini üreten organlar ve temel akustik özelliklerinin gösterimi.....	4
Şekil 1.2. Akciğerler, trakea ve larenks konfigürasyonu	5
Şekil 1.3. Diyafram ve akciğerleri içeren göğüs kafesi	6
Şekil 1.4. Solunum mekanizmasının deneysel bir gösterimi	7
Şekil 1.5. Larengeal sistemin şematik konfigürasyonu	8
Şekil 1.6. Larenksin kıkırdak yapısı.....	9
Şekil 1.7. Larenksin boyuna kesitinin (a) yandan, (b) arkadan ve (c) içten görünümü ..	10
Şekil 1.8. Ses tellerini kapatan kaslar: Krikoaritenoid lateralis.....	11
şekil 1.9. Ses tellerini kapatan kaslar: İnteraritenoid (İA)	11
Şekil 1.10. Ses tellerini açan kaslar: Krikoaritenoid posterior.....	12
Şekil 1.11. Ses tellerini geren kaslar: Krikotiroid (CT).....	13
Şekil 1.12. Ses tellerini kalınlaştıran kaslar: Tiroaritenoid (TA).....	13
Şekil 1.13. Ses telleri katmanları	15
Şekil 1.14. ses tellerinin titreşimine yol açan Bernoulli Etkisi.....	16
Şekil 1.15 Ses telleri titreşimindeki aşamalar.....	17
Şekil 1.16. Tımı borusu; insan sesi rezonatör sistemi.....	18
Şekil 2.1. Akustik ses üretiminin şematik gösterimi.....	20
Şekil 2.2. Ses kaynağının ürettiği güç spektrumu	21
Şekil 2.3. Harmonik spektrum örneği: testere dişi dalgası	22
Şekil 2.4. C3 notasının harmonik serisinin ilk sekiz bileşeni	23
Şekil 2.5. Farklı ünlüler için ses yolu yapılandırmaları	24
Şekil 2.6. Ünlülerin frekans bölgeleri.....	25
Şekil 2.7. F1 ve F2 ile ilgili olan ses yolu rezonans bölgeleri	26
Şekil 2.8. Farklı ünlülerin kaynak ses spektrumu üzerindeki etkisi.....	27
Şekil 2.9. Ünlü formantları ve SFC'nin yaklaşık konumları	29

Şekil 2.10. Senfonik orkestra, normal konuşma ve ünlü tenor Jussi Björling'in ses enerji dağılımı diyagramı.....	30
Şekil 3.1. F1/H2 eşleşmesi ve bağırma tınısı	41
Şekil 3.2. İkinci harmoniğin ilk formantı geçmesi durumu	42
Şekil 3.3. Tenor sesinde çeşitli ünlülerin formant değerlerinin yaklaşık konumları.....	43
Şekil 3.4. Lirik tenor sesinde çevirme tonlarının yaklaşık konumları.....	45
Şekil 4.1. Bb4'ten Bb5'e [a] ünlüsünü söyleyen bir soprano sesin spektrogramı.....	47
Şekil 4.2. F3 – F4 aralığında söylenen gamın spektrogramı ve güç spektrumu.....	48
Şekil 5.1. Bir tenor tarafından [a] ünlüsü ile söylenen Bb3 - Bb4 gamından alınan F4 ve G4 notalarının güç spektrumu.....	50
Şekil 5.2. Celeste Aida ariasının son cümlesinin notası	52
Şekil 5.3. Corelli'nin Bb4'te kullandığı ikinci formant stratejisi	53
Şekil 5.4. Bb4 notasında Caruso'nun şarkıcı formantı stratejisi	55
Şekil 5.5. Domingo ve Pavarotti'nin Celeste Aida ariasının son Bb4'ünün güç spektrumları..	56
Şekil 5.6. Pavarotti'nin La donna è mobile ariasının son B4'ünün güç spektrumu	57
Şekil 5.7. Jussi Björling'in iki farklı strateji ile söylenen Bb4'ünün güç spektrumu	58
Şekil 6.1. Tenor seslerin çevrilmesine yardımcı egzersizler	62
Şekil 6.2. İkinci formant stratejisi için önerilen egzersizler	64
Şekil 6.3. Şarkıcı formant stratejisi için önerilen egzersizler	66

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Larengeal registerler ve özellikleri.....34

Tablo 3.2. Erkek seslerinde genel olarak register geçişleri.....35



KISALTMALAR LİSTESİ

CCM	: Contemporary Commercial Music (Çağdaş Ticari Müzik)
CT	: Cricothyroid (Krikotiroid kas)
dB	: Desibel
Fo	: Frequency of Oscillation (Temel titreşim frekansı)
Hz	: Hertz
SFC	: Singer Formant Cluster (Şarkıcı Formantı Kümesi)
TA	: Thyroarytenoid (Tiroaritenoid kas)



GİRİŞ

Şan sesi çok yönlü bir müzik aleti olmasının yanısıra, müzik aleti kapsamında yaklaşık 80 desibel'e kadar şiddet aralığına, ikiden beş oktava kadar temel frekans genişliğine sahiptir ve çok sayıda tarzda, çeşitli ses tınlarını kapsayabilmektedir. Bir müzik aletinin özelliklerine ek olarak konuşma dilinin neredeyse tüm yönlerinin ifade edilmesini sağlamakta ve performansa sözlü bileşenler eklemektedir. Sesin güç kaynağı, en temel ve önemli fizyolojik fonksiyonlardan biri olan solunum sistemidir. Ses ve nefes arasındaki bu yakın bağ, şarkıcının ruh halinin ses ifadeleri üzerinde olan etkisini daha da güçlendirmektedir.

Şan sesi en eski enstrümanlardan olmasına rağmen üretimi, performansı ve algılanması akustik, foniatri, müzikoloji ve şan eğitimi gibi alanlarda araştırmaların ilgi çeken konularından olmaya devam etmektedir. Ayrıca şarkı icrasında istenilen hassas perde kontrolü, konuşmada nadir görülen rezonans ayarlaması gibi davranışların daha derin bir şekilde anlaşılmasını ve dikkate alınmasını gerektirir. Disiplinlerarası özelliğine esasen, şan sesi araştırmalarının sonuçları birçok alanı etkileyebilmektedir.

Opera tarzında şarkı söylemek, önemli akustik ve aerodinamik kuvvetlerin yönetilmesini ve şarkı boyunca ani değişimlerden arınmış homojen bir ses kalitesini gerektirmektedir. Şarkıcılar geçiş bölgesinde seslendirdikleri ünlüleri akustik bir düzenleme olan formant ayarlamasından geçirerek kesintisiz bir vokal çizginin illüzyonunu yaratabilmektedirler. Şan eğitiminde bu bölgeye **pasaj** (İtalyanca'da **passaggio**), **geçiş** ve bu pratiğe **çevirme, ünlü modifikasyonu ve formant ayarlaması** gibi isimler verilmektedir. Bu çalışmada pasaj kelimesi tercih edilmiştir.

Araştırmalar ses kayıtlarında opera sanatçıları tarafından kullanılan formant ayarlama stratejileri ile ilgili yeterli akustik veri bulunduğunu göstermiştir. Pasaj fenomeni tenor seslerinde de incelenmiştir ve profesyonel ses kayıtlarından elde edilen akustik veriler sayesinde, seçkin tenorların pasaj yönetim stratejileri tespit

edilmiştir. Bu stratejilerin daha net bir şekilde anlaşılması, pedagojik etkilere sahip olabilmektedir.

Bu tez birinci bölümde fonasyonu, vokal fizyolojisi ve şan sesinin diğer özellikleri temelinde genel bir bakışla incelemektedir. İkinci bölümde akustik ses üretimi teorisi tanımlanmaktadır. Üçüncü bölümde şan sesi registerleri incelenmekte ve tenor sesine özel register olayları araştırılmakta, dördüncü bölümde ise spektral analizin temelleri anlatılmaktadır. Beşinci bölümde ünlü tenor seslerinde öne çıkan rezonans stratejileri incelenmekte, son bölümde ise sonuç ve erişilen bulgular ışığında önerilen şan egzersizleri ve çalışma yöntemleri bulunmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

İNSAN SESİ ÜRETİMİNDEKİ TEMELLER

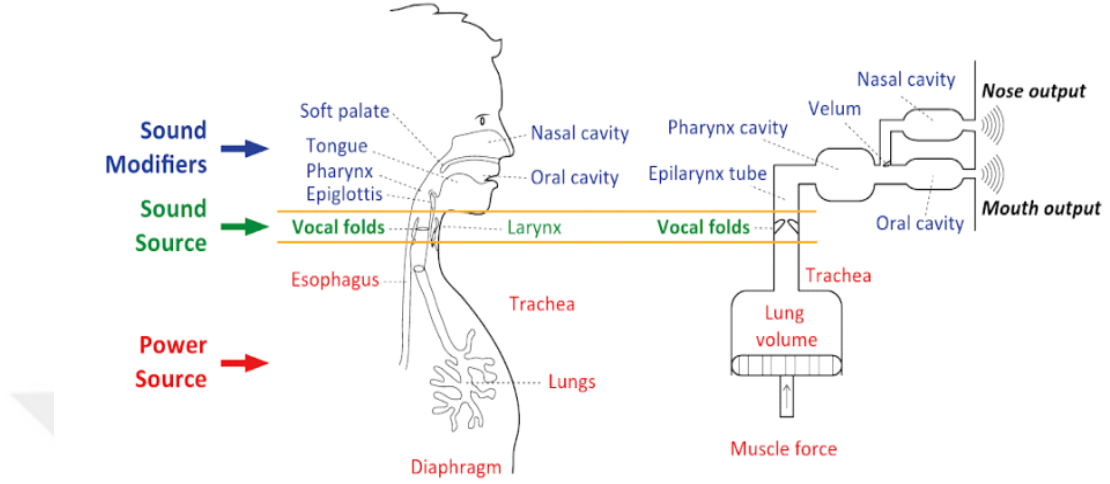
1.1. Fonasyon

Fonasyon, larenks sistemini kullanarak duyulabilir ses dalgaları üretmek demektir. Başka bir deyişle fonasyon larenksin altında sıkıştırılmış havanın potansiyel enerjisini ses dalgalarının kinetik enerjisine dönüştürmektir (Laver 1994:184).

1.2. Fonasyon Gereksinimleri

İnsan sesini üreten organlar, Şekil 1.1 de şematik olarak gösterildiği gibi, üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm kompresör görevi yapan solunum sistemidir. Bu sistem akciğerlerde bulunan havayı sıkıştırma görevini yapmaktadır. İkinci bölüm ise ses jeneratörü gibi görev yapmakta olan larengeal sistemdir. Bu sistem akciğerlerden gelen hava akımını, hava atımları serisi şeklinde keserek, oluşan atımlardan sesi üretmektedir. Oluşan temel ses vızıltı gibi bir ses olup, tam bir kısmî harmonik serisi içermektedir. Üçüncü bölüm ses yolu veya tını borusu olarak adlandırılan, farenks ve ağız boşluklarının oluşturduğu rezonatör sistemidir. Bu sistem ses telleri tarafından üretilen temel sesi biçimlendirerek bir rezonatör veya filtre görevi yapmaktadır (Sundberg, 1987: 12).

Şekil 1.1. İnsan sesini üreten organlar ve temel akustik özelliklerinin gösterimi



Kaynak: SUTHERS, R.: 2016, **Vertebrate sound production and acoustic communication**, Springer Handbook of Auditory Research, s. 161

1.2.1. Güç Kaynağı: Solunum Sistemi

1.2.1.1. Solunum Anatomisi: Trakea, Akciğerler ve Diyafram

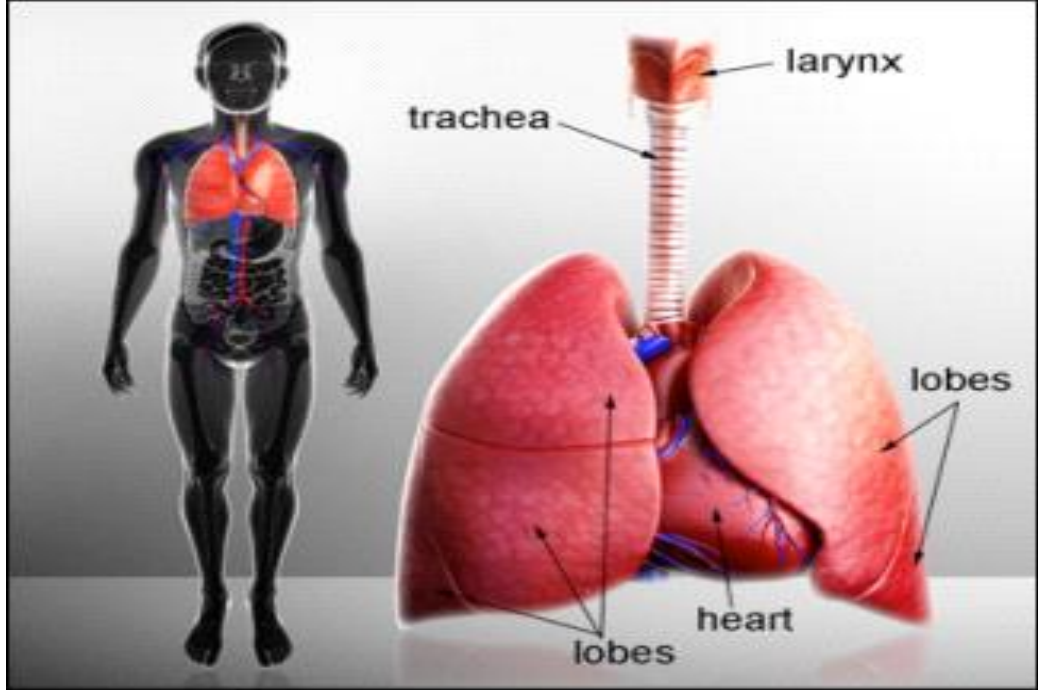
Soluk borusu olarak da adlandırılan trakea, solunan havanın geçtiği, boru şeklinde bir organdır. 10 - 13 santimetre uzunluğunda olan ve çevresinin üçte ikisi kıkırdaklı halkalarla desteklenen elastik lifli bir zardan oluşan trakea, yemek borusunun önünde bulunur. Trakea, alt ucunda bronş denilen iki hava kanalına ayrılarak akciğerlere bağlanır.

Göğüs kafesinde yer alan akciğerler sağ ve sol olmak üzere ikiye ayrılır. Sağ akciğerde üç lop bulunurken soldaki, kalbin yeterli alana sahip olabilmesi için sadece iki loptan oluşur. Akciğerlerin üst kısmı, göğüs kafesinin dar şekline uyacak şekilde yukarı doğru incilir ve tabanı diyaframın yüzeyine dayanır. Ayrıca sünger gibi yapısı

sayesinde yaklaşık 6-7 litre havayı hücrelerinde saklama kapasitesine sahiptir (Dimon, 2018: 46).

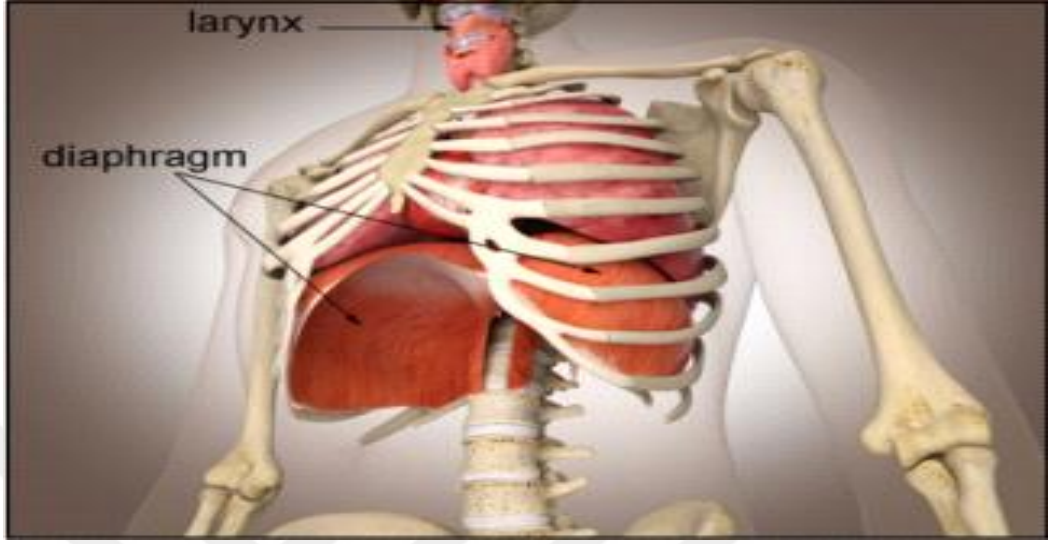
Şarkı söylemek için en önemli organlardan sayılan diyafram solunumun da ana kasıdır. Göğüs ve karın boşluğunu ayıran diyafram kasının üstünde kalp ve akciğerler, altında ise diğer organlar ve karın boşluğu bulunmaktadır. Kubbe şeklinde olan diyafram nefes alma esnasında düzleşir. Kalbin konumundan dolayı sağda biraz yüksek ve solda biraz düşük seviyede konumlanır. Ortasından yemek borusu ve aort geçmektedir. Diyafram önden göğüs kemiğine, yanlardan kaburga kemikleri ve kotal kıkırdaklara (7. çiftten 12. çifte) ve arkadan omurga kemiğine bağlıdır (Mccoy, 2012: 30).

Şekil 1.2. Akciğerler, trakea ve larenks konfigürasyonu



Kaynak: MCCOY, S.: 2012, **Your Voice: An Inside View**, Inside View Press; 2nd edition,s. 29.

Şekil 1.3. Diyafram ve akciğerleri içeren göğüs kafesi



Kaynak: MCCOY, S.: 2012, **Your Voice: An Inside View**, Inside View Press; 2nd edition, s. 29.

1.2.1.2. Solunum Fizyolojisi

Solunumun temel amacı havanın girişi ve çıkışıyla vücuda oksijen sağlamak ve vücuttan atıkları, özellikle de karbondioksidi atmaktır. İkinci amacı ise ses oluşturmak için ses tellerine nefes atımları sağlamaktır (Sundberg, 1987: 12).

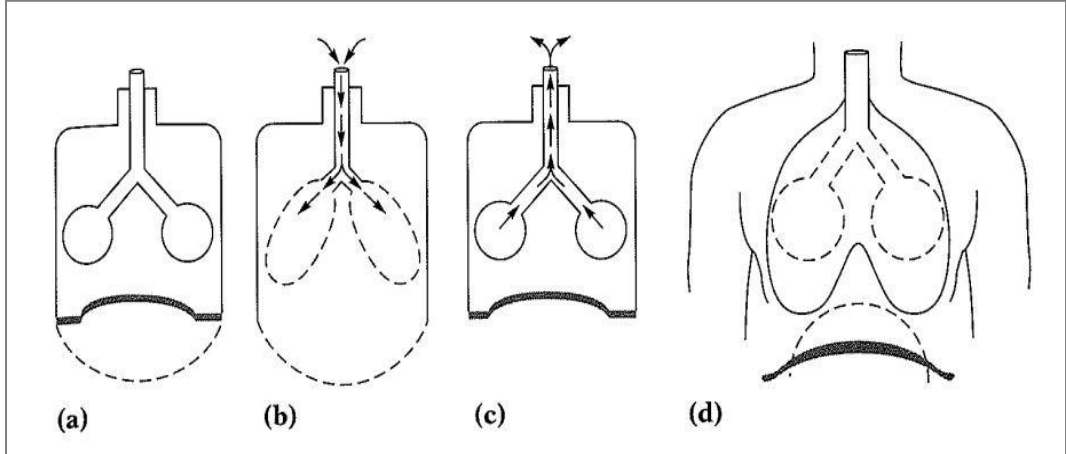
Solunum, beynin diyaframa kasılması için sinyal vermesiyle başlar. Diyafram daha alçak ve düz bir konuma hareket ederken, dış kaburgalar arası kasların da çalışmasıyla göğüs boşluğu genişler ve akciğerlerdeki hava basıncı azalır. Bu durumda akciğerler içindeki hava basıncı dışarıdaki hava basıncından daha az olduğu için hava trakea ve bronşiyal tüplerden akciğerlere doğru akar.

Nefes verme sırasında işlem tersine çevrilir. Diyafram gevşeyerek eski konumuna geri dönerken, iç kaburgalar arası kasların da kasılması ile göğüs boşluğu daralır ve akciğerler sıkıştırılır. Bu süreçte akciğerlerde artan hava basıncının atmosfer basıncı ile eşitlenmesi için, solunan hava trakea, larenks, boğaz ve nihayet ağız veya burun yoluyla dışarı akar.

Şarkı söylemek amacıyla alınan derin solunum sırasında, göğüs boşluğunun boyutları her yöne, özellikle de arkaya doğru genişler. Göğüs kafesinin genişlemesi şarkı söyleme sırasında nefes akışının daha rahat bir şekilde kontrol edilmesini ve sonuç olarak daha sağlıklı bir ses üretimini sağlar (Lessac, 1996: 22).

Şekil 1.4. solunum mekanizmasını deneysel bir biçimde göstermektedir. Şeklin (a) kısmında, şişe boşluğu göğüs boşluğunu, alt tarafta gerilmiş lastik diyaframı, balonlar akciğerleri ve balonlara giden cam tüp trakea ile bronş tüplerini temsil etmektedir. Şeklin (b) kısmı soluk alma sürecini anlatır. Lastik aşağı çekildiğinde şişe boşluğu artar, balonlar genişler ve hava borular yoluyla içeriye akar. Takip eden (c) kısmında soluk verme fazı gösterilir; bu durumda lastik eski pozisyonuna döner, şişe boşluğu küçülür ve hava balonlardan dışarı gönderilir. Şeklin (d) kısmında ise insan trakeası, akciğerleri ve diyaframı gösterilmektedir.

Şekil 1.4. Solunum mekanizmasının deneysel bir gösterimi



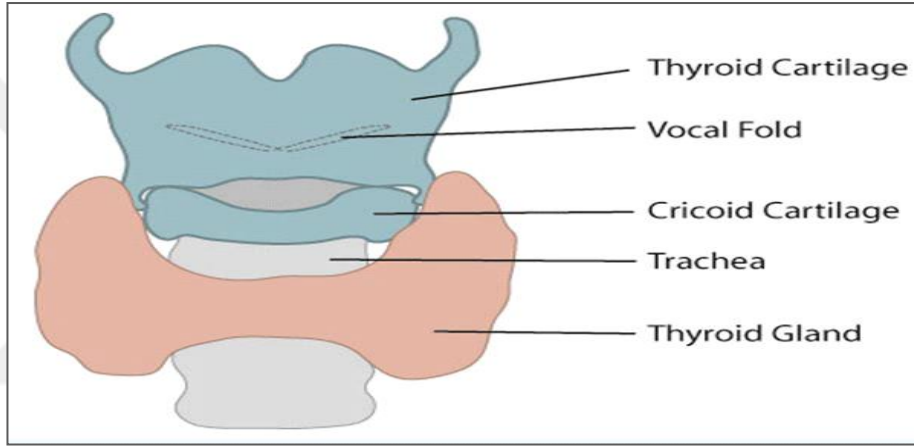
Kaynak: LESSAC, A.:1996, **The use and training of the human voice**, McGraw-Hill/Mayfield; Third edition s. 22

1.2.2. Osilatör: Larengeal Sistem

Larenks veya ses organı, oldukça özel ve karmaşık bir yapıdır. Larenks, sesin oluşmasında çok önemli yeri olan ve temel titreşimi sağlayan organdır. Ses tellerini içeren larenks temel olarak bir titreşim mekanizmasıdır.

(Dimon, 2018: 50).

Şekil 1.5. Larengeal sistemin şematik konfigürasyonu

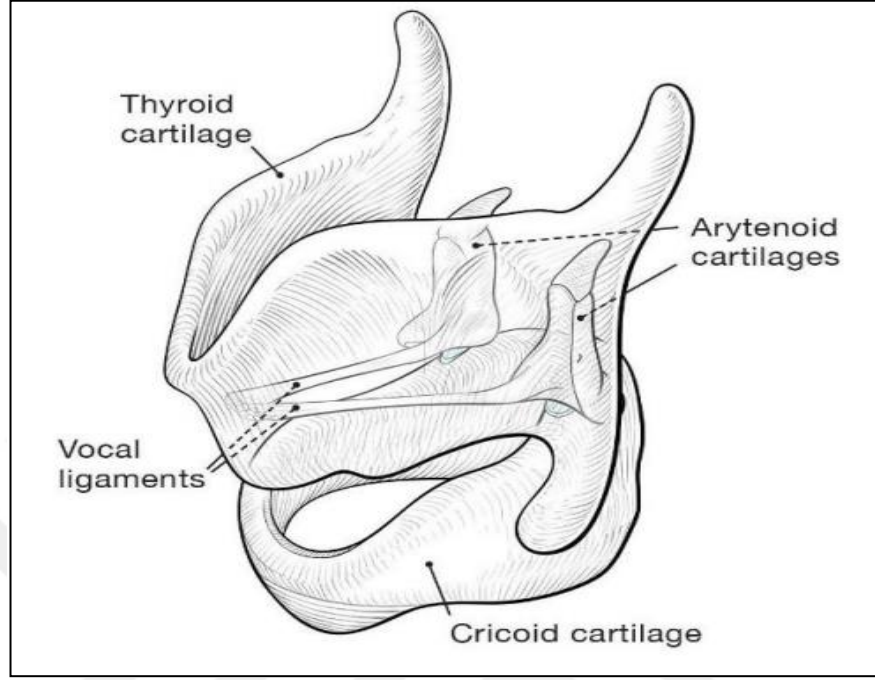


Kaynak: SEVY, A.: 2019, "Hoarseness", Baylor College of Medicine, (Çevrimiçi)
<https://www.bcm.edu/healthcare/care-centers/institute-voice-swallowing/conditions/hoarseness>

1.2.2.1. Larenksin Temel Anatomi ve Fizyolojisi

Larenks esas olarak ses tellerini barındıran 4 kıkırdaktan oluşur. Trakeanın tepesinde, trakeayı oluşturan halkalara benzeyen, Krikoid adı verilen bir kıkırdak bulunur. Krikoidin üstünde ise ön tarafta birleşen iki lamina veya kanattan oluşan Tiroid kıkırdağı yer alır. Tiroid kıkırdağının kanatları içinde ve Krikoid kıkırdağının arka kısmında oturan, piramit şeklinde Aritenoid adı verilen iki kıkırdak yer alır. Bu kıkırdaklar birbirlerine bağlar, membranlar ve kaslar aracılığıyla bağlanır. Larenks bu yapı sayesinde, rahat ve esnek hareket etme potansiyeline sahiptir (Dimon, 2018: 52).

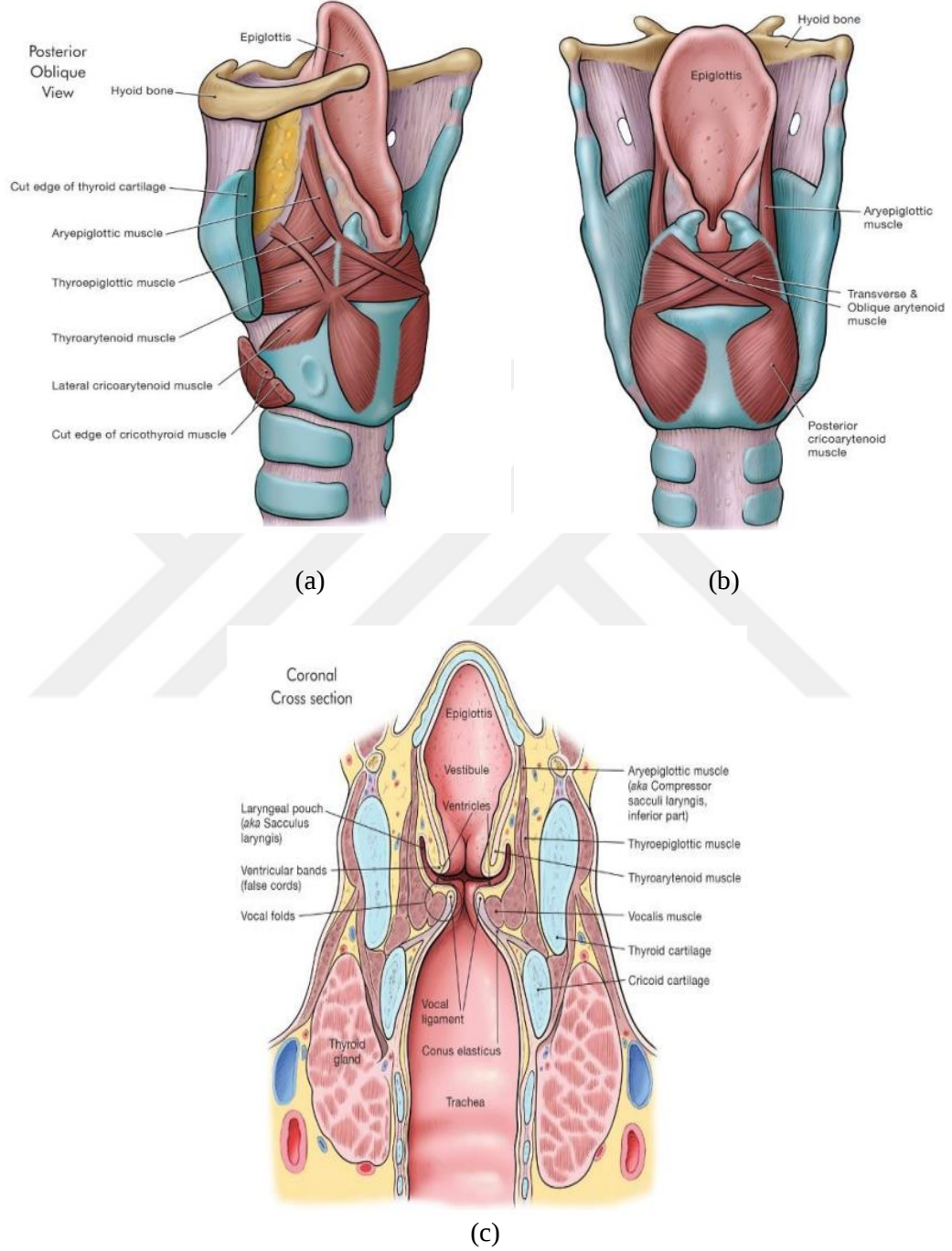
Şekil 1.6. Larenksin kıkırdak yapısı



Kaynak: DIMON, T.: 2018, **ANATOMY OF THE VOICE An Illustrated Guide for Singers, Vocal Coaches, and Speech Therapists**, North Atlantic Books; III edition, s. 52.

Larenksin kasları dış ve iç olmak üzere ikiye ayrılır ve larenksin tüm hareketleri bu kasların kasılması ile gerçekleşir. Dış larengeal kaslar larenksin pozisyonunu değiştirirler. Şan eğitimi alan bireyler, şarkı söylerken, dış kasları kullanarak boyunda larenksi stabilize ederler. İç larenks kasları ise ses tellerinin açılmasını, kapanmasını ve gerilimini kontrol etmektedir. Larenks yapısının içinde uzanan birçok kas seti larenkste bulunan kıkırdakların hareketini yönetirler ve sesin üretiminden sorumludurlar. (Bunch, 2003: 63).

Şekil 1.7. Larenksin boyuna kesitinin (a) yandan, (b) arkadan ve (c) içten görünümü



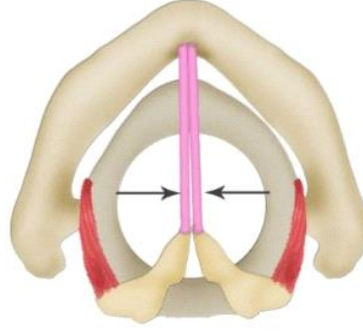
Kaynak: DIMON, T.: 2018, **ANATOMY OF THE VOICE An Illustrated Guide for Singers, Vocal Coaches, and Speech Therapists**, North Atlantic Books; Ill edition, s. 60 - 63.

Lateral krikoaritenoid ve interaritenoid kaslarının (transvers ve oblik) görevi ses tellerinin kapanmasını sağlamaktır. Ses tellerinin kapanma amaçları şunlardır:

- a) İstenmeyen partikülleri akciğerlerden uzak tutmak
- b) Hava akışını durdurmak
- c) Fonasyon (konuşma, şarkı söyleme)

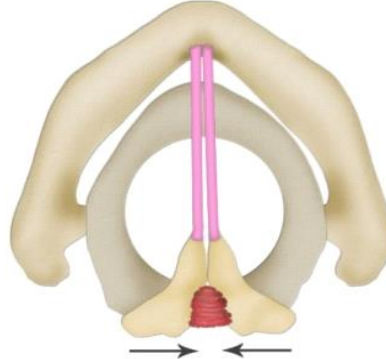
Lateral krikoaritenoidler kasıldığında ses telleri yaklaşır ancak glotisın kapanmasını tamamlamak için interaritenoid kasların kasılması gerekmektedir. Kapanma tam gerçekleşmediğinde soluklu bir ses ortaya çıkar (Bunch, 2003: 63).

Şekil 1.8. Ses tellerini kapatan kaslar: Krikoaritenoid lateralis



Kaynak: VOICE SCIENCE WORKS: 2019,
“Inside The Larynx”, (Çevrimiçi)
<https://www.voicescienceworks.org/inside-the-larynx.html>

Şekil 1.9. Ses tellerini kapatan kaslar: İnteraritenoid (İA)

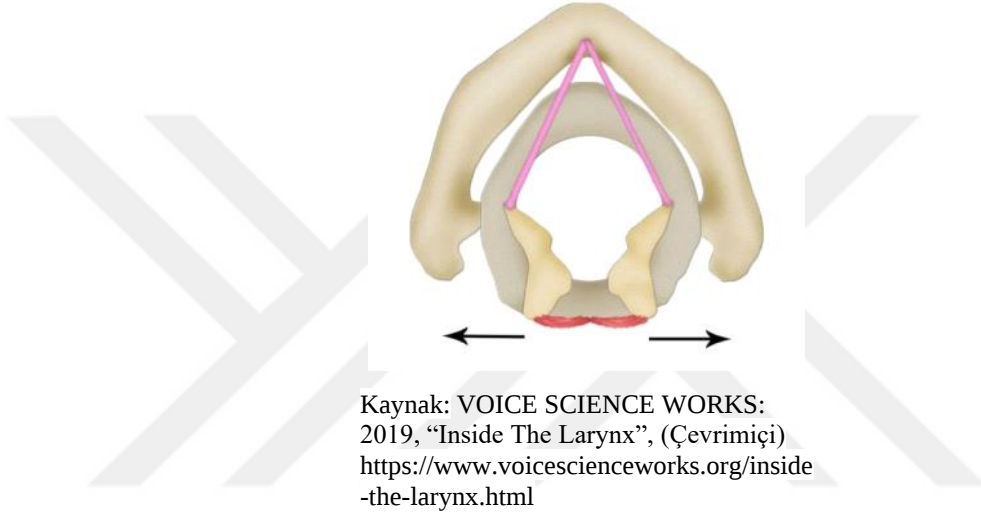


Kaynak: VOICE SCIENCE WORKS: 2019,
“Inside The Larynx”, (Çevrimiçi)
<https://www.voicescienceworks.org/inside-the-larynx.html>

Posterior krikoaritenoid kasının (m. postikus) görevi ise ses tellerinin açılmasını sağlamaktadır. Ses tellerinin açılma amaçları şunlardır:

- a) Havanın içeri girmesini sağlamak (soluk alma / inspirasyon)
- b) Havanın dışarı çıkmasını sağlamak (soluk verme / expirasyon)

Şekil 1.10. Ses tellerini açan kaslar: Krikoaritenoid posterior



Ses tellerini açan ve kapatan kasların hareketleri antagonistiktir. Biri aktif olduğunda, diğeri pasif kalmak zorundadır (Bunch, 2003: 64).

Krikotiroid kası (CT) ses tellerini uzatarak inceltir. Fonasyon sırasında ses tellerinin uzama amaçları şunlardır:

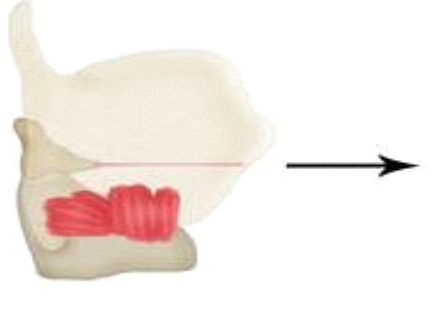
- a) Ses tellerinin ürettiği perdeyi değiştirmek
- b) Tiz sesler üretmek için ses tellerindeki gerginliği arttırmak

Tiroaritenoid kası (TA, vokalis) ses tellerini kısaltarak kalınlaştırır. Fonasyon sırasında ses tellerinin kalınlaşma amaçları şunlardır:

- a) Daha gür ve kalın ses üretmek
- b) Pes sesler oluşturmak için ses tellerindeki gerginliği azaltmak

Ses tellerini geren ve kalınlaştıran kaslar antagonistiktir ve biri aktif olduğunda diğeri pasif kalmalıdır (Bunch, 2003: 65).

Şekil 1.11. Ses tellerini geren kaslar: Krikotiroid (CT)



Kaynak: VOICE SCIENCE WORKS: 2019,
“Inside The Larynx”, (Çevrimiçi)
<https://www.voicescienceworks.org/inside-the-larynx.html>

Şekil 1.12. Ses tellerini kalınlaştıran kaslar: Tiroaritenoid (TA)



Kaynak: VOICE SCIENCE WORKS:
2019, “Inside The Larynx”, (Çevrimiçi)
<https://www.voicescienceworks.org/inside-the-larynx.html>

1.2.2.2. Larenksin İşlevselliği

Ses tellerini kısaltan ve kalınlaştıran kas (TA) aktif olduğunda, ses tellerinin daha büyük bir bölümü titreşime katkı sağlar. Sesin pes bölgesinde şarkı söylerken, ses telleri daha yavaş titreterek daha kısa ve kalın kalabilirler. Tiz notalarda ise ses tellerinin sadece kenar kısımlarının titreşimde olması, daha hızlı titreşime izin verir. Bu durumun sağlanabilmesi için TA kası daha az aktif olmalıdır. Bu çerçevede **tizlerde serbest bırak, üst perdelerde itme, sesi çevir, erken geçiş yap ve sesi şişirme** gibi komutların kullanımına şan eğitiminde karşılaşılabiriz (Zhang, 2016: 2618).

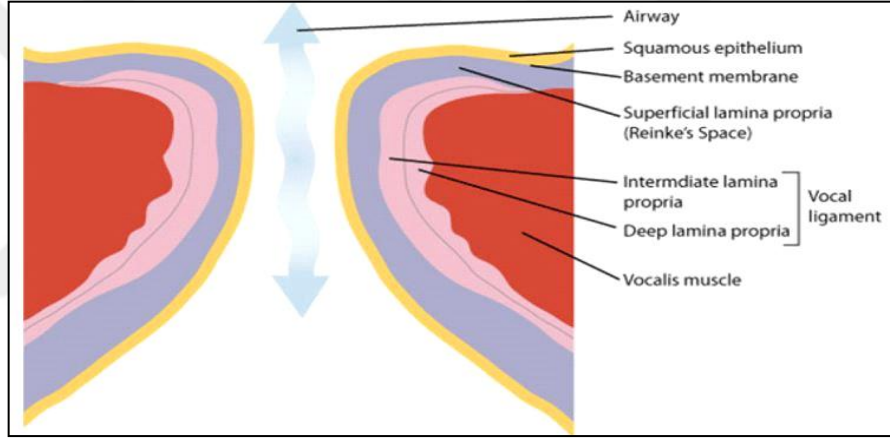
Larenksin aşağı inmesini ve sesin çevrilmesini sağlayan krikotiroid kasın (CT) kasılması ile tiroid kıkırdak, krikoid kıkırdağa doğru hareket eder ve ses telleri gerilir. Böylece ses tellerinin uzamasıyla sesin tiz bölgelerine ulaşmak mümkün olur. Gerilimin oranı, üretilen perdenin ne kadar tiz ya da pes olduğunu belirler. Çoğu insan sesin pes perdelerinde konuşma alışkanlığı edindiğinden CT kas koordinasyonu genellikle az gelişmiştir ve yeni başlayan şarkıcılarda bu koordinasyona erişmek zor olabilmektedir (Dimon, 2018: 76).

1.2.2.3. Ses Telleri

Vokal kordlar olarak da adlandırılan ses telleri larenksin içinde bulunan ve yapısı henüz tam olarak anlaşılmayan aşırı derecede kompleks bir kastır. Gerçek ses telleri oldukça küçüktür. Dinlenme esnasında toplam uzunlukları yetişkin kadınlarda sadece 18 milimetre ve erkeklerde 23 milimetredir. Fonasyon sırasında titreşimde aktif olan ön kısım ise kadınlar ve erkekler için yaklaşık 12 ile 15 milimetre arasında değişmektedir. Bu kadar küçük bir şeyin bir senfoni orkestrası üzerinde duyulacak kadar yüksek ses çıkarabilmesi gerçekten olağanüstüdür (Mccoy, 2012: 102).

Ses tellerinin katmanları işlevsel olarak üç gruba ayrılabilir. Epitel ve yüzeysel lamina propria tabakasından oluşan ilk grup, titreşime uygun olan gevşek mukozal bir yapı oluşturmaktadır. İkinci grup vokal ligament olarak adlandırılan, orta ve derin lamina propria tabakasından oluşur ve daha sıkı bir yapıya sahiptir. Şarkı söylerken mukoza tabakası vokal ligament üzerinde serbestçe titreşir. Üçüncü grup, mukozal tabakanın ve vokal ligamentin altında bulunan ve oldukça sert bir yapısı olan tiroaritenoid kasıdır (Dimon, 2018: 64).

Şekil 1.13. Ses telleri katmanları



Kaynak: SEVY, A.: 2019, "Hoarseness", Baylor College of Medicine, (Çevrimiçi)
<https://www.bcm.edu/healthcare/care-centers/institute-voice-swallowing/conditions/hoarseness>

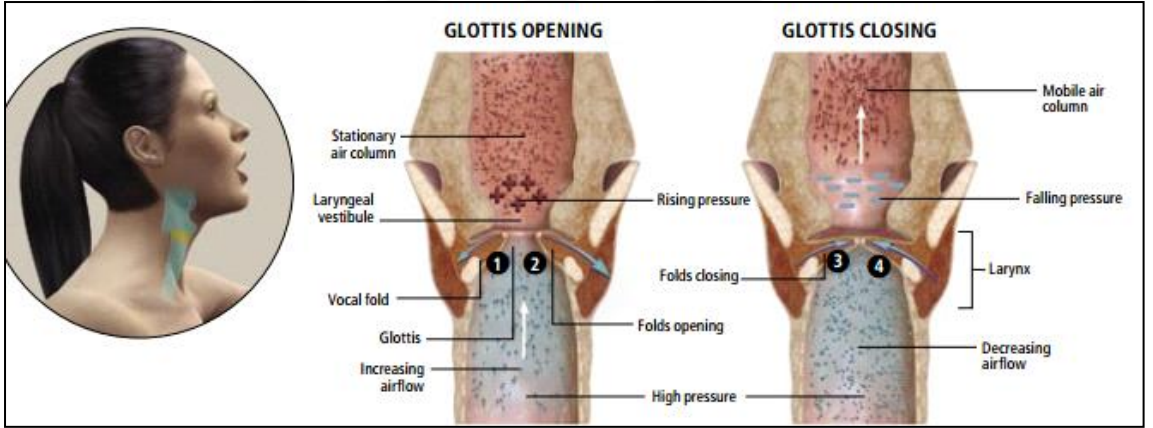
1.2.2.4. Ses Tellerinin Hareket Sistemi

Fonasyonda krikoaritenoid kaslar başlangıçta ses tellerini yaklaştırır, ancak akciğerlerden gelen nefesin basıncı onları açılmaya zorlar. Ses telleri arasından geçen hava, ses tellerinin mekanik özelliklerine bağlı olarak **Bernoulli Etkisi**¹ ile glotisin kapanmasına sebep olur. Glotisin alt ve üst bölgeleri arasında oluşan basınç farkı

¹ 1738'de Daniel Bernoulli'nin **Hydrodynamica** adlı kitabında kanıtlanan prensibe göre hareket halinde olan akışkanın hızı ile uyguladığı basınç arasında ters orantı vardır. Akışkanın hızı artarsa basıncı düşer veya hızı düşerse basıncı artar. Bu olaya **Bernoulli etkisi** adı verilmiştir.

tekrar yükselerek ses tellerini ayırır. Ses tellerinin hızlı bir şekilde açılıp kapanması, hava atımları serisini yaratır. Gerçekleşen hava atımları serisi sonucunda, güçlü ve harmonik bir kaynak ses üretilir. Açılma ve kapanma döngüsünün sıklığı, üretilen sesin ne kadar tiz veya pes olacağını belirler. Titreşimin frekansını, akciğerlerdeki hava basıncı ve ses tellerinin mekanik ve aerodinamik özellikleri belirler. Genel olarak akciğerlerdeki hava basıncı ne kadar yüksek ve ses telleri ne kadar gerginse, tellerin titreşim hızı ve yayılan ses dalgalarının frekansı da aynı oranda yüksek olacaktır. Başka bir deyişle ses, hava atımları serisinin tını borusu içinde hızlı titreşiminin sonucudur (Sundberg 1977: 82).

Şekil 1.14. ses tellerinin titreşimine yol açan Bernoulli Etkisi



Kaynak: TITZE, I.: 2008, "The Human Instrument", SCIENTIFIC AMERICAN JANUARY 2008, s.99

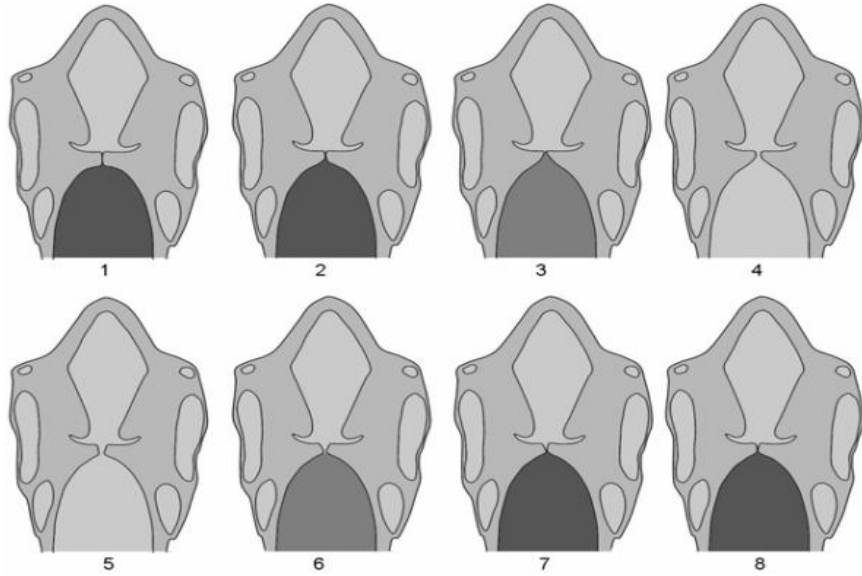
Ses tellerinin titreşimi ve **Bernoulli Etkisi**'nin rolü, tam bir titreşim döngüsünün adımlarını açıkladığımızda daha net bir şekilde görülebilir:

1. Ses telleri larenks içi kasların çalışması ile hafifçe kapatılır.
2. Kapalı olan glottis yüzeyinin altındaki hava basıncı artar.
3. Artan hava basıncı glottisi açmaya başlarken, mukozanın gövdeden bağımsız olarak hareket etme kabiliyeti nedeniyle, bu açıklık glottisin alt kısmından başlar.

4. Glotis, hava çıkışı başlayana kadar aşağıdan yukarıya doğru açılmaya devam eder.
5. **Bernoulli Etkisi** ile glotis arasından akmaya başlayan havanın hızı artar ve basıncı düşer.
6. Ses tellerinin elastik yapısı bir yay gibi davranarak glotisi yeniden kapatmak için bir geri dönüş gücünü uygular. **Bernoulli Etkisi**'nin neden olduğu negatif basınç, kapanma için ilave kuvvet sağlar.
7. Glotis alttan üste doğru tekrar kapanır.
8. Glotisin tamamen kapanması durumunda döngü tekrarlanır.

Bu işlem saniyede birçok kez tekrarlanır ve fonasyon sırasında tekrarlanma sayısı, konuşulan veya okunan tonun frekansına bağlı olarak değişir (Mccoy, 2012: 105).

Şekil 1.15 Ses telleri titreşimindeki aşamalar



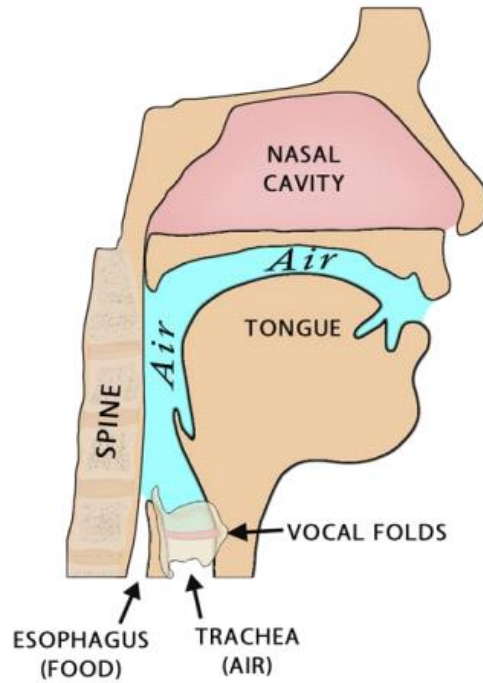
Kaynak: MCCOY, S.: 2012, **Your Voice: An Inside View**, Inside View Press; 2nd edition, s. 29.

Ünsüzlerin üretimi esnasında dil, yumuşak damak, diş ve dudakların etkisi ile ses yolunda oluşan daralmalar, gırtlak yoluyla ağıza doğru serbestçe ilerleyen hava akımını engelleyerek bir hava türbülansı oluşturur. Ötümlü ünsüz olarak adlandırılan sesler, ses kaynağı olarak hem fonasyon hem de bu türden bir türbülans gerektirmektedir.² (Sundberg 1977: 82).

1.2.3. Rezonatör: Tını Borusu (Ses Yolu)

Rezonatör, sesi tınlatan bir sistemdir. Genel olarak hava boşluğu olarak da tanımlanabilecek rezonatörler, ilk titreşimi başlatamazlar. Ancak kendi doğal rezonans frekanslarına yakın olan bir titreşim dalgasıyla karşılaşmaları durumunda o titreşim dalgasını güçlendirerek daha büyük bir dalgaya çevirirler (Sundberg, 1987: 12).

Şekil 1.16. Tını borusu; insan sesi rezonatör sistemi



Kaynak: VOICE SCIENCE WORKS: 2019,
“Resonance”, (Çevrimiçi)
<https://www.voicescienceworks.org/resonance.html>

² [f], [k], [p] vb. gibi ses telleri titreşimi olmadan üretilen ünsüzlere ötümsüz ünsüz; [v], [b] ve [g] gibi ses tellerinin titreşimi ile üretilen ünsüzlere ötümlü ünsüz denilir.

Bir hava konteynerinin titreşebildiği frekans aralığı, konteynerin ölçüsüne, şekline, duvarlarının kalınlığına ve ağız kısmının boyutuna bağlıdır. Basitçe söylemek gerekirse daha küçük hava konteynerleri daha yüksek frekanslarda ve daha büyük hava konteynerleri daha düşük frekanslarda titreşir. Doğadaki küçük nesnelerin daha tiz, büyük nesnelerin ise daha pes sesler üretme niteliğine sahip oldukları her daim saptanmıştır (Titze, 2008: 101).

Rezonans açısından insan sesi eşsiz bir enstrümandır. Diğer enstrümanlarda rezonatörün büyüklüğünün veya şeklinin değiştirilmesi mümkün olmadığı halde insan vücudunda tını borusunun şekli ve boyutu değişkendir; böylelikle insan sesi bir gitar veya bir piyanodan daha geniş rezonans imkanlarına sahiptir (Fillebrown, 2006: 44).

Sesin rezonatör sistemi olan tını borusu iç larengeal bölgeden dudaklara kadar uzanır.

Tını borusunun yapısında yer alan ve sesi etkileyen organlar şunlardır:

- _ Gerçek ses tellerinin hemen üstündeki alan (supraglottik bölge)
- _ Larenksin ventrikülleri (aynı zamanda Morgagni çukuru olarak da bilinir; bunlar gerçek ve yalancı ses telleri arasındaki ayarlanabilir boşluklardır)
- _ Piriform sinüsler
- _ Larenksin vestibülü
- _ Farenks (larengeofarenks, nasofarenks, orofarenks)
- _ Ağız boşluğu
- _ (Burun, yumuşak damak tarafından kapatılmadığı durumda ses yolunun bir parçası sayılır) (Miller, 1992: 71).

Alın ve ön sinüsler bu sistemde yer almazlar. Şan pedagojisi ortamlarında konuşulan göğüs ve kafa rezonansı hakkındaki inançların çoğu, özellikle alın ve ön sinüslerin şan sesindeki rolü hakkında yaygın olarak doğru bilinen ama aslında yanlış olan görüşlere dayanır.

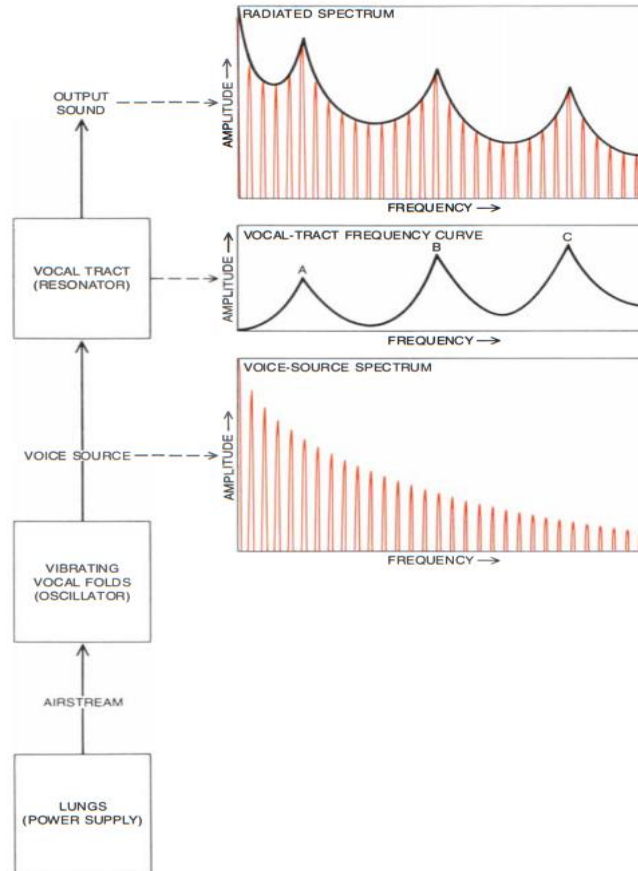
İKİNCİ BÖLÜM

VOKAL AKUSTİĞİ

2.1. Vokal Akustiğinin Temelleri

Vokal akustiği temel olarak iki faktörden oluşmaktadır. Birinci faktör ses kaynağının ürettiği akustik çıktı veya **harmonikler**, ikinci faktör ise ses yolunun **formantlar** aracılığı ile bu çıktıdaki harmonikleri seçici olarak zayıflatan ya da güçlendiren yapısıdır. Bu iki faktör arasındaki etkileşimin sonucu, akustik ses pedagojisinin temelini oluşturur (Bozeman, 2008: 61). Bu bölümün devamında bu iki faktör incelenecektir.

Şekil 2.1. Akustik ses üretiminin şematik gösterimi



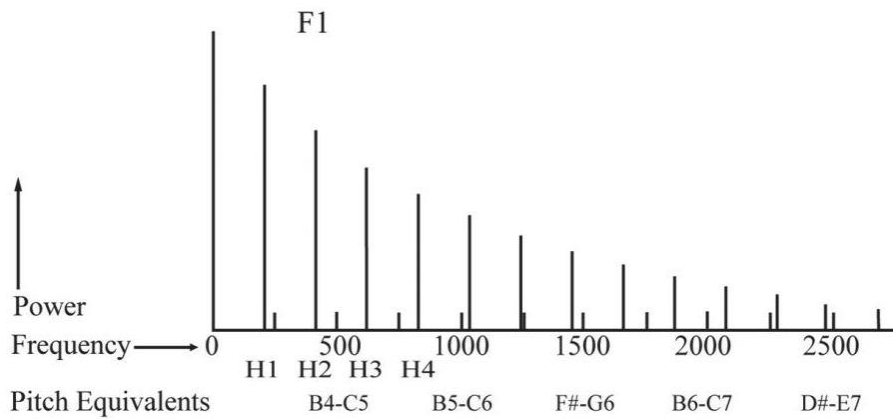
Kaynak: SUNDBERG, J.: 1977, "The Acoustics of the Singing Voice", SCIENTIFIC AMERICAN, INC, March 1977, s. 84.

2.2. Harmonikler

Ses tellerinin titreşimi sonucunda üretilen ses dalgaları, **kaynak ses** olarak adlandırılır. Konuşmak veya şarkı söylemek için hammadde olan kaynak ses aslında bir temel frekanstan (F_0) ve çok sayıda harmonikten oluşan bileşik bir tondur (Sundberg, 1977: 82). Temel frekans (F_0) aynı zamanda H1 olarak da adlandırılır ve ona bağlı diğer harmonikler H2, H3 vb. olarak tanımlanır. Her bir ardışık harmonik, temel frekansın bir katıdır. Örneğin ikinci harmonik temel frekansın iki katı, üçüncü harmonik temel frekansın üç katı vb. Matematiksel formatta $H1=1F_0$, $H2=2F_0$, $H3=3F_0$ vb. şeklinde gösterilebilir. (Castle, 2014: 20).

Şekil 2.2.'deki güç spektrumunda gösterildiği üzere³ harmoniklerin amplitüdü veya şiddet düzeyi, frekans arttıkça oktav başına yaklaşık 12 desibel azalır. Şarkı söyleme sırasında üretilen güç spektrumu (veya harmoniklerin amplitüd grafiği), normal konuşma sırasında üretilen spektrumdan pek farklı değildir ancak yumuşak konuşmada ortaya çıkan spektrum, şarkı söylerken üretilen spektruma göre daha dik eğimlidir (Sundberg, 1977: 82).

Şekil 2.2. Ses kaynağının ürettiği güç spektrumu

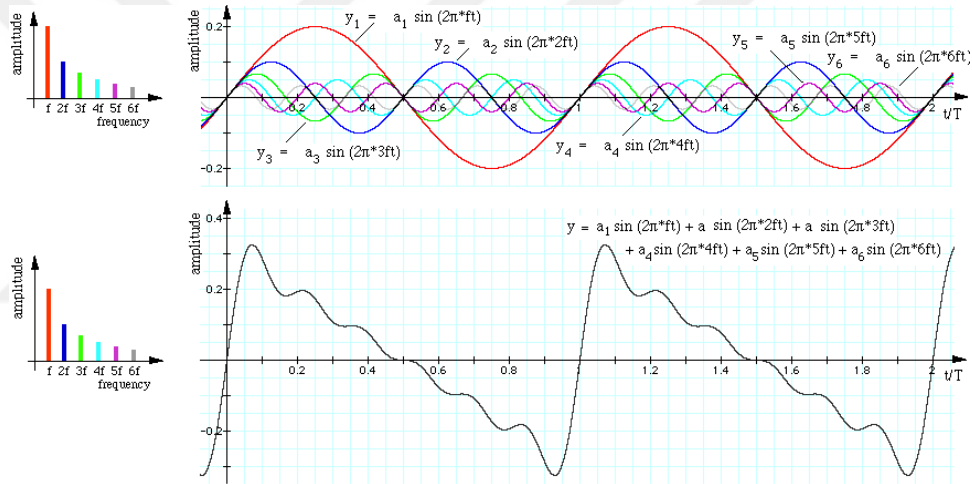


Kaynak: BOZEMAN, K.: 2013, **Practical Vocal Acoustics**, PENDRAGON PRESS
Hillsdale, NY, s. 5.

³ Bir güç spektrumu grafiği dikey eksenle dalga gücünü, yatay eksenle ise frekansı gösterir.

Şekil 2.3. görünüşü sebebiyle testere dişi olarak adlandırılan bileşik bir dalganın ilk altı harmoniğini göstermektedir. Sol taraftaki grafikler farklı renklerle belirtilen f , $2f$, $3f$ vb. harmoniklerin amplitüd oranını göstermektedir. Sağ taraftaki diyagramlardan üstteki, söz konusu harmoniklerin sinüs dalgalarını ayrı ayrı, alttaki ise üst üste bindirilmiş halini göstermektedir. Daha fazla harmonik bileşen eklendikçe, şekil testere dişi dalgasını daha yakından temsil eder.

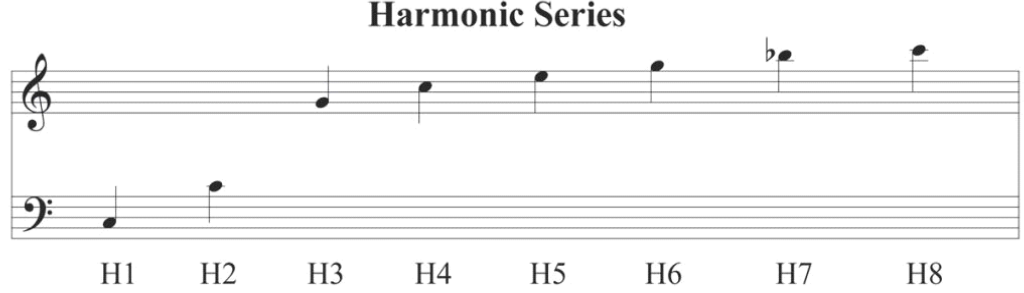
Şekil 2.3. Harmonik spektrum örneği: testere dişi dalgası



Kaynak: UNSW MUSIC ACOUSTICS: 2019, “What is a Sound Spectrum?”, School of Physics The University of New South Wales (Çevrimiçi)
<https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/sound.spectrum.html>

Şekil 2.4.’te görüldüğü üzere ardışık harmonikler arasında logaritmik bir ilişki vardır; harmonikler arasındaki mesafe üst harmoniklere doğru azalmaktadır. Örneğin birinci ve ikinci harmonikler arasındaki mesafe, ikinci ve üçüncü harmonikler arasındaki mesafeden daha büyüktür. Aynı şekilde ikinci ve üçüncü harmonikler arasındaki mesafe de üçüncü ve dördüncü harmonikler arasındaki mesafeden daha büyüktür (Castle, 2014: 20). F_0 ’nun artması veya azalması durumunda, harmonikleri de orantılı ve bağlı olarak artar veya azalır.

Şekil 2.4. C3 notasının harmonik serisinin ilk sekiz bileşeni



Kaynak: BOZEMAN, K.: 2013, **Practical Vocal Acoustics**, PENDRAGON PRESS Hillsdale, NY, s.3.

Pes bir Fo, duyulabilir aralıkta daha fazla ve birbirine daha yakın harmonikler üretirken, tiz bir Fo daha az ve daha aralıklı yayılmış harmoniklere sahiptir. Örneğin, bir bariton orta C'nin bir oktav altında olan C3 notasını verdiğinde, piyano aralığında 32 harmonik üretirken, C6 notasını veren bir soprano piyano aralığında sadece dört harmoniğe sahiptir (Bozeman, 2013: 7).

2.3. Formantlar

Bir rezonatör bölgenin olmaması durumunda, Fo üzerindeki ardışık harmonikler, varyasyonsuz bir spektral eğim oluşturarak orantılı bir biçimde azalır. Ses tellerinin ürettiği harmonikler ise ses yolunda rezonansa uğrar ve bazı harmonikler güçlenirken, diğerleri zayıflar. **Formantlar** ses yolunun doğal rezonansları olarak, ses kaynağından yayılan harmoniklerin güçlenmesi ve zayıflamasından sorumludur (Sundberg, 1987: 12). Formantların konumu ve sayısı tamamen ses yolunun şekli ve uzunluğu ile ilişkilidir. Bir formantın etki alanına yakın olan harmonikler yükselirken formantın etki alanı dışındaki harmonikler zayıflar. Böylelikle ses yolu, sesin doğal amplifikatörü işlevini görür (Bozeman, 2013: 11).

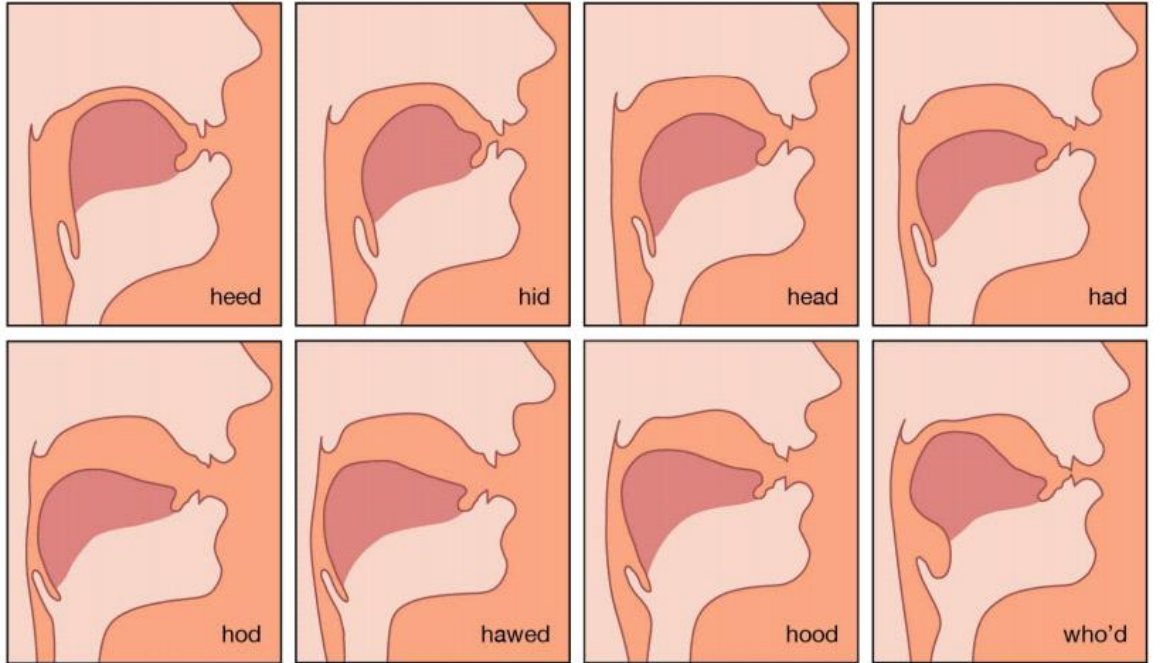
Formantlar teorik olarak sayı bakımından sınırsızdır ancak, ses türü ve ses yolu uzunluğuna bağlı olarak yalnızca ilk beş formantın ses tınısı üzerinde önemli etkileri

olabilmektedir. Bu formantlar duyulabilir aralığın ortasında ve piyanonun yaklaşık olarak orta aralığında (yaklaşık 4200 Hz'in altında) konumlanmaktadır. Bu aralıkta, baslar tipik olarak beş, sopranolar üç ve diğer ses türleri ortalama dört formanta sahiptir. Formantlar F1, F2, F3, F4, vb. olarak numaralandırılır (Bozeman, 2013: 12).

2.3.1. Ünlü Formantları (F1, F2)

Diğer enstrümanlardan farklı olarak insan sesindeki formant frekansları ses yolunun şekline göre değişebilmektedir. Konuşma ve şarkı söyleme sırasında artikülasyon organlarını hareket ettirerek ses yolunu farklı şekillerde yapılandırmak formant frekanslarını değiştirir ve bu değişimlerin sonucunda farklı harmonikler güçlenir ya da zayıflar ve farklı ünlüler duyarız. (Sundberg, 1977: 84). Şekil 2.5. farklı ünlüleri oluşturan ses yolu şekillerini göstermektedir.

Şekil 2.5. Farklı ünlüler için ses yolu yapılandırmaları



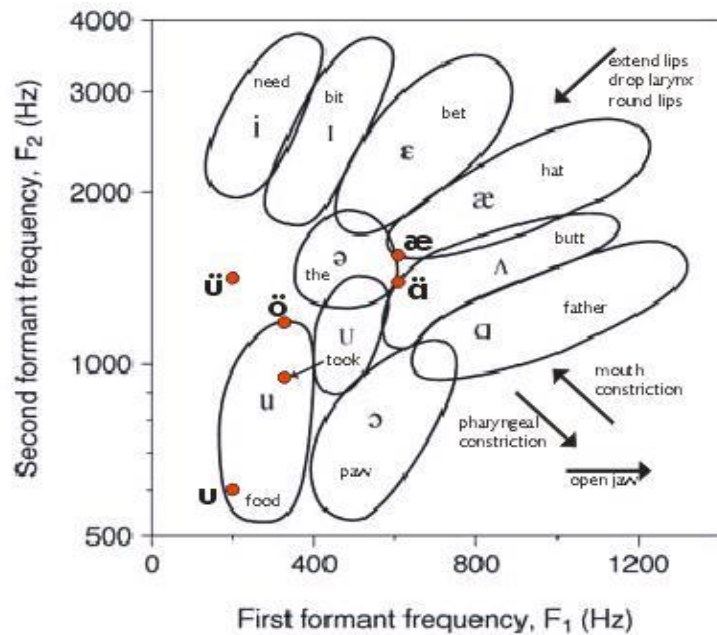
Kaynak: ENCYCLOPEDIA BRITANNICA: 2019, "Vowel Phonetics", (Çevrimiçi)
<https://www.britannica.com/topic/vowel/images-videos>

İlk iki formant (F1, F2), ses yolunun şeklindeki değişikliklere en duyarlı formantlar olarak, ünlüleri ayırt edip tanımlamakta en etkili formantlardır. Bu nedenle **ünlü formantları** olarak adlandırılırlar. Her ünlünün kendine özgü F1 ve F2 oranları vardır ancak her tını borusunun biçimi benzersiz ve kişiye özgü olduğundan, söylenen ünlüler kişiden kişiye farklılıklar gösterebilmektedir (Bozeman, 2013: 12). Yetişkin erkeklerde F1 yaklaşık 250 Hz ile 700 Hz arasında, F2 ise 700 Hz ile 2500 Hz arasında değişmektedir (Sundberg, 1977: 84).

Ünlülerin F1 ve F2 değerleri noktalardan ziyade genel alanlar olarak temsil edilir çünkü telaffuzdaki ve ses yolu boyutlarındaki bireysel farklılıklar, kişilerin aynı ünlü için oluşturdukları formant frekanslarının farklı olmasına sebep olur. Örneğin, bir çocuk [a] ünlüsünü söylerken, tını borusu boyutlarındaki farklılıklar nedeniyle yetişkin bir erkekten daha yüksek F1 ve F2 değerleri üretir (Miller, 2008: 26).

Şekil 2.6.'nın gösterdiği gibi, her ünlünün F1 ve F2 değerleri elipslerle temsil edilen, algısal olarak kabul edilebilir bir frekans bölgesine sahiptir.

Şekil 2.6. Ünlülerin frekans bölgeleri

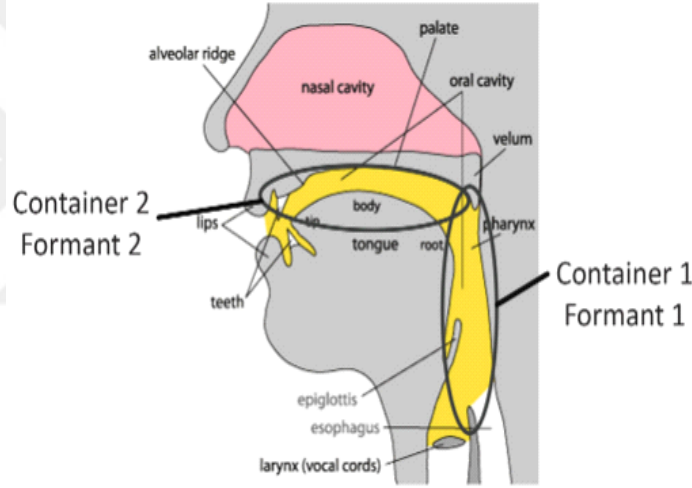


Kaynak: Acoustic Learning, Inc.: t.y. , “Learning to Perceive”,
(Çevrimiçi) <http://www.aruffo.com/eartraining/research/phase8a.htm>

2.3.1.1. Artikülâtör Hareketlerinin Formant Frekansları Üzerindeki Etkileri

Şekil 2.7.'de gösterildiği üzere F1, glotisten dilin gövdesine kadar uzayan ve ilk rezonatör olarak tanınan bölgenin frekansı ile ilişkilidir. F2 ise dil gövdesinden dudaklara kadar uzayan ikinci rezonans bölgesinin frekansına işaret etmektedir (Miller, 2008: 28).

Şekil 2.7. F1 ve F2 ile ilgili olan ses yolu rezonans bölgeleri



Kaynak: GASSER, M.:2009, “Vowels”, (Çevrimiçi)
<http://www.indiana.edu/~hlw/PhonUnits/vowels.html>

F1 ve F2, dil konumu başta olmak üzere, çene açıklığı ve larenksin pozisyonuna göre tını borusunda yapılan değişikliklerle ayarlanmaktadır.

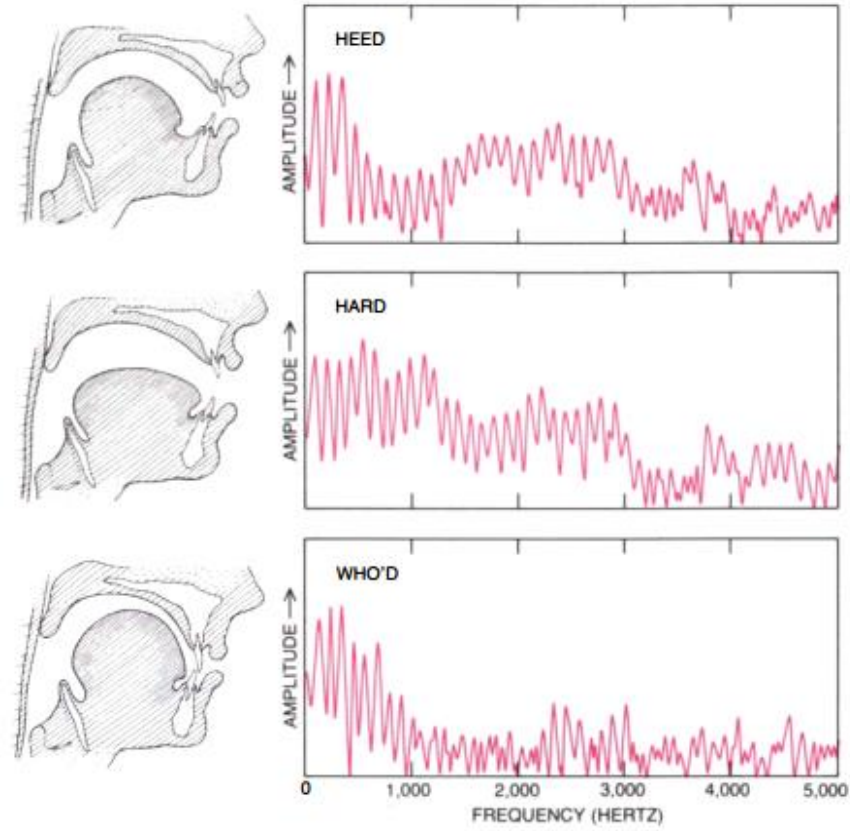
Örneğin [u] ünlüsünde dudaklar ileri doğru hareket ettiğinde her iki rezonans bölgesinin genişlemesiyle, F1 ve F2 frekansı azalır. [i] ünlüsünde dil ileriye doğru hareket ettiğinde birinci rezonans bölgesi (dilinin arka kısmı) büyür ve ikinci rezonans bölgesi (dilinin ön kısmı) küçülür; F1'in frekansı azalırken ve F2'nin frekansı artar. Dil geri çekildiğinde birinci bölge küçülürken ikinci bölge büyür; F1'in frekansı artarken

F2'nin frekansı azalır. [a] ünlüsünde ise çenenin açılması ile birinci bölge küçülür ve ikinci bölge büyür.; F1 artarken F2 azalır (Bozeman, 2008: 62).

Farenksin daralması ve birinci bölgenin küçülmesi sonucunda F1 yükselir. Farenksin nötr veya açık kalması halinde birinci bölge büyük kalır ve F1 düşer. Larenks yükseldiği zaman her iki bölgenin küçülmesiyle F1 ve F2'nin frekansı yükselir. Larenksin inmesi durumunda her iki rezonans bölgesi büyüdüğünden F1 ve F2 azalır (Voice Science Works: 2019).

Şekil 2.8.'de üç farklı ses yolu konfigürasyonu tarafından üretilen [i], [a] ve [u] ünlülerinin spektrumu gösterilmektedir. Spektrumun tepe noktaları formant frekanslarını belirlemektedir.

Şekil 2.8. Farklı ünlülerin kaynak ses spektrumu üzerindeki etkisi



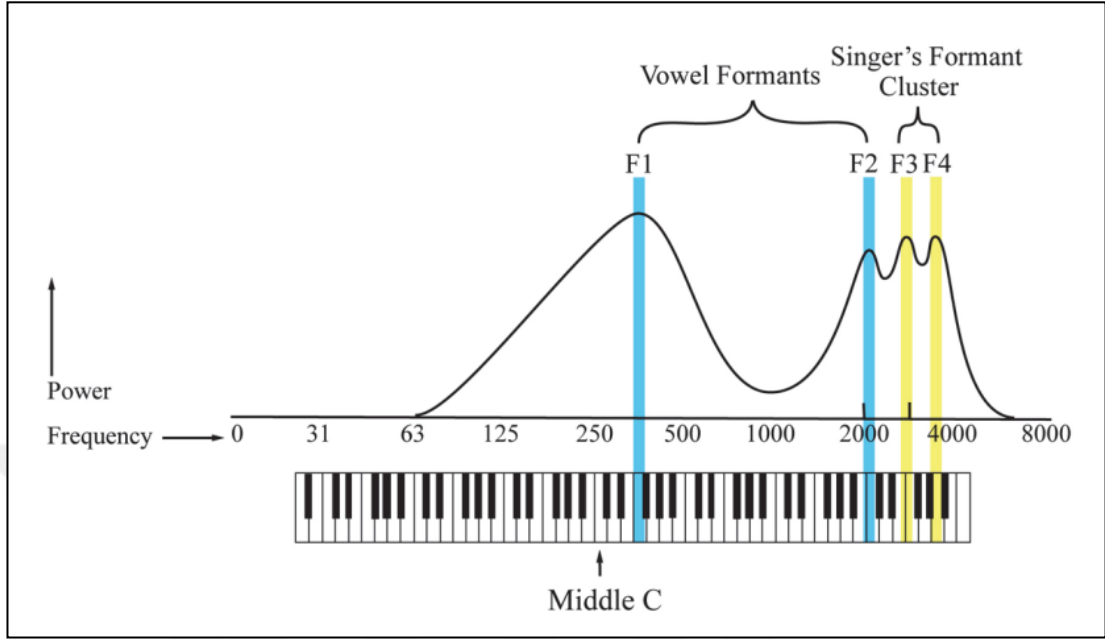
Kaynak: SUNDBERG, J.: 1977, "The Acoustics of the Singing Voice", SCIENTIFIC AMERICAN, INC. March 1977, s. 88.

2.3.2. Şarkıcı Formantı Kümesi (SFC)

Daha üst formantların (F3, F4, F5) kümelenmesi için larenksin inmesi ve farenksin genişlemesi gereklidir. Bu durumda insan sesinin orkestra üzerinde duyulmasını sağlayan ve profesyonel opera şarkıcılarına özgün çınlayan sesin kaynağı olan SFC (**Singer Formant Cluster**) veya **Şarkıcı Formantı Kümesi** oluşturulur. SFC daha çok erkek seslerinin karakteristik özelliğidir ancak kadın seslerinin orta ve alt bölgesinde yaklaşık olarak D5'in altındaki tonlarda da duyulabilmektedir. SFC 2400 - 3200 Hz arasında piyanonun C7 - C8 oktavında konumlanır. Bu aralık aynı zamanda insan kulağının yüksek seslere karşı en duyarlı olduğu 3000 - 4000 Hz aralığına denk gelmektedir. Bu yüzden insan kulak kanalına giren 3000 - 4000 Hz arası harmoniklerde, kulak zarına giderken güçlü bir rezonans artışı gerçekleşir (Bozeman, 2013: 17).

İyi eğitilmiş seslerde genel olarak sabit olan SFC, perde ve ünlü değişikliklerinden bağımsız bir tını tutarlılığını mümkün kılar. SFC kaynak sesin üst harmoniklerini güçlendirerek özellikle tenor seslerde pasaj üzerindeki tonlara güç ve netlik sağlar. Alt formantlar ve SFC arasında hoş bir denge sergileyen ses, şan pedagoji tarihinde **Chiaroscuro** (parlak-koyu) olarak tanımlanmış ve opera şarkıcılığında ideal bir tını olarak onaylanmıştır (Bozeman, 2008: 62).

Şekil 2.9. Ünlü formantları ve SFC'nin yaklaşık konumları



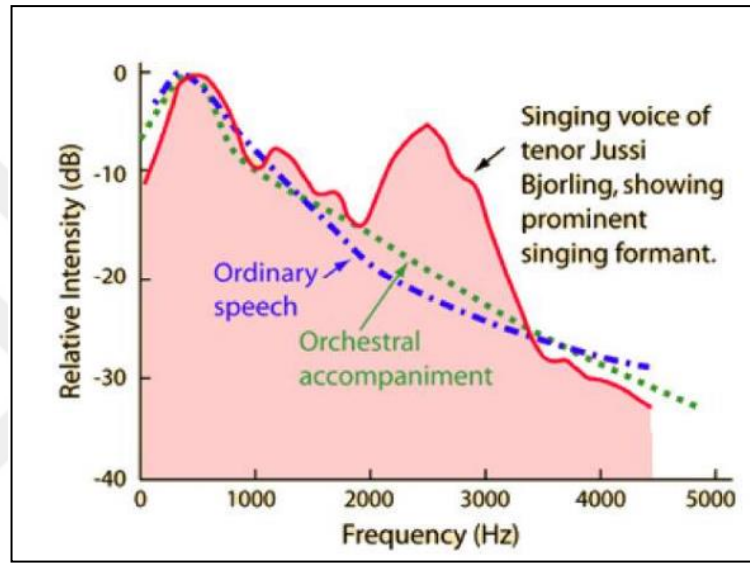
Kaynak: BOZEMAN, K.: 2013, **Practical Vocal Acoustics**, PENDRAGON PRESS Hillsdale, NY, s. 19.

2.3.2.1. SFC Fenomenolojisi

Opera ve konser şarkıcıları bir orkestra eşliğinde şarkı söylerken seslerinin her zaman duyulabilmesi için orkestranın ürettiği ses şiddeti ile rekabet ederler. Bir senfonik orkestra sesindeki ortalama ses enerjisi dağılımının analizi, en yüksek ses şiddetinin 450 Hz civarında olduğunu göstermektedir. Bu bölgenin üstünde frekans arttıkça güç keskin bir şekilde azalır. Normal konuşmada da maksimum ses gücü yaklaşık aynı frekansta ortaya çıkar ve daha üst frekanslarda zayıflar. Bu nedenle normal konuşmanın enerji dağılımına uygun bir şekilde ses tonları üreten bir şarkıcı, orkestranın çok daha güçlü sesleri tarafından bastırılır, dinleyici tarafından duyulmaz. Diğer taraftan, spektrumu şekil 2.10.'da görülen, eğitilmiş bir sesin (Jussi Björling) ortalama enerji dağılımı, SFC'nin etkisiyle normal konuşma ve orkestra sesinden farklıdır. Bu şekilde güçlü bir SFC değerine sahip olan bir ses, her zaman duyulabilir çünkü orkestra sesinin zayıf olduğu bir bölgede enerji yoğunluğuna sahiptir. Ayrıca

sesin orkestra tarafından bastırılmış olan diğer bölümlerini kafasında canlandırmasında dinleyiciye yardımcı olabilir (Sundberg, 1977: 88).

Şekil 2.10. Senfonik orkestra, normal konuşma ve ünlü tenor Jussi Björling'in ses enerji dağılımı diyagramı



Kaynak: SUNDBERG, J.: 1977, "The Acoustics of the Singing Voice", SCIENTIFIC AMERICAN, INC. March 1977, s. 89.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ŞAN SESİ REGISTERLERİ

3.1. Şan Sesi Registerleri

İnsan sesinde register meselesi genel olarak ses karakterinde ortaya çıkan ani değişimlerle ilgilidir. İster ergen bir çocuğun istemsiz ses kırılması olsun, ister virtüöz bir yodelerin⁴ istemli sanatsal performansı olsun, sesin karakterinde ortaya çıkan bu ani değişimler dikkat çekicidir (Miller, 2000: 19).

Genel kabul görmüş bir tanım, ondokuzuncu yüzyıl pedagogu Manuel Garcia'ya atfedilir. Garcia'ya göre **register** sözcüğü, aynı mekanik prensibin geliştirilmesiyle üretilen, pesten tize çıkan bir ardışık ve homojen ton dizisini ifade eder. Bu dizi başka bir mekanik prensip tarafından üretilen farklı bir ardışık ve homojen ton dizisinden farklıdır (Mccoy, 2013: 143). Bu tanım günümüze kadar pek çok ciddi register tartışmasında bir çıkış noktası olarak kabul edilmiş ve zaman testine dayanmıştır.

3.2. Register Kavramındaki Değişiklikler

Geçen yüzyılın büyük bir bölümünde vokal registerinin tamamen larengeal kas ayarlamalarından ibaret olduğu düşünülüyordu. Bu modelde ses, pes notalarda TA baskınlığına sahip göğüs registerinden, orta tonlarda çeşitli derecelerde TA ve CT koordinasyonundan geçerek, tiz notalarda CT baskınlığına sahip kafa registerine doğru gider.

⁴ Yodel (ya da jodel) göğüs registeri ile falsetto registeri perdelerinin arasında gerçekleşip tekrar tekrar ve hızlı şekilde ton değiştirilmesini içeren bir şarkı biçimidir.

Larengeal kasların koordinasyonu (özellikle CT ve TA kasları arasındaki etkileşim) ses ustalığı açısından çok önemli olmakla beraber, ses tınısındaki değişikliklerin büyük bir kısmı ses yolunda yapılan çeşitli modifikasyonlar sonucunda gerçekleşir. (Bozeman, 2010: 291).

3.3. Larengeal Registerler

Birkaç istisna dışında yirminci yüzyılda register hakkındaki tüm açıklamalar larenks kaslarının davranışları ile ilgilidir. Terminoloji değişse de genel olarak **Pulse** (**Bas** veya **Strohbass**), **Göğüs**, **Kafa** ve **Falsetto** (kadınlarda **ıslık**⁵) registerleri kabul edilmektedir.

Pulse veya **Bas registeri**: İnsan sesi, üretilen sesin perdesi ne olursa olsun saniyede birçok küçük hava atımlarından oluşur ve her hava atımı bir sonraki atımdan ses tellerinin tam veya kısmi kapanması ile ayrılır. Bireysel atımların sürekli bir ses olarak algılanması için ses tellerinden hava atımının yeterli sıklıkta geçmesi gerekir. İnsan kulağı, ses tellerinin açılıp kapanmasıyla üretilen hava atımlarını, atım sıklığı ancak belli sınırların üzerinde ise sürekli bir ton olarak algılayabilir. Bu sıklık 60-80 Hz arası değişmekle beraber ortalama 70 Hz'dir. Bu sınırın altındaki atımları sürekli bir ton olarak değil, bağımsız atımlar olarak duyarız. Bu nitelikteki bir ses **Vocal Fry**, **Bas registeri** ya da **Pulse registeri** olarak tanımlanır. (NCVS, 2019).

Göğüs registeri: Ses tellerinin gövdesini oluşturan ve tellerin kısılmasından sorumlu olan TA kasların egemen olduğu registre göğüs registeri, göğüs sesi, modal veya ağır mekanizma denir (Bozeman, 2008: 60). Göğüs registeri, şarkıcı CT ve TA kaslarını aynı anda kastığında üretilir ancak TA'nın daha baskın olması nedeniyle ses telleri kısılır ve bu daha pes seslerin üretimine yol açar. Göğüs sesinde Fo ve alt harmonikler, üst harmoniklerden daha güçlüdür ve ses telleri dokusunun daha büyük bir kısmı titreşimdedir. Ayrıca ses telleri genellikle her titreşim döngüsünün yarısından fazlasında kapalıdır (NCVS, 2019). Göğüs sesi genellikle dinç ve kuvvetli

⁵ Almanca'da **Pfeif**

bir ses üretimi olarak sesin alt bölgelerini genişletip güçlendirmek için gereklidir ancak dikkatli ve uygun bir şekilde kullanılmalıdır. Göğüs registeri ideal aralığının ötesinde baskın olursa, aşırı solunum basıncı ve sıkışık fonasyon ile sonuçlanır ancak ses tellerinin önemli bir kısmı bu kas grubundan oluştuğundan sesin dengeli biçimde gelişmesi için bu kasları çalıştırmak önemlidir (Bozeman, 2008: 60).

Kafa registeri: Ses tellerini germe ve inceltme işlevi olan CT kasların kasılması, krikoid kıkırdağını eğerek ses tellerini uzatır ve üst bölgedeki tonların gelişimi ve serbestliği için gerekli şartları sağlar. Bu kas grubunun egemen olduğu bir larenks ayarına kafa sesi veya kafa registeri denir (Bozeman, 2008: 60).

Kafa registerinin üretilmesinde hem CT hem de TA kasları kasılır ancak CT kasları daha baskındır. Bu registerde ses tellerinin daha küçük bir kısmı titreşim halindedir ve sadece serbest kenar denilen dış katman titrer. Fo ve tüm harmonikler göğüs sesinden daha zayıftır ve göğüs sesine kıyasla, ses telleri her titreşim döngüsünün daha büyük bir bölümünde açıktır (NCVS, 2019).

Falsetto ve ıslık (Pfeif) registeri: Falsetto çoğunlukla yetişkin erkekler tarafından kadın ses aralığında üretilen flütümsü ve soluklu sesi tanımlamak için kullanılan bir terimdir ancak kadınlarda pfeif registeri veya flüt registeri olarak da adlandırılır. Bu registerde TA kası tamamen gevşer. Bu nedenle ses tellerinin uzunluğu yalnızca CT kasındaki kasılma derecesine bağlıdır. TA kası gevşek olduğu için ses tellerinde sertleşme veya kalınlaşma olmamaktadır. Sadece serbest kenar titreşimde olduğu için ses enerjisinin neredeyse tümü Fo'dan gelir. Çok az sayıda harmonik vardır ve bunlar Fo ile karşılaştırıldığında oldukça zayıftır. Ses telleri, her bir titreşim döngüsünün büyük bir kısmında (yaklaşık %70) açıktır (NCVS, 2019).

Tablo 3.1. Larengeal registerler ve özellikleri

Register	Aktif kas	Ses tellerinin titreşimli kısmı	Üretilen ses tınısı	Üretilen Perde
Pulse	sadece TA	çoğu	vokal fry	en pes ses tonları; şarkı söyleme aralığının altında
Göğüs	çoğunlukla TA, biraz CT	hem serbest kenar hem de gövde	daha ağır ve dolgun ton	ses aralığının alt kısmı
Kafa	çoğunlukla CT, biraz TA	serbest kenar	daha hafif, daha ince ton	ses aralığının üst kısmı
Falsetto	sadece CT, TA tamamen gevşek	sadece serbest kenar	en hafif ve ince	en tiz ses tonları; normal aralığın üstünde

Kaynak: TITZE, I.:2019, “Voluntary Registers”, (Çevrimiçi) <http://www.ncvs.org/ncvs/tutorials/voiceprod/tutorial/voluntary.html>

İyi eğitilmiş seslerde, sesin farklı bölgeleri arasında sorunsuz bir geçişin sağlanması için hem ses tellerini kısaltıp kalınlaştıran göğüs sesi egzersizlerine hem de tamamlayıcı olarak, ses tellerini geren ve incelten kafa sesi egzersizlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Aslında larengeal registerler bu kas gruplarının eğitimi, gelişimi ve koordinasyonunu geliştirmekle ilgilidir.

Richard Miller’in belirttiği üzere, İtalyan uluslararası şan ekolünde erkek sesindeki **Zona di Passaggio** denilen pasaj (göğüs sesinden kafa sesi veya orta sese geçiş) bölgesi, yaklaşık mükemmel dörtlü aralığı olarak düşünülür. Bu dörtlü aralığın konumu **Fach** veya ses kategorisine göre değişmektedir. Örneğin, bir tenorun geçiş bölgesinin D4 ve G4 arasında gerçekleşmesi beklenirken, bir basın pasaj bölgesi A3 ile D4 arasında olabilir. Bu bölge, larengeal kas ayarlamalarının TA baskınlığından CT baskınlığına geçtiği en önemli frekans bölgesidir (Bozeman, 2008: 60).

Tablo 3.2. Erkek seslerinde genel olarak register geçişleri

Yaklaşık Register durumları		
Ses Türü	İlk Pasaj	İkinci Pasaj
Tenorino	F4	Bb4
Tenore Leggiero	E4,(Eb4)	A4,(Gb4)
Tenore Lirico	D4	G4
Tenore Spinto	D4,(C#4)	G4,(F#4)
Tenore Drammatico	C4,(C#4)	F4,(F#4)
Baritono Lirico	B4	E4
Baritono Drammatico	Bb4	Eb4
Basso Cantante	A3	D4
Basso Profondo	Ab3,(G3)	Db4,(C4)

Kaynak: MILLER, R.: 1986, **The Structure of Singing**, Schirmer Books, NY, s. 117.

3.4. Akustik Registerler

Larengeal registerler önemli olmakla birlikte, eskiden larenks kaslarının çeşitli ayarlamalarından kaynaklandığı varsayılan tını değışikliklerinin çoğu, aslında akustik faktörlerin etkisi sonucudur. Akustik register temel olarak ses yolunun, ses telleri tarafından üretilen harmonikleri (özellikle de birinci ve ikinci harmoniği) nasıl etkilediği ile ilişkilidir. Özellikle erkek sesi pasajında meydana gelen tını değışimleri ve çeşitli olarak **çevirme**, **örtme** gibi isimlerle adlandırılan olaylar, ilk olarak ses tellerinde üretilen harmonikler ile ses yolu formantları arasındaki etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Ses yolu rezonansları bir ünlüden başka bir ünlüye geçerken değıştiği için, akustik register olaylarının konumları da söylenen ünlüye göre değışmektedir (Bozeman, 2008: 61).

3.4.1.Akustik Registerin Yönleri

Kaynak sesin harmoniklerinin frekansları, formant frekansları ile örtüştüğünde güçlenir ve formantın zirve noktasına yaklaştıkça güçlendirme süreci daha kuvvetli bir şekilde gerçekleşir.

Erkekler genel olarak formant konumlarının altında olan aralıklarda şarkı söylediklerinden, tipik olarak kadınlardan daha fazla harmonik üretirler. Bu nedenle harflerin tanımı ve iletişimi erkeklerde kadınlara göre daha kolaydır; ses yolunda yapılan değişiklikler, normal konuşma şekillerinden çok farklı olmamaktadır. Ancak normal konuşma aralığı üzerinde şarkı söylerken tüm sesler, rezonatör şeklini alışılmış konuşma şekillerinden farklı olarak biçimlendirmek zorundadırlar. Seslendirilen ton ne kadar tiz olursa, formant tepe noktalarını mevcut harmonikler ile eşleştirmek için gereken uyarılama da bir o kadar fazladır (Bozeman, 2008: 63).

Harmoniklerin sayısı ve konumu tamamen seslendirilen ton tarafından belirlendiğinden rezonanslı bir ses üretmek için etkileyebileceğimiz tek faktör, formantların konumu olmaktadır. Aynı zamanda opera tarzında şarkı söylerken, genel tını ve Fach tutarlılığını sağlamak için üst formantların (SFC) konumu mümkün olduğunca sabit tutulmalıdır. Bu nedenle mevcut harmonikleri rezonansa sokmak için sadece ilk iki formantın konumunda ayarlama yapmak gerekmektedir (Bozeman, 2013: 20). Ses yolu uzunluğunu koruyarak, ilk iki formantı hareket ettirmek suretiyle ses yolunu yeniden şekillendirerek ünlüleri değiştirmeye, şan pedagojisinde **ünlü modifikasyonu** denilir. (Bozeman, 2013: 13).

3.4.1.1. İlk Formantın Roller

Ses yolunun en pes rezonansı olan ilk formant, ses tınısının derinliği ve dolgunluğundan sorumlu olmasının yanısıra, ünlülerin genişlik - darlık özelliğini de belirtmektedir. Ayrıca, ilk formant ve kaynak harmonikleri arasındaki etkileşimler, tüm akustik register olaylarına neden olur veya bir şekilde bu olaylarla ilişkilidir. İlk formant, sesteki alt harmonikleri kuvvetlendirir ve seste sıcaklık veya yuvarlaklık olarak da ifade edilen niteliği sağlar. Tam rezonanslı bir ses üretmek ve tını derinliğine sahip olabilmek için, en az bir harmonik bileşenin ilk formant frekansı zirvesine yakın olması gerekir.

Birinci formantın frekansı ayrıca bir ünlünün genişlik veya darlığını da belirler. [i] veya [u] gibi dar ünlülerin ilk formantı düşükken, [ε], [ɔ] ve [ɑ] gibi geniş ünlülerin ilk formant değeri yüksektir. Bu nedenle, F1 miktarı ne kadar yüksek olursa, ünlü bir o kadar geniş ve F1 miktarı ne kadar düşük olursa, ünlü bir o kadar dar olmaktadır. Genel olarak [i] ünlüsü en düşük F1 değeriyle, [ɑ] ünlüsü en yüksek F1 değeriyle ve bu iki F1 arasında yaklaşık bir oktavlık bir mesafe vardır.

Renkler spektrumunda her frekans aralığı belli bir rengin tonları ile ilişkilidir (örneğin kırmızı ve tonları). Benzer bir şekilde bir ünlünün ilk formant değeri yüksek olması telaffuzun geniş duyulmasına, düşük olması ise, telaffuzun dar duyulmasına sebep olur. Belli noktalarda kırmızı tonlarının turuncu veya mor tonlarına dönuştüğü gibi, ilk formant konumu da belli bir frekans aralığından yukarıya veya aşağıya doğru hareket ettiğinde ünlü kimliği komşu bir ünlü kimliğine kayar. Örneğin, F1 yükselirse, [i] sonunda [ı], [e] ve [ε] konumuna geçer; F1 düşerse bunun tersi gerçekleşir (Bozeman, 2013: 14).

3.4.1.2. İkinci Formantın Roller

İkinci formant, ünlülerin tanımının netliğinde, ünlülerin ön veya arka kategorisine ait olmasında, erkeklerin üst tonlardaki rezonans stratejilerinde ve kadınların orta ses rezonans stratejilerinde rol oynar. Her iki formantın bir ünlünün tanımlanmasında katkısı olsa da, ikinci formant ağız boşluğu ile olan algısal ilişkisinden dolayı tanımın netliğinden daha çok sorumludur. Konuşma sırasında diksiyon netliğini artırmak için ağız boşluğunun şeklini abartılı olarak değiştirmek içgüdüsel bir davranış olsa da, şan tekniği çerçevesinde zayıf bir rezonans stratejisi sayılır (Bozeman, 2013: 15).

İkinci formant ayrıca bir ünlünün **ön** veya **arka** olarak algılanmasından sorumludur. Örneğin [i] gibi ön ünlüler yüksek F2 değerine sahipken, [u] gibi arka ünlülerin F2 değerleri düşüktür. Ünlülerde ön-arka algısı, ikinci formantın hangi komşu formanta daha yakın olduğu ile ilgilidir. Yakın değerlere sahip olan formantlar karşılıklı olarak birbirini pekiştirir. Bu nedenle, düşük bir ikinci formant (F2), ilk formantla (F1) birleşip sesin alt harmoniklerini güçlendirerek bir arka ünlü oluşturur; halbuki yüksek bir ikinci formant, SFC ile birleşip sesin üst harmoniklerini güçlendirerek ön bir ünlü üretir. Mesela [u] ünlüsünde F2, F1'e yakın olduğu için arka bir ünlü olarak ve [i] ünlüsünde ise F2, SFC'e daha yakın olduğu için ön bir ünlü olarak algılanır. Ön-arka boyutu dil şekli ile de ilişkilidir. Öne doğru eğimli olan dil gövdesi daha küçük bir ön boşluk ve daha yüksek bir ikinci formant değeri oluştururken arkaya eğimli bir dil, ağzın ön kısmında daha büyük bir boşluk ve daha düşük bir ikinci formant oluşturur.

İkinci formantın aynı zamanda erkek şarkıcıların, özellikle tenorların üst tonlarda kullandığı rezonans stratejilerinde de önemli yeri vardır. Kaynak sesin ikinci harmoniği, birinci formantın zirvesini aşıp gücünü kaybettiğinde, profesyonel erkek şarkıcılar, rezonansı yeniden dengelemek için ikinci formantı daha yüksek bir harmonikle eşleştirir. Donald Miller'in gösterdiği gibi tenorlar bu durumda arka ünlülerde F2 ile H3'ü ve ön ünlülerde F2 ile H4'ü eşleştirerek yeni bir rezonans ayarlamasına geçiş yaparlar (Bozeman, 2013: 29).

3.4.2. Harmonikler İle F1 Arasındaki Etkileşimler

Kaynak sesin harmonikleri ile tüm formantlar arasındaki etkileşim önemli olsa da, ilk formant (F1) ile olan etkileşimler özel önem taşımaktadır. F1'in etki alanı içinde (ilk formantın zirve noktası altında) hiçbir harmonik bulunmazsa, genel ses kuvvetsiz ve cılız olarak duyulacaktır. Sesin dolgunluk ve derinliğe sahip olabilmesi için F1 yakınlığında en az bir harmonik bileşenin olması gerekmektedir. İlk formantın altında iki veya daha fazla harmonik olduğunda, yani pes notanlar söylerken, formant ayarlamasına fazla ihtiyaç olmamaktadır, çünkü bu durumda formantlarla eşleşebilecek yeterli sayıda harmonik bulunmaktadır. Daha tiz temel frekanslarda, harmonikler geniş aralıklara yayıldığı için, ilk iki formant aralığında daha az harmonik bulunmaktadır. Bu nedenle daha tiz perdeler seslendirirken, formant ayarlamasının dikkate alınması önemlidir. (Bozeman, 2013: 20).

Bir kaynak harmoniği F1'in üzerine geçtiğinde, **tını kapanması** olarak tanımlanan işitsel bir etki meydana gelir. Aynı mantıkla bir harmonik F1'in altına düştüğünde, seste **tını açıklığı** denilen etki duyulabilir (Bozeman, 2013: 21).

3.4.2.1. Açık Tını

İki veya daha fazla harmonik bileşen ilk formantın altında olduğunda, ses tınısı **açık tını** (İtalyancada **voce aperta**) olarak tanımlanır. İlk formantın altındaki harmonikler ne kadar fazlaysa, tını o kadar açık olur. Başka bir deyişle, söylenen ünlünün ilk formant frekansının bir oktav veya fazla altında bir bölgede şarkı söylendiğinde tını açık olarak değerlendirilir. Örneğin bir bariton, F1 değeri 500 Hz civarında olan [o] ünlüsünü 250 Hz (yaklaşık B3) ve altındaki frekanslarda söylediğinde ses tınısı açık olarak algılanır.

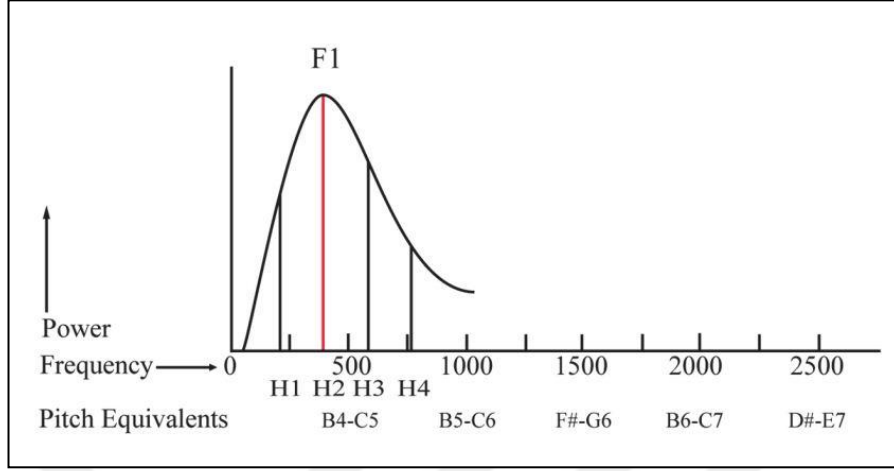
İkinci harmonik birinci formantın tepe noktasına yaklaştığında, F1/H2 akustik eşleşmesi olarak tanımlanan özel ve kuvvetli bir açık tını meydana gelir. Bu akustik eşleşme güçlü bir rezonans yarattığı için, ses şiddeti ve projeksiyon gerektiren durumlarda, içgüdüsel olarak kullanılır. Açık tını parlak, basit, temiz ve ağız bölgesinde tınlayan bir ses olarak tanımlanabilir (Bozeman, 2013: 21).

3.4.2.2. Bağırma Tınısı ve Özellikleri

Açık tını uygun sınırların dışında kalan tonlarda kullanılırsa, sertleşir ve bağırma haline gelir. Başka bir deyişle uygun sınırların üzerindeki tonlarda seslendirilen bir geniş ünlüde, F1/H2 açık tını eşleşmesi korunur ya da F1'in değeri ikinci harmonik ile beraber F1'in normal konumu üzerine yükseltirse , **bağırma tınısı** gerçekleşir.

Bağırma yeteneği evrensel ve güçlü bir hayatta kalma içgüdüsüdür. Bu içgüdünün üstesinden gelmek, genç erkeklere pasajlarını opera tınısı ile uyumlu bir biçimde eğitmeleri için gereklidir. Bağırma tınısından opera şan tekniği çerçevesinde kaçınılsa da, müzikal tiyatro, popüler ve halk müziği tarzlarında oldukça yaygındır. Örneğin bağırma tınısını dikkatlice yönetmek, müzikal tiyatroda kullanılan **belt** tınısının üretimi için çok önemlidir. O yüzden bu tarzların az çok kontrollü ve **becerikli** bağırmanın güç ve doğallığından faydalandığı söylenebilir (Bozeman, 2013: 21).

Şekil 3.1. F1/H2 eşleşmesi ve bağırma tınısı



Kaynak: BOZEMAN, K.: 2013, **Pactical Vocal Acoustics**, PENDRAGON PRESS Hillsdale, NY, s. 22.

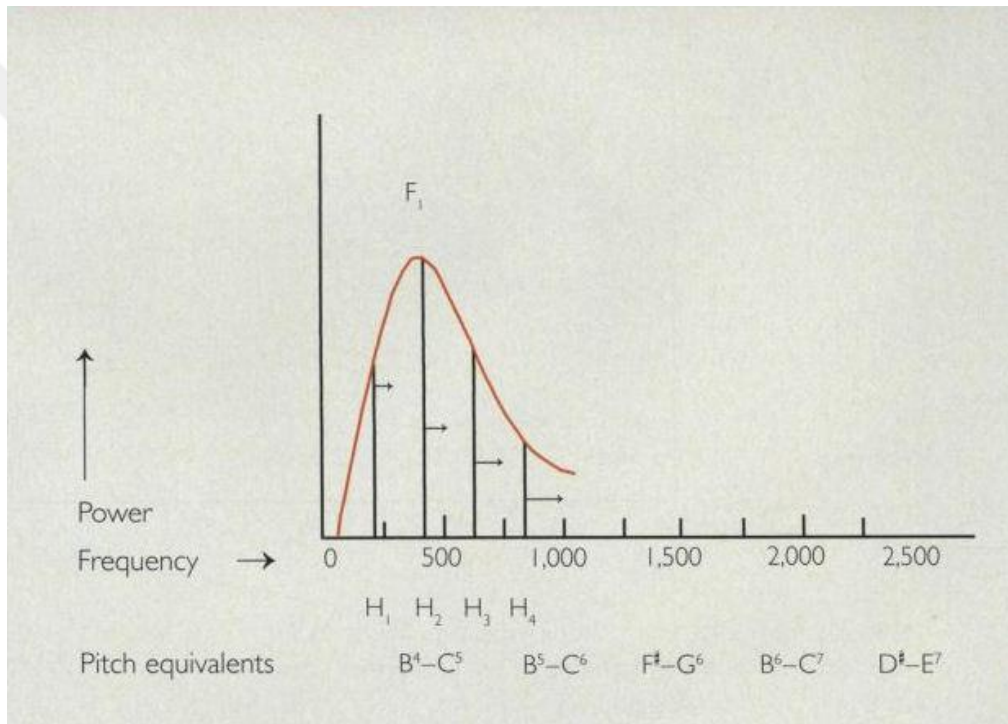
Bağırma tınısı için larenks yükseltilir, farenks daraltılır, ağız boşluğu genişletilir ve ıraksak bir rezonatör şekli oluşturularak ilk formant değeri yükseltilir. Yutma kaslarının aktive edilmesi ile larenks yükselir ve farenks daralır; böylece ses yolu daralır. Ses yolunun daralması, SFC kullanımını engelleyerek **chiaroscuro** tınısını bozar ve vibratör işlevini sıkışık fonasyona doğru yöneltir. Ayrıca yüksek F1 konumları ve doğal olarak daha ıraksak şekilleri ile, bağırmanın akustik gereksinimlerine daha uyumlu oldukları için, bağırma tipik olarak [a] veya [ε] gibi geniş ünlülerle yapılır (Bozeman, 2013: 22).

3.4.2.3. Çevirme ve Kapalı Tını

İkinci harmonik birinci formantın üzerine geçtiğinde, ses akustik olarak çevrilir ve tını kapanır. Bu geçiş erkek seslerinin en önemli akustik register olayıdır. Kapalı tını (İtalyanca'da **voce chiusa**) kubbeli, yuvarlak, pürüzsüz, kafada yüksek konumda hissedilir ve açık tınıya kıyasla daha endirekt olarak tanımlanır.

Çevrilme durumu, tonun frekansı ile ünlünün birinci formant frekansı arasındaki aralık bir oktavdan küçük olduğunda gerçekleşir. Tiz notalarda gereken tını derinliği ve sıcaklığını sağladığı için, akustik çevirme diğer şarkı söyleme tarzlarından farklı olarak, opera şan eğitiminin en önemli gereksinimlerinden sayılır (Bozeman, 2013: 23).

Şekil 3.2. İkinci harmoniğin ilk formantı geçmesi durumu

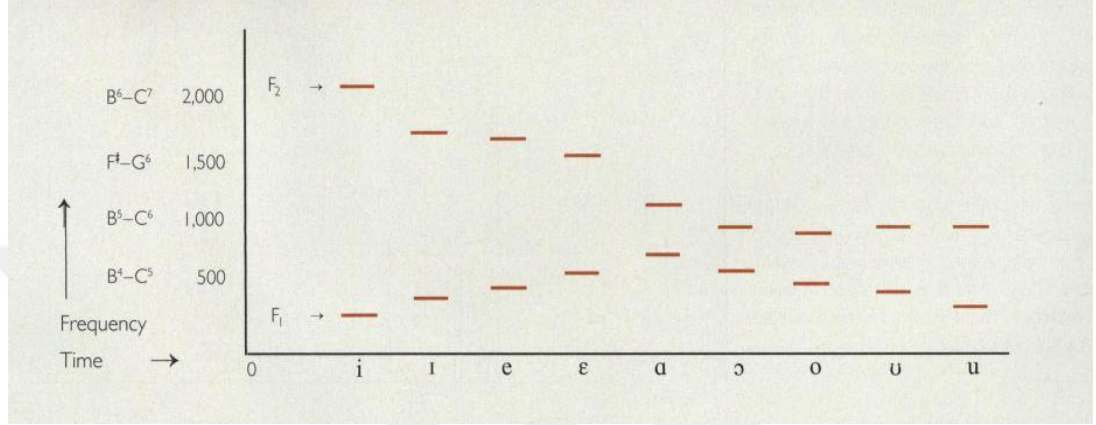


Kaynak: BOZEMAN, K.: 2008, "Registration Strategies for Training the Male Passaggio", The Choral Journal, Vol. 48, No. 12, s. 63.

İlk formantın konumu ünlüden ünlüye değiştiği için tını değişimleri, ünlülerin formant değerlerine göre farklı tonlarda gerçekleşir. Bu olayların belli bir seste, nerede meydana gelebileceğini belirlemek, ses eğitiminde çok önemlidir. Telaffuzda bireysel farklılıklar olmasına rağmen, ilk formantların yaklaşık konumları, dolayısıyla ünlülerin dönme konumları ses türüne göre nispeten sabit ve tahmin

edilebilirdir (Bozeman, 2008: 63). Şekil 3.3. tenor sesinde farklı ünlülerin yaklaşık F1 ve F2 değerlerini göstermektedir.

Şekil 3.3. Tenor sesinde çeşitli ünlülerin formant değerlerinin yaklaşık konumları



Kaynak: BOZEMAN, K.: 2008, "Registration Strategies for Training the Male Passaggio", The Choral Journal, Vol. 48, No. 12, s. 63.

3.4.2.4. Çevirme Tonu

Çevirme tonu, söylenen ünlünün ne kadar geniş veya dar bir şekilde telaffuz edildiğinden etkilenecek ünlünün ilk formant konumu ile ilişkili olarak belirlenir. Genel olarak, ünlü ne kadar dar olursa ilk formant o kadar düşük; ünlü ne kadar genişse ilk formant da o kadar yüksek olacaktır. Bu nedenle dar ünlüler daha pes perdelerde ve geniş ünlüler daha tiz perdelerde çevrilir. H1, H2'nin bir oktav altında bulunduğu için, çevirme tonu söylenen ünlünün ilk formantından yaklaşık bir oktav aşağıdadır. Belli bir ünlü için, çevirme tonunun altındaki tonlar açık tınıda, çevirme tonu üzerindeki tonlar ise kapalı tınıda söylenir (Bozeman, 2013: 26).

Bir ünlünün çevrildiği ton, akustik sonuçları dikkate alınarak belli yöntemlerle yükseltilebilir. Çevirmeyi ertelemenin en mantıklı yolu anlaşılabilirliğini kaybetmeden ünlüyü daha geniş bir biçimde telaffuz ederek ilk formantının yerini etkin bir şekilde yükseltmektir. Diğer yöntemler arasında yer alan larenksi

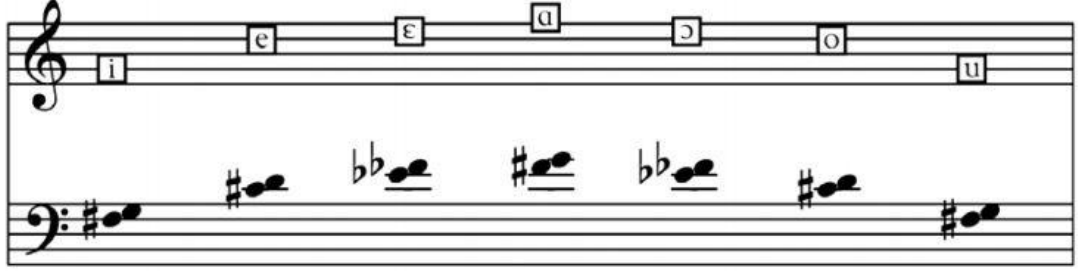
yükseltmek, ağız açıklığını abartmak veya aynı anda her ikisinin uygulanması, farenksin daralmasına ve yumuşak damağın inmesine neden olup larengeal kasların daha hafif bir ayarlamaya (CT baskınlığına) geçmesini engelleyerek ses kalitesini sıkışık, gürültülü ve kaba tınıya doğru yönlendirir (Bozeman, 2008: 64).

Sesin çevrilmesi, sadece larengeal register olaylarının sonucunda gerçekleşmiş olsaydı, her sesin tüm ünlülerde aynı tonda çevrilmesi beklenirdi ancak ilk formant konumları ile ilgili olduğu için farklı tonlarda gerçekleşmektedir. Bu yüzden, eski görüşü sürdürmek artık geçerli bir pedagojik konum değildir (Bozeman, 2013: 26).

3.4.3. Tenor Sesindeki Akustik Çevirme Olayları

Tenor sesinde, en dar olan [i] ve [u] ünlüleri F#3 - G3 (orta C4'ün altında) çevrilir. Pasajın geleneksel olarak anlaşıldığı konumun epeyce altında olduğu için bu durum, çoğu zaman fark edilmeyebilir. Diğer ünlüler ([e] [o] [ɛ] [ɔ] [ɑ]), pasaj bölgesinde değişmeye başlar. Lirik tenor için [e] ve [o] C#4 - D4 civarında, ilk pasaj (**Primo Passaggio**) başlangıcında çevrilir. [ɛ] ve [ɔ] yaklaşık Eb4 - F4'te pasaj bölgesinin (**Zona di Passaggio**) ortalarında; en yüksek F1 değerine sahip en geniş ünlü olan [ɑ] F#4 - G4'te, pasaj bölgesinin sonu olan ikinci pasajda çevrilir. Bu çevirmeler doğru bir şekilde uygulanırsa, ünlünün kalitesinde ince bir değişme, larenkste aşağıya doğru yumuşak bir iniş, damakta hafif bir yükseliş, farenkste genişleme ve fonasyonda genel bir rahatlamaya sebep olarak daha serbest bir larengeal fonksiyonu yakalamada yardımcı olabilmektedir. Şekil 3.4. lirik tenor sesinde farklı ünlülerin yaklaşık F1 konumlarını portenin Sol anahtarı kısmında belirtirken, Fa anahtarı kısmında ise ünlülerin çevrilme tonlarına işaret etmektedir.

Şekil 3.4. Lirik tenor sesinde çevirme tonlarının yaklaşık konumları



Kaynak: BOZEMAN, K.: 2012, 'Acoustic passaggio pedagogy for the male voice', Lawrence University, Conservatory of Music, s. 2.

Ünlülerin pasaj bölgesinde herhangi bir larenks yükseltmesine gerek kalmadan doğal konumlarında çevrilmelerine izin vermek ve aynı zamanda akustik gücü daha üst bir formanta örneğin ikinci formant veya şarkıcı formantına ayarlamak, opera vokal tekniği için en uygun yaklaşımdır (Bozeman, 2008: 64).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SPEKTRAL ANALİZ

4.1. Şarkı Söyleme ve Görme Bilimi

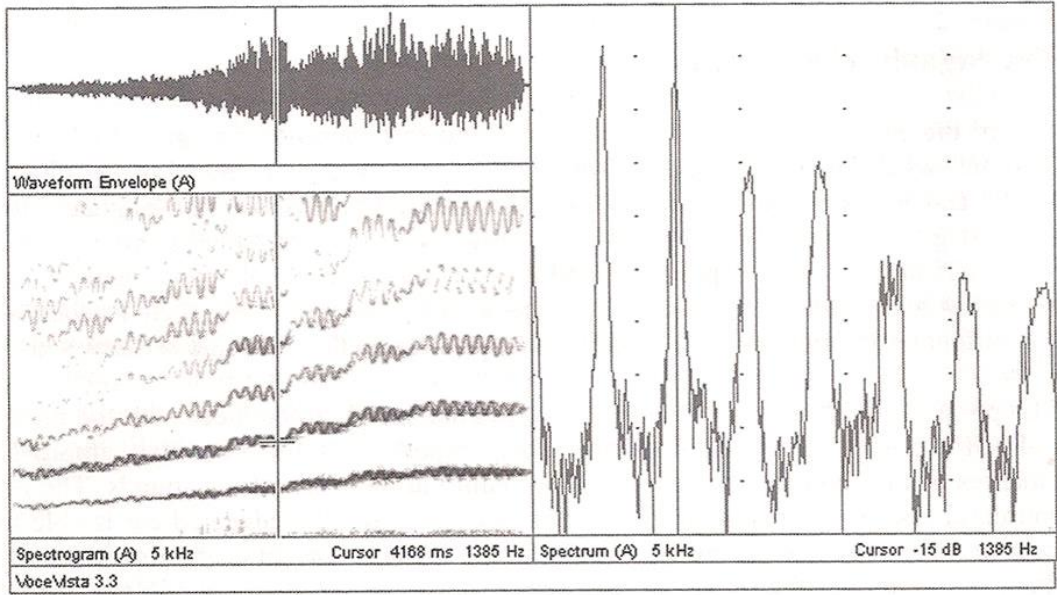
Şan öğrencilerinin bedensel duyuları ile istenilen ses performansı arasındaki ilişkiyi anlamalarına yardımcı olmak için eğitmenler genellikle üretilen tonları duyularla ilişkilendirerek mecazi bir dille geri bildirimde bulunurlar. Son araştırmalar, gerçek zamanlı görsel geri bildirimin bilişsel gelişim ve beceri öğreniminin geliştirilmesinde etkili olduğunu göstererek şan eğitiminde de faydalı bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Araştırmalara göre tarafsız bir makineden gelen, kişisel eleştiri veya şikayet olarak yanlış yorumlanmayacak net ve anlık geri bildirimler almak geri bildirimin daha kolay kabul edilip özümsemesinde etkili olmaktadır (Callaghan v.d., 2004: 2).

Günümüzde ses bilimcileri, şan öğrencileri ve artan sayıda ses öğretmeni **spektrograf** adı verilen bir araç kullanmaktadır. Spektrograf sesi analiz ederek bileşen harmoniklerini ayırtıran ve sesin akustik bilgilerini görsel olarak **spektrogram** adlı bir görsele döken bir yazılımdır. Başka bir deyişle spektrogram, sesin görsel bir temsidir. Bazen **ses baskısı** olarak da adlandırılan spektrogram, müzik notası gibi okunur: zaman soldan sağa doğru ve perdelerin frekansları aşağıdan yukarıya doğru gösterilir (HOWELL, I.: 2014).

Spektral analizde ses kaynağı tarafından yayılan bileşik dalgalar, görsel sinyallere dönüştürülürken bir spektrogram ve bir güç spektrumu ile temsil edilir. Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi Sol alt tarafta bulunan spektrogram yatay ekseninde soldan sağa zamanı, dikey ekseninde ise frekansı göstermektedir. Görüntüde en düşük frekans bandı F_0 , $H1$ veya temel frekanstır ve üstünde yerleşen diğer frekans bandları temel frekansın tam katları olan harmonikleri temsil eder. Örneğin, temel frekans 220 Hz olursa, diğer

harmonikler serisi 440, 660, 880, vb. olur. Program 0.00 Hz ile 10.000 Hz arasındaki tüm frekans değerlerini gösterecek şekilde ayarlanabilir ancak insan sesinin akustik çıktısını içerebilmek için 0.00 Hz ile 5000 Hz arasındaki frekans aralığı yeterlidir (Miller, 2008: 7).

Şekil 4.1. Bb4'ten Bb5'e [a] ünlüsünü söyleyen bir soprano sesin spektrogramı



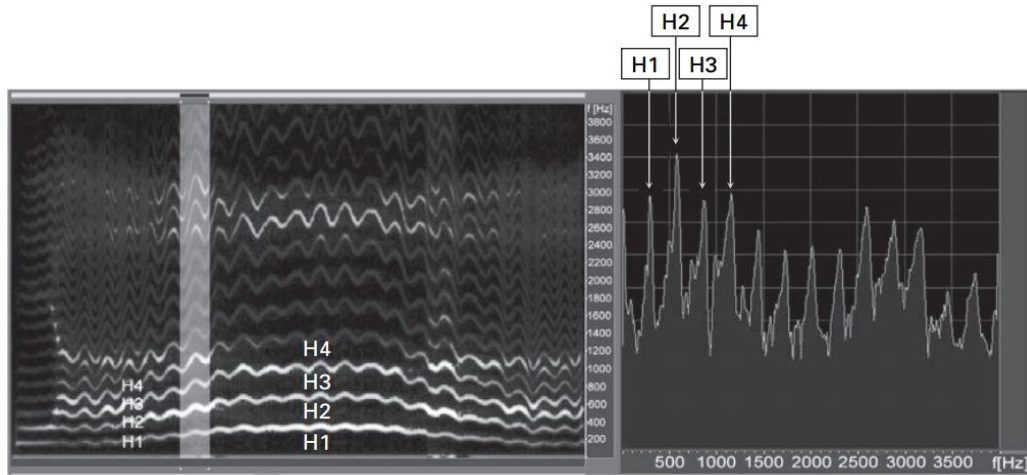
Kaynak: MILLER, D.: 2008, **Resonance in Singing**, Princeton, NJ: Inside View Press, s. 8.

Sağda bulunan güç spektrumu, sırasıyla yatay ve dikey eksenlerde frekans ve amplitüdü ölçerek üretilen sesin çeşitli frekans bileşenlerini (Fo ve soldan sağa hareket eden diğer harmonikleri) ve amplitüd oranlarını göstermektedir. Güç spektrumu, spektrogramın çok dar bir süre dilimi olarak anlaşılabilir. Spektrogramda belirlenen sürenin konumu, taşınır bir kursor ile seçilerek güç spektrumu ekranında o süreye ait olan harmonik bileşenlerinin sayısı ve amplitüd oranları gösterilmektedir. Böylece herhangi bir anda harmonik bileşenlerin hangisinin baskın olup olmadığı ve diğer bileşenlere göre kaç desibel daha güçlü veya zayıf olduğu görülebilir (Miller, 2008: 8). Şekil 4.1.'de kursor, 4168 ms'de, F5 notasına ayarlanmıştır ve güç spektrumunda F5'in ikinci harmoniği 1385 Hz ve -15 desibel'de gösterilmektedir.

Formant ayarlama çalışmalarında sesi harmonik bileşenlerine ayırmak ve ses yolu formantlarının kaynak spektrumu üzerinde olan etkisini anlayıp kontrol etmek için spektral analiz yöntemleri kullanılır. Şüphesiz, spektral analiz akustik prensiplere dayalı olup sesi görselleştirmek için güçlü bir araç olsa da, bilgili ve deneyimli bir ses öğretmenin yerine geçemez. Spektrograflar estetik veya niteliksel bir yargılama yapmaz, ses üretme sürecini değerlendirmez, bu süreç için tetikleyici kavramlar sunmaz, postürel tutumları tespit edemez ve nefes yönetimini değerlendiremez. Spektral analiz, fiziksel koordinasyonun üretilen sesin görüntüye dökülmüş hali ile ilişkilendirilmesini sağlayarak ve yanlış anlaşılma ihtimalini azaltarak eğitim sürecine katkıda bulunur. . Böylelikle sanat ile bilim ve zanaat ile teknoloji, ayrılmaya ihtiyaç duymadan, ses sanatçısının seviyesini yükseltmek için ortak bir işbirliği yapabilirler (Castle, 2014: 36).

Şekil 4.2. 'de F3 - F4 aralığında [a] ünlüsünü söyleyen bir bariton sesin spektrogramı (solda) ve spektrogramdaki dikey ışık şeridine karşılık gelen güç spektrumu (sağda) gösterilmektedir. Spektrogramdaki ışık çizgileri ve güç spektrumundaki karşılıkları, H1, H2, H3 ve H4 harmoniklerinin amplitüdünü vurgulamaktadır.

Şekil 4.2. F3 – F4 aralığında söylenen gamın spektrogramı ve güç spektrumu



Kaynak: NEUMANN, K.: 2005, "The Interplay between Glottis and Vocal Tract during the Male Passaggio", Folia Phoniatri Logop 57, s. 312.

BEŞİNCİ BÖLÜM

ÜNLÜ TENORLARIN REZONANS STRATEJİLERİNDEN ÖRNEKLEMELER

5.1. Formant Ayarlama ve Rezonans Stratejileri

Ses pedagojisi literatüründe, formant - harmonik ilişkisinin etkili bir biçimde uygulanmasının opera şan tekniği ile ses üretimini optimize ettiğine dair fikir birliği vardır. Titze'nin belirttiği üzere; sesinin gücünü arttırmak amacıyla kaynak ses ile ses yolu arasındaki etkileşime dayanmak isteyen bir şarkıcı, harmonik bileşenleri akustik açıdan mümkün olduğunca takviye etmek için ünlüleri akustik kurallarla uygun bir şekilde değiştirmeyi öğrenmelidir (Titze, 2009:1538).

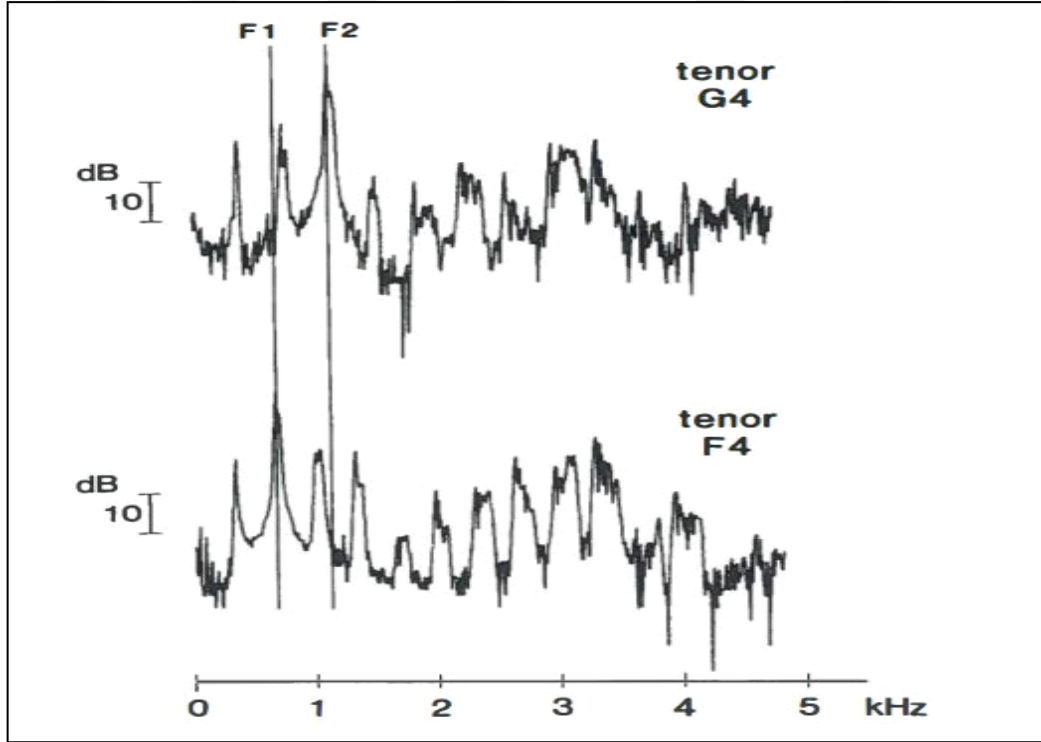
Formant - harmonik ilişkisinin şarkı söylemede uygulanması teorik olarak basittir. Şarkıcı ünlülerin anlaşılabilirliğini kaybetmeden, ses yolu şeklini değiştirerek formant frekanslarını seçici olarak yükseltip azaltabilir. Sesin akustik verimini optimize etmek için formant frekanslarını ses kaynağından gelen harmonikler ile eşleştirmelidir. İster bilinçli ister bilinçsiz bir şekilde başarılı olmuş olsun, bu süreç **formant ayarlama** olarak tanımlanmaktadır (Castle 2014: 23).

Opera şarkıcıları tipik olarak elektronik amplifikasyon yardımı olmadan şarkı söyledikleri halde, çağdaş ticari müzik (CCM) şarkıcıları elektronik amplifikasyondan yararlanırlar ve estetik tercihlerinden dolayı formant ayarlama tekniklerini kullanmazlar. Araştırmalar, çağdaş tarzlarda söyleyen şarkıcıların genel olarak sesin yaklaşık tüm bölgelerinde aynı formant - harmonik ilişkisini izleme eğiliminde olduklarını göstermektedir (Castle 2014: 24).

5.2. Tenor Pasajında Formant Ayarlama

Sesini geliştirmeye çalışan bir erkek klasik şarkıcının karşılaştığı zorluklarından biri de pasaj bölgesinin başarılı bir şekilde yönetilmesidir. Pasaj aralığında F1, söylenen ses perdesinin ikinci harmoniğine (H2) yakındır. Eğitimsiz tenorlar bu bölgede genellikle larenksi yükseltip farenksi daraltmakla F1'in değerini arttırdıkları için, ortaya çıkan ses bağırma gibi algılanıp opera standartlarına göre yanlış bir ses üretimi olarak tanımlanır. Bu yüzden gayretli tenorlar eğitim süreçlerinde, pasaj bölgesinde yer alan tonlarda H2'nin nasıl F1'in üzerine çıkarılacağını öğrenmelidirler. Pasajın üzerinde, F2 ideal olarak üst harmoniklerden birine ayarlanır veya alternatif olarak, SFC sesin baskın rezonansına sahip olur (Ritzerfeld ve Miller, 2015: 1).

şekil 5.1. Bir tenor tarafından [a] ünlüsü ile söylenen Bb3 - Bb4 gamından alınan F4 ve G4 notalarının güç spektrumu



Kaynak: MILLER, D.: 2000, **Registers in Singing**, Wageningen- University of Groningen, s. 139.

5.3. İkinci Pasaj Üzerindeki Stratejiler

İkinci pasajın tam üstünde başarılı tenorlar, ikinci formantı arka ünlülerde H3'e ve ön ünlülerde H4'e ayarlar ancak, ikinci pasajın üzerinde birkaç yarım ton daha ilerledikçe A4 civarında iki farklı strateji uygulanabilir. Bazı tenorlar F2/H3 (veya F2/H4) stratejisini sürdürürken diğerleri baskın rezonansı daha üst bir formanta ayarlayarak daha farklı bir strateji ve daha farklı bir ses kalitesi yaratırlar (Miller, 2008: 79).

Ünlü tenorlar tarafından kullanılan rezonans stratejileri arasındaki farkı anlayıp ayırt edebilmek için, sadece duyulan tonun perdesini değil, aynı zamanda sesin bütünlüğünü oluşturan harmonik bileşenlerini de görmek gerekmektedir. Bu nedenle sesin ölçülebilir akustik unsurlarından elde edilen verileri inceleyebilmek için spektral analiz göstergelerinin kullanılması gerekmektedir. Spektral analiz, ses perdesi ve süre dışında, ses tınısı gibi müzik notasyonu ile açıklanamayan akustik bilgilerin büyük bir kısmını içerir (Miller, 2008: 2).

Donald Miller ve Harm Schutte, Groningen Ses Araştırma Laboratuvarı'nda, Verdi'nin **Aida** Operasındaki tenor kahraman Radames'in 1. aryası **Celeste Aida**'nın son uzun Bb4 notasının 80'den fazla kaydını analiz etmişlerdir. Şekil 5.2.'de gösterilen söz konusu Bb4, tenor repertuarının en tiz notası olmasa da tenor repertuarında çok ünlü ve en çok tartışılan tiz notalardan biridir; özellikle Radames rolü için seçilen tenorlarda sesin sınırına çok yakın bir konumdadır (Miller v.d., 2005: 293).

Şekil 5.2. Celeste Aida aryasının son cümlesinin notası



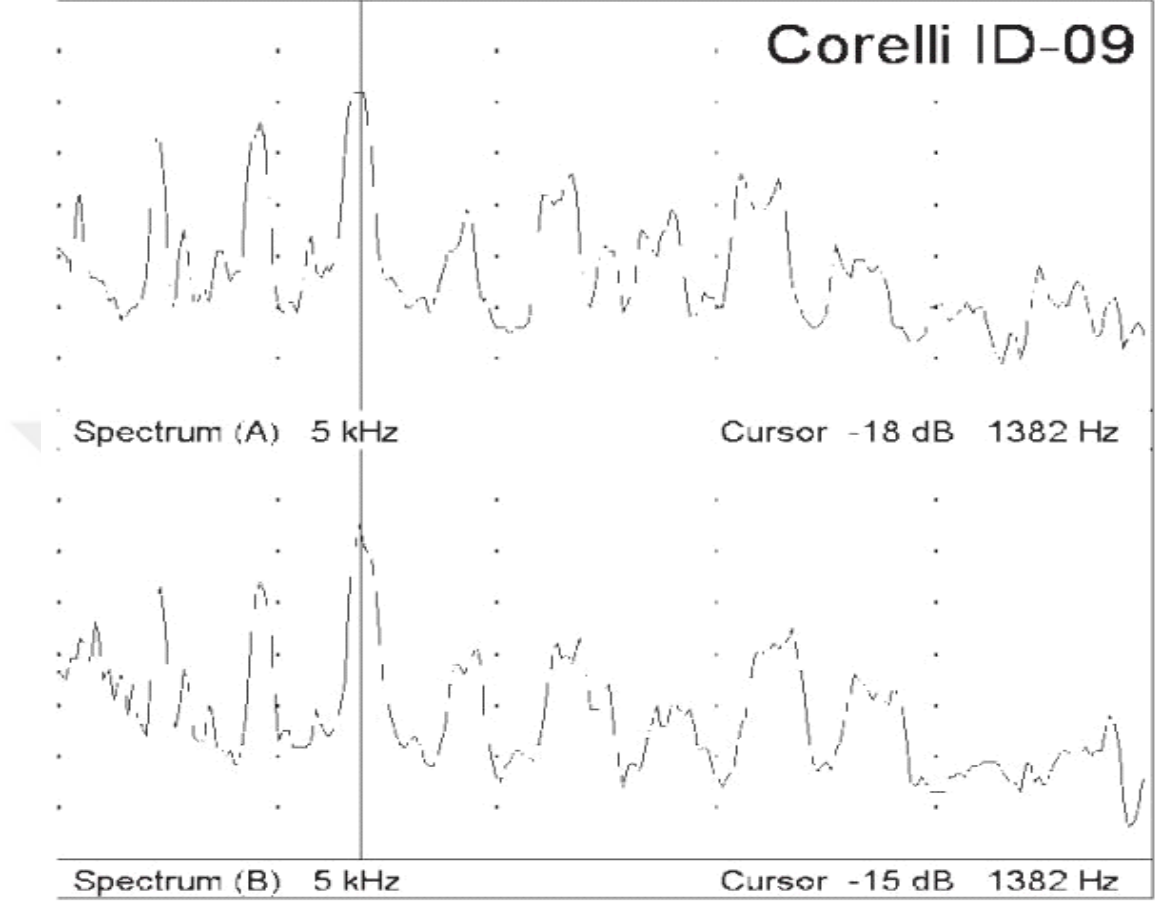
Kaynak: MILLER, D.: 2005, “Resonance Strategies Revealed in Recorded Tenor High Notes”, Folia Phoniatri Logop 57, s. 293.

“Sol” kelimesinin [o] ünlüsüyle söylenen bu zorlayıcı ton orkestranın atağından önce, spektral analiz için gereken ortalama bir güç spektrumunu sağlayacak kadar uzun bir süre duyulur (Miller, 2008: 2).

5.3.1. İkinci Formant Stratejisi

Miller ve Schutte’nin çalışmasında incelenen spektrumlarda ikinci formant rezonans stratejisinin (**Second Formant Strategy**) yaygın olması dikkat çekicidir. Bu stratejide F2’yi H3 ile eşleştirmek için, F2 yaklaşık 1400 Hz civarında olan H3 frekansına yükseltilir. Bu rezonans stratejisini uygulamak için, şarkıcı [o] ünlüsünün ikinci formant frekansını (900 Hz civarında) yaklaşık olarak 500 Hz daha arttırmalıdır. Şarkıcı bunu, F2 değeri Bb4’ün üçüncü harmoniği olan 1400 Hz’e yakın bir ünlü olacak şekilde [o] ünlüsünü değiştirerek sağlar. Araştırmada incelenen otuz üç tenordan yirmi dördü, ikinci formant stratejisini kayıtlarının en az birinde kullanmışlardır. Corelli ve Pavarotti bu stratejinin en belirgin örneklerinden sayılır; hepsinde üçüncü harmonik, diğer harmonik bileşenlere göre en az 12 desibel daha güçlüdür (Miller v.d., 2005: 297).

Şekil 5.3. Corelli'nin Bb4'te kullandığı ikinci formant stratejisi



Kaynak: MILLER, D.: 2005, "Resonance Strategies Revealed in Recorded Tenor High Notes", Folia Phoniatri Logop 57, s. 301.

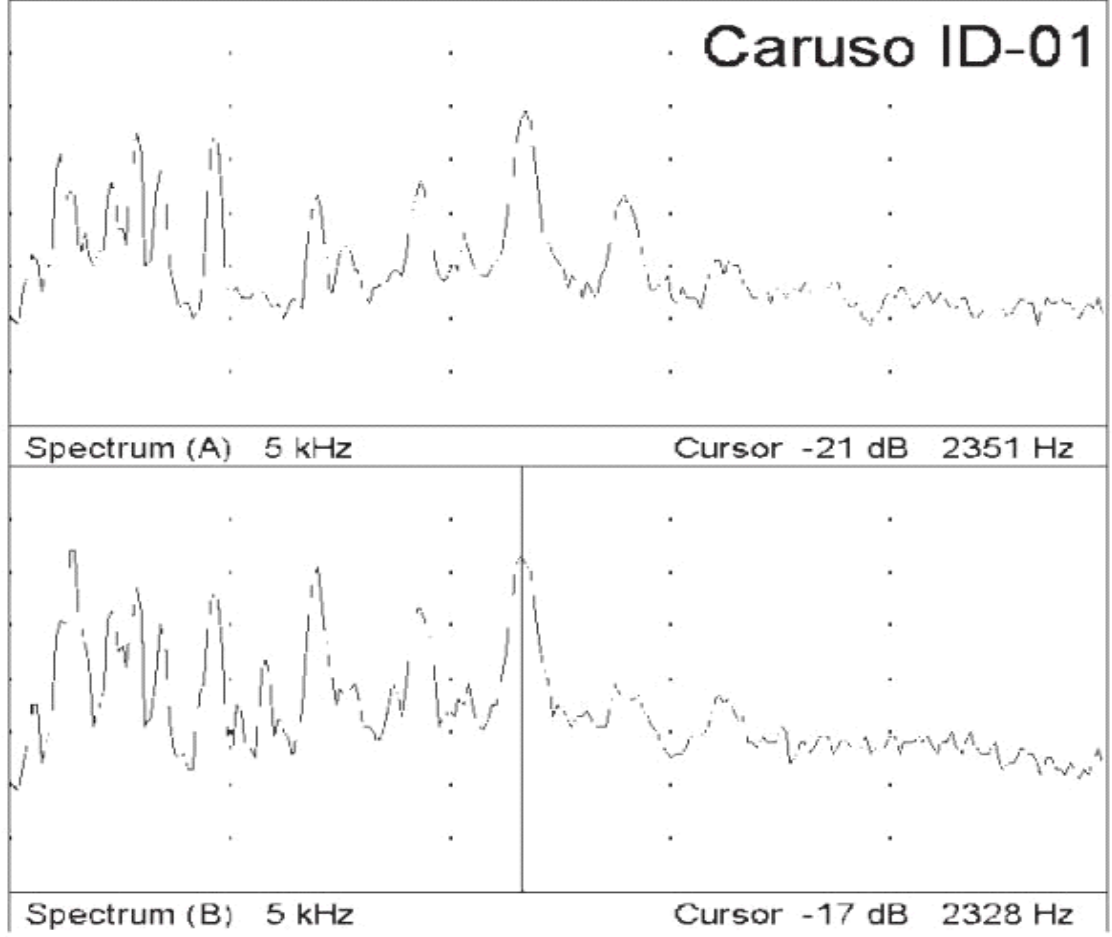
F2 değerinin yükselmesinden kaynaklanan ünlüdeki belirgin değişim, bu rezonans stratejisinin bilinçli bir şekilde kullanıldığına dair açık bir kanıttır. Tenorlar bu işlemi ikinci formant yükseltmesi olarak adlandırmaları bile, ses tınısında sebep olduğu etkiler sebebiyle, ikinci pasaj üzerinde kullanılan en tipik stratejidir ve yaygınlığı nedeniyle, tiz notalar için tenorlar arasında ilk seçenek olarak değerlendirilebilir (Miller v.d., 2005: 297).

5.3.2. Şarkıcı Formantı Stratejisi

Akustik kurallarına göre, formant frekansları yeterince yakın olurlarsa, birbirlerini karşılıklı olarak pekiştirerek aralarına düşen harmonikleri de güçlendirirler. Frekanslar ne kadar yakınsa karşılıklı etkileşim de o kadar güçlü olur. Bu doğrultuda F1 ve F2'den başka bir güçlü rezonans bölgesi de F3, F4 ve F5 formantların toplanmasından oluşan **şarkıcı formantı kümesi (SFC)** denilen bölgedir. Bu bölgeye sesin baskın rezonansı olarak üstünlük veren stratejiye akustik şan pedagojisinde **Şarkıcı Formantı Stratejisi** denilir (Miller, 2008: 79).

Bazı tenor seslerde SFC'nin güçlendirdiği bir harmoniğin baskınlığı, F2 tarafından rezonanse edilmiş bir harmoniğin gücü ile karşılaştırılabilir. Şarkıcı formantı stratejisinde, SFC tarafından güçlendirilen kaynak sesin üst harmonikleri, ikinci formant tarafından güçlendirilen alt harmoniklerden daha güçlüdür. Dolayısıyla bazı tenorlar tarafından öncelik verilen şarkıcı formantı stratejisi, H5 - H7 (2.3-3.3 kHz) aralığında yerleşen harmonikleri güçlendirerek gerçekleşir. Caruso ve Domingo gibi seçkin tenorların tercihi olan bu strateji, karakteristik olarak daha çok dramatik roller için uygun görülen seslerde kullanılmıştır (Miller v.d., 2005: 299).

Şekil 5.4. Bb4 notasında Caruso'nun şarkıcı formantı stratejisi



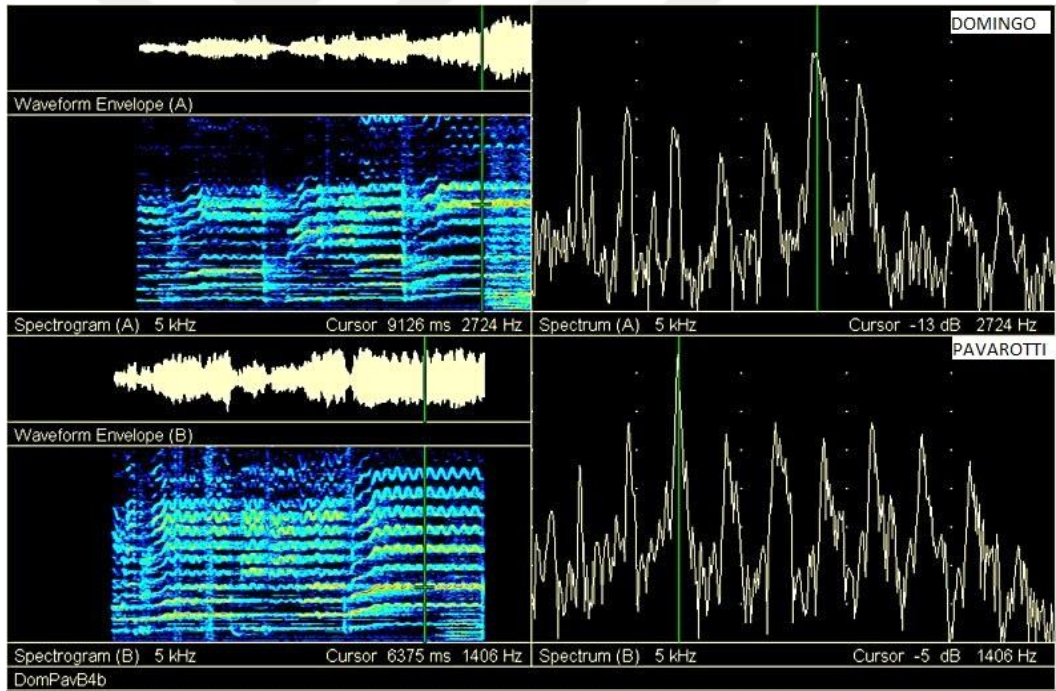
Kaynak: MILLER, D.: 2005, "Resonance Strategies Revealed in Recorded Tenor High Notes", Folia Phoniatri Logop 57, s. 301.

5.4. İki Stratejinin Karşılaştırılması

Bu tezin amacı doğrultusunda Luciano Pavarotti'nin güç spektrumu ile, uzun zaman rakibi Placido Domingo'nun spektrumu arasındaki kontrastı incelemek öğreticidir. Her iki kayıt dinleyicilerde coşku uyandırabilecek, sağlam şekilde üretilmiş bir tiz nota sunmaktadır ve her iki tenor hem canlı performanslarda hem de stüdyo kayıtlarında Radames karakterine uygun olan büyük sesi üretebildiklerini açıkça göstermişlerdir.

Şekil 5.5. **Celeste Aida** ariasının son notası olan Bb4'ün, P. Domingo (üstte) ve L. Pavarotti (altta) kayıtlarından alınmış güç spektrumunu gösterir. Spektrum, orkestra sesinin azaldığı bir andan alındığından, tüm tanımlanabilen harmonikler tenorlara aittir ve orkestra sesleri spektruma dahil olmamıştır. Dikey eksendeki her nokta 10 desibeli temsil eder ve görüldüğü gibi baskın harmonikler diğerlerini 10 desibelden daha fazla aşarak ses gücünün esas kısmını taşır. Kürsör ile belirlenen harmoniklerin frekans ve şiddet ölçümleri spektrumun altında gösterilmiştir.

Şekil 5.5. Domingo ve Pavarotti'nin **Celeste Aida** ariasının son Bb4'ünün güç spektrumları



Kaynak: MILLER, N.: 2014, “Analyzing Voices on Recordings using VoceVista”, (Çevrimiçi)

<http://www.vocevista.com/analyzing-voices-on-recordings-using-vocevista>

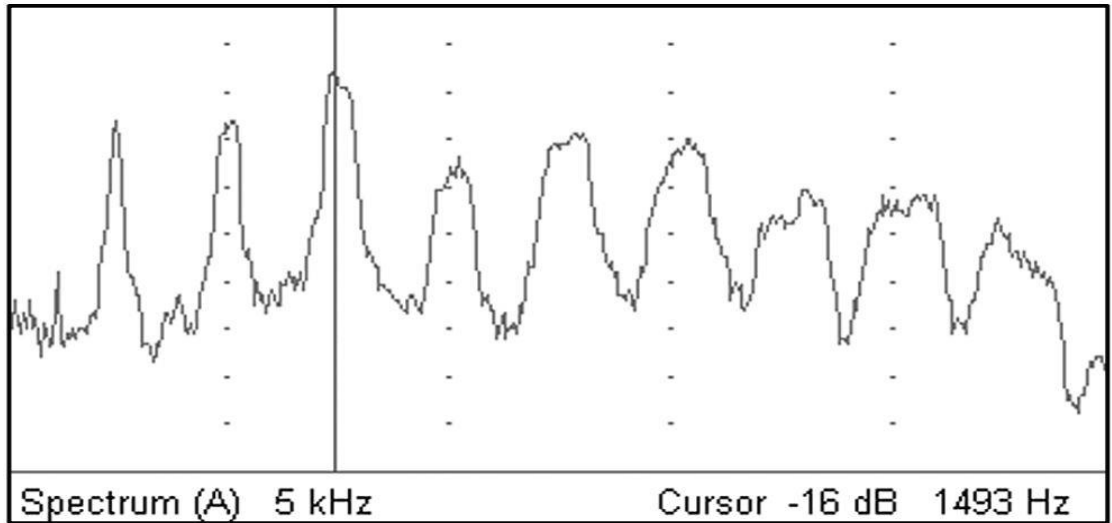
Spektral görüntüler bazı önemli özellik ve farklılıkları ortaya çıkarır. Öncelikle dikkat çeken, üretilen ses şiddetinin bir veya iki harmonik bileşenden ne kadar etkilendiğidir. Böyle bir tiz notayı söylerken rezonans için mevcut harmoniklerin sayısı sınırlı olduğundan her iki tenor akustik güçlerinin büyük bir kısmını tek bir

harmonik üzerine ayarlayarak, net ve özgün bir rezonans stratejisi sergilemişlerdir. Diğer bir sürpriz ise iki strateji arasındaki farklılıktır. Domingo, ses gücünün büyük kısmını 2724 Hz'de SFC ile güçlendirilmiş olan H6'ya dayanarak üretirken, Pavarotti ses gücünün çoğunu, 1406 Hz'de H6'nın bir oktav altında yerleşen H3'ü ikinci formantla eşleştirerek üretir (Miller, 2008: 3).

5.5. Tartışma

İki stratejinin göreceli avantajlarına gelince, Sundberg'in anlattığı gibi, şarkıcı formantı, orkestra sesinin zayıf olduğu bir frekans bandını kaplayarak şarkıcının orkestra sesi tarafından maskelenmesini engeller. Pavarotti tarafından örneklenen tiz notalarda, H3 veya H4 üstündeki rezonansın baskın olmasına ve şarkıcı formantını zayıflamasına rağmen tenorun sesi net ve açık bir şekilde orkestra sesinden seçilerek duyulur. Başka bir örnek Şekil 5.6.'daki Pavarotti'nin **La donna è mobile** ariasında [e] ünlüsü ile söylediği son B4 notasının güç spektrumudur. Burada da Pavarotti, Şekil 5.5.'deki Bb4 spektrumunda gördüğümüz gibi, H3'ü F2 ile eşleştirerek ikinci formant stratejisini kullanmıştır (Miller, 2008: 81).

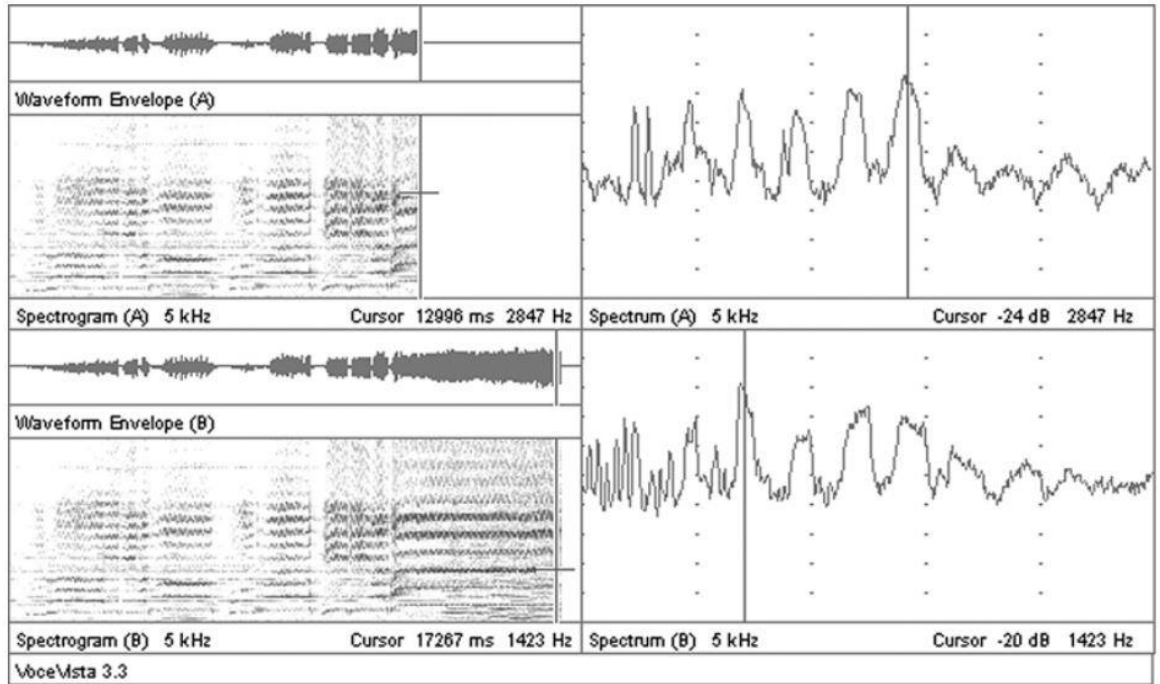
Şekil 5.6. Pavarotti'nin **La donna è mobile** ariasının son B4'ünün güç spektrumu



Kaynak: MILLER, D.: 2000, **Resonance in Singing**, Princeton NJ: Inside View Press, s. 4.

Başka bir bakış açısına göre, ikinci formant stratejisini C5'e kadar takip edebilme yeteneği sıra dışı ve disiplinli uygulamaların sonucu iken, tiz notalarda şarkıcı formantı stratejisinin kullanılması, ikinci formant stratejisinin uygulanmasında yaşanan başarısızlığın bir yansımasıdır. Elbette bir stratejinin uygulanması diğerinin uygulanmasına engel değildir ve başarılı tenorlar duruma göre her iki stratejiyi de kullanabilirler. Örneğin tenor Jussi Björling, her iki rezonans stratejisini benimseyip uygulama konusunda belirgin bir ustalık gösterir. Şekil 5.7. Björling'in **Celeste Aida** ariasının son Bb4'ünde şarkıcı formantı stratejisi ile başlayıp (üstte) ardından crescendo ilerledikçe baskın rezonansı ikinci formant bölgesine (altta) taşıdığını göstermektedir (Miller, 2008: 82).

Şekil 5.7. Jussi Björling'in iki farklı strateji ile söylenen Bb4'ünün güç spektrumu



Kaynak: MILLER, D.: 2000, **Resonance in Singing**, Princeton NJ: Inside View Press, s. 82.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç

Şan eğitiminin asıl amacı, şarkı söyleyerek güzel ve yaratıcı anlatımı sağlamaktır. Bu nedenle doğru şan eğitimi sesin özgürlüğü ve akustik verimliliğini arttırarak sanatsal anlatımı kısıtlamalardan ve sınırlamalardan kurtarmalıdır. Becerikli şarkı söyleme, özgürlük, güç, dinamik esneklik ve güzelliği en üst düzeye çıkararak sanatsal anlatıma hizmet etmelidir. Bu doğrultuda her bir teknik yaklaşım fazla müdahaleci olmadan ve aşırı karmaşık mikro yönetime yol açmadan serbest ifadeyi sağlamalıdır.

Yeni bir kavram öğrenmek veya beceri edinmek (örneğin yeni bir dil öğrenmek veya bir müzik aleti çalmaya başlamak gibi) ilk bakışta göz korkutucu gibi görünse de, ilk zorluklar aşıldıktan sonra başlangıçtaki korkuların gereksiz olduğu anlaşılır. Dolayısıyla akustik ilkelerin şan eğitimi sürecinde kullanılması, alışık olmayan bireylere ilk başta yabancı gelse de biraz dikkat ve ilgi ile kısa zamanda öğrenilebilir.

Vokal akustiğinin şan eğitiminde nasıl kullanılacağını anlamak, eğitim sürecini daha verimli hale getirerek sorunları daha yaratıcı, üretken ve spesifik bir şekilde çözmek için temel oluşturabilir. Vokal akustiği ses pedagojisinin sadece bir kısmı olsa da, ses üretimi ve kalitesinde büyük bir rol oynamaktadır. Ayrıca akustik bilgiler şan öğrencilerinin karşılaştığı birçok vokal zorluğun nedenini açıklayarak çözümlere dair öneriler sunabilir.

Ses biliminin, şan sesi pedagojisine önemli katkılarından biri, rezonans ayarlama sürecine ışık tutmasıdır. Rezonans ayarlaması, en azından içgüdüsel olarak yetenekli şarkıcılar tarafından, diğer müzik aletlerinden gelen sesler karşısında seslerinin duyulabilmesi için uygulanmıştır. Konuşma seslerini üretmek için ses yolunun rezonanslarını değiştirmek çok dikkat gerektirmez, ancak şarkı söylerken estetik olarak kabul edilebilir bir ses üretirken, anlaşılabilir ve doğru telaffuzu sürdürme gerekliliği, şarkıcıları ünlü ve ünsüzleri özen göstererek üretmeye zorlar. Ses yolunu

akustik kurallara uygun olarak şekillendirmek, daha az hava basıncıyla daha fazla gücün üretilmesini; larengeal sistemin ve vibratörün daha kolay ve daha verimli çalışmasını sağlar. Konuşma aralığının üzerinde yerleşen bir aralıkta yeterli büyüklükte bir ses üretmek zorunda olan klasik şancılar mesleklerinde hayatta kalabilmek için ses yolu rezonanslarını ayarlamaya dikkat etmek zorundadırlar.

Bu tezde gösterildiği gibi, neredeyse tüm erkek seslerinin, özellikle tenorların şan eğitiminde karşılaştıkları en büyük engellerden biri, pasaj ve üzerindeki bölgeye tatminkar bir yaklaşım bulmakta yaşadıkları zorluktur. Ses aralığını geliştirip register geçişlerinde ustalıkla daha hızlı ulaşabilmek için spektrogramlar gibi teknolojiler süreç boyunca çok yararlı olabilir ancak, akustik olayların ilkeleri ve öngörülebilir konumları anlaşıldıktan sonra herhangi bir teknolojiye gerek kalmadan akustik pedagoji uygulanabilir.

Birçok seçkin opera tenorunun sanatsal performansının kayıtlarda korunması, standart opera repertuarının icrasında tenorların kullandığı rezonans stratejilerini gözlemlene fırsatı sunmaktadır. Spektral analiz yöntemleri sesin akustik spektrumunu görsel bir biçimde sergileyip harmonikler arasındaki amplitüd farklılıklarına dayanarak, şarkıcıya formant ayarlama ve rezonans stratejisi hakkında faydalı bilgiler sağlar.

Araştırmalara göre **Celeste Aida** ariasının son Bb4'ünün opera standartlarına uygun bir biçimde üretilmesi için söylenen tonun harmonikleri ve ses yolu formantlarının eşleştirilmesinde seçenekler sınırlıdır. Bu seçeneklerden biri ikinci formant ile üçüncü harmoniğin (F2/H3) eşleştirilmesidir. Ünlü tenorların spektrogram görüntülerinden elde edilen bilgilere göre, ikinci formant stratejisi yirminci yüzyılda iz bırakan elit opera tenorlarının büyük bir kısmının pasaj bölgesi ve üzerini yönetmek için belirgin biçimde seçtikleri ve kullandıkları rezonans stratejisidir. Diğer taraftan Radames rolünde sıkça kaydedilen bazı tenorların bu ariayı söylerken tercih ettikleri ikinci bir strateji, H5 – H7 harmoniklerinden birini SFC ile eşleştirmektir. Bu strateji şarkıcı formantı stratejisi olarak tanımlanmaktadır. Genç tenorlar, ünlü tenorların rezonans stratejileri ve estetik tercihlerini açıklayan bu tür

araştırmalardan faydalanarak register geçişlerinde, tiz notalarda ve diğerk sorun yaratan durumlarda, **VoceVista** gibi spektral analiz yazılımlarını kullanarak kendi seslerinin spektral bileşenlerini dikkatli bir incelemeden geçirebilir, tercih ettikleri rezonans stratejilerini kullanıp benzer başarılarla ulaşmak için örnek alabilirler.

neriler

Rezonans stratejilerini teorik olarak anlamakla onu kendi sesinde gerçekleştirmek başka bir konudur. Öğrenci ses üretiminde vücudun bir bütün olarak katılımını anlayıp tecrübe ettiğinde, karakteristik itme ve bağırma sendromundan kurtularak pasaj üzerindeki bölgede güven veren bir teknik geliştirebilir.

Pasaj Bölgesinde evirme İçin nerilen Egzersizler

Pasaj bölgesinde vokal zorluklar yaşayan bir tenor genellikle, çevirmeyi ve tınıyı kapatmayı bilmiyor veya yapamıyor olabilir. Opera standartlarına uygun kapalı tınıyı elde etmek için larenksin aşağı inmesi, farenksin açılması ve dilin sağıklı bir şekilde serbest bırakılması gerekmektedir. Bir tenorun tınısını kapayabilmesi için sesin bazı harmoniklerinin diğerkleri üzerinde seçici olarak nasıl güçlendirilebileceğini öğrenmesi gerekir.

Bölüm 3'te gösterildiğı gibi, ses ilk formant baskınlığından ikinci formant baskınlığına getiğı zaman kapalı tınıya geçer. Tınının kapanması sonucunda daha önce ağız boşluğunda hissedilen rezonans, yumuşak damağın üstüne geçip daha çok sinüs boşluklarında hissedilmeye başlar. Aşağıda tenor seslerin çevirme ve kapalı tınıya geçmesine yardımcı egzersizler verilmiştir. Bu egzersizlerde ğrenci [e] ve [a] gibi geniş ünlülerden [] ve [u] gibi dar ünlülere geçerek F1 değerkini düşürür ve sesin evrilmesini kolaylaştırır. Egzersizler doğru bir biçimde uygulandığında,

öğrenci sesin rezonansının yumuşak damağın üzerine doğru kaydığını hissetmeye başlar.

Tenor seslerin çevrilmesine yardımcı egzersizler:

Four musical exercises for tenor voice, each with a tempo marking of $\text{♩} = 80$ and a 3/4 time signature. The exercises are arranged in two rows of two.

Row 1:

- Exercise 1: Key of D major (two sharps). Notes: D4 (quarter), E4 (quarter), F#4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter), C5 (quarter), D5 (quarter). Vowels: e, ö, e.
- Exercise 2: Key of B minor (two flats). Notes: B3 (quarter), C4 (quarter), D4 (quarter), E4 (quarter), F4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter). Vowels: e, ö, e.

Row 2:

- Exercise 3: Key of D major (two sharps). Notes: D4 (quarter), E4 (quarter), F#4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter), C5 (quarter), D5 (quarter). Vowels: e, ö, e.
- Exercise 4: Key of B minor (two flats). Notes: B3 (quarter), C4 (quarter), D4 (quarter), E4 (quarter), F4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter). Vowels: e, ö, e.

a)

Four musical exercises for tenor voice, each with a tempo marking of $\text{♩} = 80$ and a 3/4 time signature. The exercises are arranged in two rows of two.

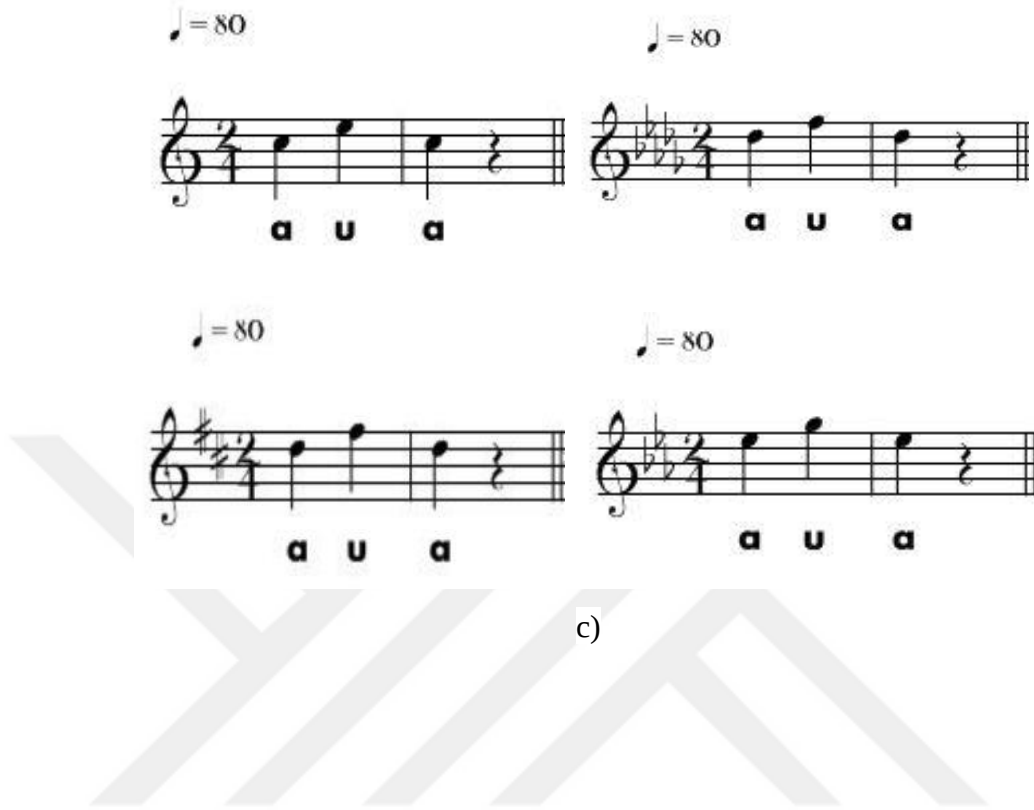
Row 1:

- Exercise 1: Key of D major (two sharps). Notes: D4 (quarter), E4 (quarter), F#4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter), C5 (quarter), D5 (quarter). Vowels: o, u, o.
- Exercise 2: Key of B minor (two flats). Notes: B3 (quarter), C4 (quarter), D4 (quarter), E4 (quarter), F4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter). Vowels: o, u, o.

Row 2:

- Exercise 3: Key of D major (two sharps). Notes: D4 (quarter), E4 (quarter), F#4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter), C5 (quarter), D5 (quarter). Vowels: o, u, o.
- Exercise 4: Key of B minor (two flats). Notes: B3 (quarter), C4 (quarter), D4 (quarter), E4 (quarter), F4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter). Vowels: o, u, o.

b)



c)

İkinci Formant Stratejisinin Uygulanması İçin Önerilen Egzersizler

İkinci formant stratejisinde TA kası diğer stratejilere kıyasla daha aktiftir ve göğüs sesinin oranı nispeten yüksektir. Bu nedenle şarkıcı tiz notalarda daha şiddetli bir ses üretebildiği için opera salonunda daha güçlü ve net duyulur. Ses daha çok larengeal bölgeden dikey bir eksen üzerinde yukarı doğru yumuşak damağın üstünde hissedilir. Şarkıcı ses telleri altındaki basınçlı hava sütununa yaslanarak, tizlere çıktıkça sesin kaynağını daha aşağı iner gibi algılar.

Bu stratejinin uygulanması için farenks esneme pozisyonunda olduğu gibi açık, yumuşak damak ise en yüksek pozisyonunda olmalıdır. Aynı zamanda derin [u] ünlüsü larenks bölgesinde ses ve nefes arasında bir bağlantı kurar ve farenksin maksimum genişlemesi ile beraber sesin tınlaması için geniş bir alan sağlayıp sesin daha yüksek desibellere ulaşmasını sağlar. Bu stratejinin uygulaması doğrultusunda öğrenci aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi [o], [a] ve [u] ünlüleri üzerinde düzenlenen

egzersizlerle yola çıkabilir. Bu ünlüler arka ünlüler kategorisine ait olduklarından ikinci formantın baskın kalmasını sağlarlar ve sesteki **chiaroscuro** dengesinde daha çok **scuro** (koyuluk) niteliğini güçlendirir.

İkinci formant stratejisi için önerilen egzersizler:

Four musical exercises for the second formant strategy, each with a tempo of 80 bpm. The exercises are arranged in two rows of two. Each exercise consists of a musical staff with a treble clef and a 4/4 time signature. The notes are quarter notes, and the exercises end with a whole rest. Below each staff, the vowel sequence 'o _ u o _' is written.

a)

Four musical exercises for the second formant strategy, each with a tempo of 80 bpm. The exercises are arranged in two rows of two. Each exercise consists of a musical staff with a treble clef and a 4/4 time signature. The notes are quarter notes, and the exercises end with a whole rest. Below each staff, the vowel sequence 'a o a _' is written.

b)



c)

Bu stratejinin doğru bir biçimde uygulanması için çok iyi bir nefes kontrolü ve güçlü bir diyafram desteği gerekir. Yanlış bir şekilde uygulanırsa ses rezonans bozukluğuna uğrar ve tiz notalar ulaşılmaz hale gelir; bazı durumlarda geçici ses kaybına bile neden olabilir.

Şarkıcı Formantı Stratejisinin Uygulanması İçin Önerilen Egzersizler

Şarkıcı formantı stratejisini uygulamak için tenor ikinci pasaj noktasının ötesine geçtiğinde, yumuşak damağı hafifçe indirmeli ve dili ileriye taşınmalıdır. Dilin ucu alt dişlerin arkasında otururken gövdesi hafifçe yukarı doğru hareket eder. Dudaklar sanki gülümsüyormuş gibi yanlara doğru çekilir ve tenor bu pozisyonda [e] ünlüsünü söyler. Larenksin aşağıda tutulması şartıyla SFC, H5, H6 ve H7 harmoniklerini güçlendirir. [e] ünlüsünün parlaklığı SFC'nin baskın olmasının sonucudur. [e] ünlüsü şan eğitiminde geleneksel olarak maske olarak da bilinen ön sinüsler bölgesinde hissedilmeye başladığında öğrenci rezonans algısını kaybetmeden yavaş yavaş [e] ünlüsünden [e]-[o] karışımına değişim yapmalıdır. Bu durumda ses [e] ünlüsü sayesinde bir ön rezonansa sahipken [o] ünlüsünün etkisi sonucunda daha yuvarlak olarak duyulur. Başka bir deyişle [e]-[o] karışımı **chiaroscuro** tınısını sağlar. Bu durumda ses sinüs boşluklarında tınıyor gibi hissedilir. Tabii ki ses bir dalga olarak belli fizik kurallarına uyarak yayılır ancak sempatik olarak belirli sinüs boşluklarında

hissedilebilir ve ses eğitiminde yararlı olması için bu hissin fiziksel gerçekliğe karşılık gelmesi gerekmemektedir.

Şarkıcı formantı stratejisi doğrultusunda [e] ve [i] gibi ön ünlülerin kullanımı ve [a] ve [o] gibi arka ünlülerin de ön ünlülere yakın konumlarda hissedilmesi faydalıdır. Aşağıda bu stratejinin uygulaması doğrultusunda egzersizler önerilmiştir.

Şarkıcı formant stratejisi için önerilen egzersizler:

Exercise a) consists of two rows of musical exercises. Each row contains two staves. The left staff is in 2/4 time with a tempo of 148 bpm, and the right staff is in 3/4 time with a tempo of 148 bpm. The notes are: Ni (quarter), a (quarter), e (quarter), i (quarter). The lyrics 'Ni a e i' are written below the notes.

a)

Exercise b) consists of two rows of musical exercises. Each row contains two staves. The left staff is in 2/4 time with a tempo of 148 bpm, and the right staff is in 3/4 time with a tempo of 148 bpm. The notes are: Ni (quarter), a (quarter), e (quarter). The lyrics 'Ni a e' are written below the notes.

b)

Öğrenci rahat ve düşük larenks pozisyonunu bırakırsa sesin alt harmonikleri gücünü kaybeder, sesin vücuttaki destekle olan bağlantısı giderek kopar ve SFC bölgesindeki harmonikler güçlü olmasına rağmen opera salonunda ses küçülüp zenginliğini kaybeder ve duyulmaz hale gelir.

Şarkıcı formantı stratejisinde alt harmoniklerin baskın olmaması nedeniyle ses daha yönsel ve doğrusal bir şekilde yayılır ve dinleyici, sesi direk bir titreşim dalgası gibi algılar. Bu nedenle şarkıcı formantı stratejisini kullanarak tiz notalar veren tenorlar opera salonunda arkaya döndüklerinde sesin şiddeti belli bir oranda düşer. Aksine Corelli, Pavarotti gibi ikinci formant stratejisini kullanan tenorlarda ses daha kuşatıcı ve çevreleyen bir karaktere sahip olduğundan sesin şiddeti şarkıcının konumuna göre nispeten sabittir.

Bu tez, bilim ile ses eğitiminin ilginç ve son derece uygulanabilir bir şekilde nasıl buluşabileceğini göstermeyi hedeflemektedir. Teknoloji ve ses bilimindeki gelişmeler sayesinde, spektrogramları ses eğitimi geliştirmek için bir araç olarak kullanmak artık herkes için mümkündür. Tez bu doğrultuda öğretmenleri ve şan öğrencilerini özellikle de tenorları, bu çalışmada incelenen rezonans stratejileri hakkında kendi araştırmalarını yapmaya teşvik eder. Umarım bu tez, şan sesinin nasıl işlediğine dair daha derin bir anlayışa sahip olmak isteyen herkes için yararlı olup, okuyuculara şan sesiyle ilgili gelecek çalışmalar için makul ve gerçeğe dayalı bir temel oluşturabilmiştir.

KAYNAKÇA

- ACOUSTICS “Learning to Perceive”, (Çevrimiçi)
LEARNING, Inc.: <http://www.aruffo.com/eartraining/research/phase8a.htm>, 7
t.y. Temmuz 2019.
- BOZEMAN, K. “on the Voice: Registration Strategies for Training the Male
W.: 2008 Passaggio”, **American Choral Directors Association**, The
Choral Journal, Vol. 48, No. 12, s. 59-72
- BOZEMAN, K. “The Role of the First Formant in Training the Male Singing
W.: 2010 Voice”, **National Association of Teachers of Singing**,
Journal of Singing, Volume 66, No. 3, s. 291–297
- BOZEMAN, K. “Acoustic passaggio pedagogy for the male voice”,
W.: 2012 **Logopedics Phoniatrics Vocology**, ISSN 1651-2022
online, s. 1 – 6
- BOZEMAN, K. **Practical Vocal Acoustics**, PENDRAGON PRESS
W.: 2013 Hillsdale, NY, VOX MUSICÆ: The Voice, Vocal
Pedagogy, and Song No. 9
- BUNCH, M.: 2003 **Dynamics of the Singing Voice**, Springer-Verlag Wien
GmbH, Fourth Edition
- CALLAGHAN, J., “The science of singing and seeing”, **Proceedings of the**
THORPE, W. ve J. **Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM04)**, s.
VAN DOORN: 1– 10
2004

- CASTLE, T.: 2014 “Shifting Gears: Formant Tuning Strategies of Elite Operatic Baritones”, **Shenandoah Conservatory Winchester**, VA, s. 20 – 26
- DIMON, T.: 2018 **Anatomy of The Voice: An Illustrated Guide for Singers, Vocal Coaches, and Speech Therapists**, North Atlantic Books Berkeley, California
- ENCYCLOPEDIA
BRITANNICA:
2019 “Vowel Phonetics”, (Çevrimiçi)
<https://www.britanica.com/topic/vowel/images-videos>, 24
mayıs 2019
- FILLEBROWN,
T.: 2006 **Resonance in singing and speaking**, The Project Gutenberg
eBooks
- GASSER, M.: “Vowels”, (Çevrimiçi)
2009 <http://www.indiana.edu/~hlw/PhonUnits/vowels.html>, 2
Mart 2019.
- HOWELL, I.: 2014 “A Spectrogram Primer for Singers”, (Çevrimiçi)
<http://vocped.ianhowell.net/a-spectrogram-primer-for-singers/>, 20 Mayıs 2019.
- LAVER, J.: 1994 **PRINCIPLES OF PHONETICS**, Cambridge University
Press

- LESSAC, A.:1996 **The Use and Training of the Human Voice: A bio – dynamic approach to vocal life**,Third Edition McGraw Hill
- MCCOY, S.: 2012 **Your Voice: An Inside View**, Inside View Press; 2nd edition
- MILLER, D. G.: **Registers in Singing; Empirical and Systematic Studies in the Theory of the Singing Voice**, Ponsen & Looijen BV, Wageningen, University of Groningen
- MILLER, D. G.: **Resonance in Singing: Voice Building through Acoustic Feedback**, Inside View Press, Princeton, NJ
- MILLER, N.: “Analyzing Voices on Recordings using VoceVista”, (Çevrimiçi) <http://www.vocevista.com/analyzing-voices-on-recordings-using-vocevista/>, 13 Haziran 2019.
- MILLER, R.: 1986 **The Structure of Singing**, Schirmer Books, NY
- MILLER, R.: 1992 **Training Tenor Voices**, Schirmer Books, NY
- NCVS: t.y. “Voluntary Register Changes”, **The National Center for Voice and Speech, Tutorials - Voice Production**, (Çevrimiçi) <http://www.ncvs.org/ncvs/tutorials/voiceprod/tutorial/voluntary.html>, 26 Şubat 2019.

- NEUMANN, K. v.d.: 2005 “The Interplay between Glottis and Vocal Tract during the Male Passaggio”, **Folia Phoniatr Logop** 57, Clinic for Phoniatrics and Pediatric Audiology, University of Frankfurt/Main, s. 308–327
- RITZERFELD, W. ve MILLER, D. G.: 2015 “Formant Tuning and Feedback in the Male Passaggio”, **Creative Commons** CC-BY-NC-ND 4.0, s. 1–2
- SCHUTTE, H. K, MILLER, D. G. ve DUIJNSTEE, M.: 2005 “Resonance Strategies Revealed in Recorded Tenor High Notes”, **Folia Phoniatr Logop** 57, s. 292–307
- SEVY, A.: 2019 “Hoarseness”, Baylor College of Medicine, (Çevrimiçi) <https://www.bcm.edu/healthcare/care-centers/institute-voice-swallowing/conditions/hoarseness> , 15 Mayıs 2019.
- SUNDBERG, J.: 1977 “The Acoustics of the Singing Voice”, **Scientific American**, Vol. 236, No. 3, s. 82-91
- SUNDBERG, J.: 1987 “Vocal Tract Resonance In Singing”, **THE NATS JOURNAL**, Revised version of a paper presented at the International Congress of Voice Teachers, Strasbourg, France, s. 11- 13
- SUTHERS, R. v.d.: 2016 **Vertebrate sound production and acoustic communication**, Springer Handbook of Auditory Research, Volume 53

- TITZE, I. R.: 2008 “The Human Instrument”, **SCIENTIFIC AMERICAN**, s. 94–101
- TITZE, I. R. ve WORLEY, A. S.: 2009 “Modeling source-filter interaction in belting and high-pitched operatic male singing”, **Acoustical Society of America**, s.1530 –1540
- UNSW MUSIC ACOUSTICS: 2019 “What is a Sound Spectrum?”, School of Physics, The University of New South Wales (Çevrimiçi) <https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/sound.spectrum.html>, 22 Nisan 2019.
- VOICE SCIENCE WORKS: 2019 “Harmonics vs. Formants”, (Çevrimiçi) <https://www.voicescienceworks.org/harmonics-vs-formants.html>, 17 Mart 2019.
- VOICE SCIENCE WORKS: 2019 “Resonance”, (Çevrimiçi) <https://www.voicescienceworks.org/resonance.html>, 25 Haziran 2019.
- ZHAOYAN, Z.: 2016 “Mechanics of human voice production and control”, **The Journal of the Acoustical Society of America**, 140, s. 2614–2635