

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**TIP FAKÜLTESİ**  
**KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**

**SES ANALİZİNDE KULLANILAN AKUSTİK PARAMETRELER**

**Dr. Selman SARICA**  
**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**KAHRAMANMARAŞ – 2012**

T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

SES ANALİZİNDE KULLANILAN AKUSTİK PARAMETRELER

Dr. Selman SARICA  
TIPTA UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN  
Prof. Dr. Mehmet Akif KILIÇ

KAHRAMANMARAŞ - 2012

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**

**Tıp Fakültesi Dekanlığı'na**

**Arş. Gör. Dr. Selman SARICA** tarafından hazırlanan "**Ses Analizinde Kullanılan Akustik Parametreler**" adlı bu tezin Tıpta Uzmanlık tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Prof. Dr. Mehmet Akif KILIÇ  
Kulak Burun Boğaz A.D. Başkanı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz **Anabilim Dalında** Tıpta Uzmanlık tezi olarak 29.03.2012 tarihinde kabul edilmiştir.

**Tez Değerlendirme Jüri Tutanağı:**

Başkan Prof. Dr. Mehmet Akif KILIÇ

Kulak Burun Boğaz A.D.  
Başkanı

Üye Prof. Dr. İlhami YILDIRIM

Kulak Burun Boğaz A.D. Öğr.  
Üyesi

Üye Yrd. Doç. Dr. Mehmet KELLEŞ

Kulak Burun Boğaz A.D. Öğr.  
Üyesi

İmza:



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tarih : 29 / 03 / 2012

**Prof. Dr. Durmuş DEVECİ**

Dekan

Bu tez, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi tez yazım ve basım yönergesine uygundur.

## TEŞEKKÜR

İhtisasıma başladığım günden itibaren asistanı olmakla övündüğüm, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, derin hoşgörü anlayışı ve deneyimi ile eğitimimi yönlendiren, iyi bir hekim olarak yetişmem için gayret gösteren, insani değerleri ile örnek aldığım tezimin danışmanlığını yapan değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Akif Kılıç'a

Beş yıllık asistanlık eğitimim süresince; mesleki konulardaki bilgi birikimini ve tecrübelerini büyük sabır ve özveriyle aktaran, cerrahi ve teorik bilgilerimin gelişmesinde büyük katkıları olan, Prof. Dr. İlhami Yıldırım'a en derin saygı ve şükranlarımı arz ederim.

Eğitimim süresince sevgi ve dostluklarını benden esirgemeyen, birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum sevgili asistan arkadaşlarıma, KBB kliniğinin tüm hemşire ve personeline de en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Tüm mesleki ve özel yaşamımda hep yanımda olan, sevgisi ve fedakarlığı ile eksikliğini bir an dahi hissetmediğim eşim Selma'ya ve tatlılığıyla tüm sıkıntıları unuttururan biricik kızım Feriha Sena'ya çok teşekkür ederim.

Dr. Selman SARICA

2012

## ÖZET

Konuşmanın hammaddesi olan ses, ruh ve beden sağlığının barometresi gibidir. Ses, sadece ses kıvrımlarındaki lezyonlarından değil, kişinin psikolojik sorunlarından da etkilenir. Ses hastalarının yoğun olarak başvurduğu polikliniklerde ses bozukluklarının nerede ise yarısının altında psikolojik sorunlar yatmaktadır.

Bu çalışmada ses bozukluğu olan hastaların değerlendirilmesinde kullanılan farklı analiz programlarını ve bu programlar ile ölçülen farklı parametreleri karşılaştırarak hangi parametrelerin daha güvenilir olduğunu araştırdık. Ses hastalıkları polikliniğimize Ocak 2011 ile Aralık 2011 tarihleri arasında başvuran 132 hasta ve 36 sağlıklı gönüllü çalışmamıza dahil edildi. Arşivde yer alan bu hastalara ait uzun [a] sesleri (2 ya da 3 s'lik); MDVP, Dr Speech Vocal Assesment, Praat, LingWAVES, Voxmetria, TF32, Chaos Data Analyzer ve SpeechTool programları kullanılarak analizleri yapıldı. Ayrıca LingWAVES yazılımının Vospector modülü ve Dr Speech Vocal Assesment programlarından yararlanılarak algısal analizleri yapıldı. Çalışmada kullandığımız sekiz analiz programı ile toplam 58 parametre ölçüldü. Aynı ve farklı gruplarda yer alan parametrelerin kendi aralarındaki korelasyon değerleri ölçüldü.

Çalışmamızda programlar arasında temel frekans (F0) parametresi en uyumlu parametre idi. TF32 programı ile ölçülen F0 parametresi dışında diğer programların F0 parametrelerinin korelasyon değeri çok yüksek izlendi.

Frekans pertürbasyon parametrelerin karşılaştırılmasında ise MDVP ile Praat, VoxMetria ile LingWAVES arasında çok iyi korelasyon izlenirken MDVP ile Dr. Speech frekans pertürbasyonları arasında iyi bir korelasyon izlendi.

Amplitüt parametrelerinin karşılaştırılmasında MDVP ile Praat, VoxMetria ve TF32 programları arasında çok iyi korelasyon izlendi.

Spektral parametrelerde ise Dr. Speech programında NNE ile HNR parametresi arasında iyi derecede korelasyon ilişkisi izlendi.

Praat tarafından ölçülen shimmer local db parametresinin, MDVP'nin ShdB, shimmer, APQ, NHR, PPQ, jitter; VoxMetria'nın shimmer, irregularity; LingWAVES'in irregularity; Dr Speech'in shimmer ve HNR parametreleri ile uyumlu olduğu gözlemlendi ( $0,75 < r < 0,91$ ).

Yine Praat tarafından ölçülen shimmer local parametresinin, MDVP'nin ShdB, shimmer, APQ, NHR, Dr. Speech'in shimmer, VoxMetria'nın shimmer ve irregularity parametreleri ile uyumlu olduğu izlendi ( $0,77 < r < 0,89$ ).

MDVP tarafından ölçülen Shdb parametresinin VoxMetria'nın correlation, irregularity; Praat'ın shimmer local dB, shimmer local, jitter RAP; TF32'nin jitter ve shimmer parametreleri ile uyumlu olduğu gözlemlendi ( $0,77 < r < 0,93$ ).

Ses analizlerinde kayıt için kullanılan yazılım ve donanımın farklı olması ölçülen sonuçların farklı çıkmasında önemli bir etkidir. Standart bir donanım ve yazılım kullanılarak kaydedilen ses üzerinde ölçüm yaparak bu sakınca ortadan kaldırılmış, programlar arasındaki farklılık ön plana çıkarılmıştır. MDVP ve Praat programlarının pek çok parametrede birbiri ile uyumlu olması ölçümlerin tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Akustik, Ses analizi, Ses bozuklukları, Jitter, Shimmer

## ABSTRACT

Voice as the raw product of speech is like a barometer of psyche and body health. Voice is not only affected by lesions of vocal folds but also affected by person's own psychological status. Almost half of patients with voice disorders referred to clinics have underlying psychological problems.

In this study we compared different analysis programs and parameters used for investigating voice disorders. To reveal which of them were reliable. One hundred thirty two patients referred to our voice clinic and 36 healthy volunteers between January 2011 to December 2011, were enrolled in the study. The archived long (2 or 3 seconds) [a] vowels vocalized by the subjects were analyzed by MDVP, Dr Speech Vocal Assessment, Praat, LingWAVES, VoxMetria, TF32, Chaos Data Analyzer and Speech Tool programs. Also Ling WAVES's Vospector module and Dr. Speech Vocal Assessment programs used for perceptual analysis. Eight analysis programs used and total 58 parameters were measured. Correlation between the values and parameters were calculated.

It was found that the fundamental frequency (F0) was the most consistent parameter, correlation coefficients between F0 values measured by eight different programs were higher. F0 parameters correlation values were found very high except for TF32.

There were very good correlation observed in the MDVP, Praat, VoxMetria and LingWAVES in the comparison of frequency perturbation parameters. Furthermore there were very good correlation observed between MDVP and Dr. Speech about the frequency perturbations.

There were very good correlation in the comparison of amplitude parameters between MDVP and Praat, and VoxMetria and TF32 programs.

There were very good correlation in the Dr. Speech program between NNE and HNR spectral parameters.

There were very high correlation parameters among in the shimmer local db parameter measured by Praat program; ShdB, shimmer, APQ, NHR, PPQ and jitter parameters measured by MDVP program; shimmer and irregularity parameters measured by Vox Metria program; irregularity parameter measured by Ling WAVES program; shimmer and HNR parameters measured by Dr. Speech program ( $0.75 < r < 0.91$ ).

Also there were very high correlation parameters among in the shimmer local parameter measured by Praat program; ShdB, shimmer, APQ and NHR parameters measured by MDVP program; shimmer and irregularity parameters measured by VoxMetria program; shimmer parameter measured by Dr. Speech program ( $0.77 < r < 0.89$ ).

There were very high correlation parameters among in the ShdB parameter measured by MDVP program; correlation and irregularity parameters measured by Vox Metria program; shimmer local db, shimmer local and jitter RAP parameter measured by Praat program; jitter and shimmer parameters measured by TF32 program ( $0.77 < r < 0.93$ ).

Different hardware and software used for voice recording analysis is important factor for different results. Using standard hardware and software for voice recording have prevented inconvenience recording of voice. However the differences between programs have come forward. Most of the parameters of MDVP and Praat program are compliant with each other. This shows us the recordings are consistent.

**Key words:** Acoustics, sound analysis, voice disorders, Jitter, Shimmer



## İÇİNDEKİLER

<u>Sayfa No</u>	
	KABUL VE
	ONAY.....i
	TEŞEKKÜR.....ii
	ÖZET.....iii
	İNGİLİZCE ÖZET.....v
	İÇİNDEKİLER.....vii
	1. GİRİŞ ve AMAÇ.....1
	2. GENEL BİLGİLER .....3
	2.1. Solunum Anatomisi.....3
	2.1.1. Trakea.....4
	2.1.2. Bronşlar.....4
	2.1.3. Akciğerler.....5
	2.1.4.Plevra.....5
	2.1.5. Diyafram.....6
	2.2. Solunum Fizyolojisi.....6
	2.3. Fonasyon Anatomisi.....7
	2.3.1. Larenks Anatomisi.....7
	2.3.1.1. Larenks kıkırdakları.....8
	2.3.1.2. Larengeal eklemler.....12
	2.3.2.3. Larenksin ligaman ve membranları.....13
	2.3.2.4. Larenksin kasları.....14
	2.3.2.5. Larenksin lümeni.....18
	2.3.2.6. Larenksin kanlanması.....21
	2.3.2.7. Larenksin inervasyonu.....22
	2.3.2.8. Larenksin lenfatikleri.....23
	2.4. Fonasyon Fizyolojisi.....24
	2.4.1. Larenks Fizyolojisi.....24

2.4.2. Ses oluşumu.....	27
2.4.3. Ses Kıvrımlarının Vibrasyonu .....	31
2.4.4. Ses Yolunun Supralarengeal Bölümleri.....	33
<u>Sayfa No</u>	
2.5. Sesin Fiziksel Özellikleri.....	35
2.6. Sesin Klinik Değerlendirilmesi.....	38
2.6.1. Subjektif İnceleme Yöntemleri.....	38
2.6.2. Algısal Değerlendirme Amacı ile Objektif Yöntemlerin.....	41
Kullanılması	
2.6.3. Objektif İnceleme Yöntemleri.....	42
2.6.3.1 Görsel Dokümantasyon .....	42
2.6.3.2. Ses Kıvrımlarının Vibrasyon Paternlerinin	
Değerlendirilmesi.....	43
2.6.3.3. Elektromiyografi.....	48
2.6.3.4. Aerodinamik Analiz.....	48
2.6.3.5. Akustik Analiz.....	50
2.6.3.6. Spektrum Analizi.....	58
2.6.3.7. Fonetogram.....	59
2.6.3.8. Nonlineer dinamik analiz .....	59
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	60
4. BULGULAR.....	68
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	76
7. KAYNAKLAR.....	80
8. SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	87
9. ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ.....	88
10. TABLOLAR DİZİNİ.....	89
11. EKLER	

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ses, doğadaki esnek cisimlerin titreşiminden oluşan fiziki bir enerjidir. Katı, sıvı ve gaz ortamlarında sıkışma-seyrelme dalgaları şeklinde ilerler. İnsan sesi ise ses kıvrımlarının titreşimi ile ortaya çıkar. Ses yolunda işlenmesi ile de kompleks bir fonksiyon olan konuşma oluşur. Konuşma yeteneği, çevre ile iletişim kurmanın ve kendini ifade etmenin sözlü bir biçimi olup insanları diğer canlılardan ayıran, en önemli özelliklerindedir.

Ses üzerine yapılan kayıtlı ilk çalışmalar MÖ. beşinci yüzyıla kadar uzanmaktadır. Hipokrat fonasyon ortaya çıkmasında akciğerlerin, trakeanın, dudakların ve dilin önemini vurgulamıştır. Larengoloji ve ses biliminin kurucusu olarak kabul edilen Claudius Galen konuşma ile sesi birbirinden ayırmış ve larenksi tanımlamıştır. Ferrein 1741 yılında yaptığı hayvan çalışmaları ile ses kıvrımların ses oluşumunda en önemli organ olduğunu ilk vurgulayan araştırmacılardandır (1). Antik çağlardan günümüze zaman içerisinde ses oluşumunun kompleks akustik bir fenomen olduğu anlaşılmıştır. Bozukluğu durumunda ise fizik muayene bulgularına ek olarak çeşitli cihaz ve ekipmanlar yardımı ile teşhise ulaşmak daha kolay bir hal almıştır.

İnsan konuşması ağız, farenks, larenks, akciğer, diyafram, boyun ve karın kaslarının koordine aktivasyonunu gerektirir. Bu koordinasyon planı motor korteksteki presentral girustan başlayıp, spinal kord ve beyin sapındaki motor nükleuslarla ilgili yapılara iletilir (2).

Konuşma; fonasyon, rezonans ve artikülasyon olarak üç temel ögeden oluşur. Fonasyon ses kıvrımlarının titreşimi ile ses oluşmasıdır. Bu süreç nefes almakla başlar sonrasında ses kıvrımları orta hatta yan yana gelir. Nefes vermenin ses kıvrımlarını laterale yer değiştirinceye kadar subglotik basınçta artışa sebep olması, hava yolundaki elastisite, ses kıvrımlarındaki direnç ve kıvrımlardan geçen havanın akım hızı gibi glottal seviyede birçok faktör ses oluşumunu etkiler (2). Ses kıvrımları tarafından oluşturulan sesin uzatılması, artırılması ve filtrelenmesi ile rezonans oluşur. Ses kıvrımlarından dudaklara kadar olan ses yolunun dinamik hareketleri sonucu glottik sesin konuşma sesine dönüşümü de artikülasyonu tanımlar.

Ses kıvrımlarının titreşiminde temel unsur mukozal dalgadır. Mukozal dalgalanmanın bozulması ise sesin kalitesine zarar verir. Titreşimi bozan organik ya da

fonksiyonel patolojiler sesin akustik parametrelerinde de değişikliğe yol açmaktadır. Akustik analiz ses dalgalarının incelenmesinde güvenilir olmakla birlikte farklı patolojilere spesifik değildir.

Çalışmamızda ses ve konuşma bozukluğu ile Kahramanmaraş Tıp fakültesi KBB AD'ye başvuran hastaların ses kayıtları CSL, Dr. Speech, Praat, LingWAVES, Voxmetria, TF-32, Chaos analiz (Chaos Data analyzer professional version) ve SpeechTool programları kullanılarak objektif akustik analizleri yapılmıştır. Ayrıca seslerin LingWAVES yazılımının Vospektor modülü ve Dr. Speech programının ses değerlendirme bölümü kullanılarak objektif algısal analizleri de yapılmıştır.

Bu tezin amacı ses ve konuşma bozukluğu olan hastaların değerlendirilmesinde kullanılan farklı parametreleri ve farklı analiz programlarını karşılaştırarak hangi parametrelerin daha güvenilir olduğunu ve hangi programın daha doğru sonuç verdiğini belirlemektir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Solunum Anatomisi

Solunum hücresel düzeyde hücresel oksidatif metabolizma, organizma düzeyinde ise gaz değişim yüzeylerinin, yani akciğerlerin atmosfer havası ile dolması demektir. Atmosfer havasını alveollere ulaştıran hava yolları; burun, nazal kavite, paranasal sinüsler, ağız, farenks, larenks, trakea, bronşlar ve bronşiolardan oluşur. Hava yollarının ses kıvrımları hizasının üstünde kalan parçası üst hava yolu, altta kalan parça alt hava yolu olarak adlandırılır (3).

Akciğerler göğüs kafesi ile çevrilmiştir. Göğüs iskeleti sternum, 12 torakal vertebra ve 12 çift kaburgadan oluşur. Klavikula ve skapulalar omuz bölgesine ait olup, solunumda endirekt olarak görev alırlar. Soluk alma sırasında diyafram aktif olarak aşağı hareket eder, göğsün üst kısmının transvers ve anteroposterior çapları artar. Göğsün bu şekilde genişlemesi inspirasyon kaslarının aktif kasılması ile olur. Toraksın genişlemesi intraplevral basıncı atmosferik basıncın altına düşürür. Basınç farkı nedeni ile hava atmosferden ağız, burun, farenks, larenks ve trakeadan geçerek alveollere ulaşır. İspirasyon kaslarının istirahat haline dönmesi ile akciğerlerin esnekliği ekspirasyonu oluşturur (3, 4).

İstirahat halinde solunum burundan olur, konuşma ve şarkı solunumunda ise daha çok ağızdan soluk alınıp verilir. İspirasyonun primer kası olan diyafram istirahat halindeki sakin solunumda yaklaşık bir cm kadar aşağıya inerken zorlu solunumda bu alçalma 10 cm kadar artabilir. Diyaframa ek olarak anterior, mediyus ve posterior skalen kaslar, dış ve iç interkostal kaslar görev alır. Diyafram fonasyon olmadan istirahat halindeki solunum volümünün 2/3'ünü karşılar. İspirasyon aktif bir olay iken ekspirasyon, kasların dinlenme durumlarına dönmeleri ve toraks boyutunun azalmasını sağlayan pasif güçler tarafından oluşturulur. Pasif güçler, yer çekimi, kaburgaların, akciğerlerin ve iç organların elastik geri çekilmeleridir. Zorlu ekspirasyonda pasif güçlere ek olarak abdominal kaslar görev alır. Zorlu inspiyumda istirahat halinde görev alan kaslara ek olarak major ve minör pektoral kaslar, *latissimus dorsi*, *serratus*

*posterior superior, sternocleidomastoideus, trapezius, rhomboideus major-minör, levator scapulae* ve *deltoideus* kasları görev alır (3, 4, 5).

### 2.1.1 Trakea

Trakea altıncı servikal vertebra alt kenarından başlar ve dördüncü torakal vertebra alt kenarında sol ve sağ ana bronşlara ayrılır. Bu ayrımın göğüs ön duvarındaki projeksiyonu korpus sterni ile manubrium sterni'nin birleştiği yer olan angulus sterni'ye düşer. Trakeanın yarısı üst mediastende, yarısı boyunda bulunur. Uzunluğu kadında 11 cm, erkekte 12 cm çapı ise erkek ve kadında 2 cm olan fleksibl bir tüptür. Trakea 16-20 adet 2-5 mm yüksekliğinde C harfi şeklinde hyalen kıkırdak halkalardan oluşur. Kıkırdaklar arasında düz kas ve fibroelastik ligamanlar bulunur. Kaslar lümenin genişliğini düzenlerken, ligamanlar aşırı gerilmeye engel olur. Trakea çapı dışarı verilen havanın hızı için önemlidir (3, 6).

Trakea posteriyor duvarı yemek borusu ile komşudur ve bu kısımda kıkırdak yoktur (şekil 1). Trakeaya kan inferiyor tiroit arterden gelir (3).



**Şekil 1:** Trakeanın önden ve arkadan görünümü

### 2.1.2 Bronşlar

Trakea mediasten içinde dördüncü torakal vertebra hizasında primer bronş veya ana bronş olarak adlandırılan sağ ve sol olarak iki'ye ayrılır. Sol ana bronş sağa göre daha uzun, daha dar ve daha horizontaldir. Sağ ana bronşun daha geniş ve trakea istikametine daha yakın olması hava yollarına kaçan yabancı cisimlerin çoğunlukla sağa gitmesinin nedenidir. Enfekte materyalin aspirasyonu ile meydana gelen akciğer pnömonisi ve apselerinin sağ tarafta daha fazla görülmesi yine aynı nedenledir. Ana bronşların akciğer dışı parçalarının yapısı trakeaya benzer. Akciğer içi parçalarında C şeklindeki kıkırdaklar birbirinden ayrı plakalar haline dönüşür. Lob ve segment bronşlarında da aynı yapı vardır. Terminal bronşiyollarının başlangıcına kadar kıkırdak bulunur. Terminal bronşiyollardan solunumsal birimin ilk kısmı olan respiratuvar bronşiyoller çıkar (6).

### 2.1.3 Akciğerler

Akciğerler, göğüs boşluğunun duvarları arasında gerilmiş olup bu duvarlar ile çepeçevre sıkı sıkıya bitişik vaziyettedirler. Yarım koni şeklinde, süngerimsi, hafif ve elastik organ olan akciğerler sağda üç solda ise iki loba ayrılmıştır. Sağ akciğer altındaki karaciğer nedeni ile sola göre daha kısa, fakat daha geniştir. Sol akciğer ise kalbin yerleşimi nedeni ile sağa göre daha ince ve uzundur. Akciğer parankimini terminal bronşiyolların ilerisinde kalan gaz alış verişinin meydana geldiği kısım oluşturur. Alveoller bronşial ağacın son bölümüdür ve akciğerlerde ortalama 750 milyon kadar alveol vardır. Alveollerin meydana getirdiği toplam solunum yüzeyi 55-100 m<sup>2</sup>'dir (6).

Akciğerlerde dolaşım hem sistemik hem de fonksiyonel (Pulmoner) damarlar ile yapılır. Sağ bronşial arter ikinci veya üçüncü interkostal arterden, sol bronşial arter aorttan çıkar. Pulmoner arter sağ venrikülden çıkar, ikiye ayrılır ve akciğer içerisinde segment anatomisine uyar. Venöz kan sağ kalpten alveolo-kapiller membrana taşınır ve arterielize olarak pulmoner venler ile sol kalbe dökülür (3).

#### **2.1.4 Plevra**

Plevra akciğerlerin dış yüzünü ve lob yüzeylerini örten viseral ile her iki göğüs boşluğunun iç yüzlerini örten pariyetal plevradan meydana gelir. Plevra düzgün ve kaygan yüzeye sahiptir. Bu kayganlığı yüzeyini ince bir tabaka halinde örten seröz sıvı sağlar. Bu sayede solunum sırasında viseral ve pariyetal yaprakların birbiri üzerinden kolayca kayması sağlanır. Viseral plevrada ağrı hissi yoktur. Pariyetal plevra sensitiv sinirler bakımından zengindir. Pariyetal plevranın irritasyonu nedeni ile derin solunum hareketleri ve öksürükle artan batma tarzında yan ağrısı olur. Sağlam plevra akciğer grafilerinde görülmez, ancak çeşitli nedenlerle kalınlaşma meydana gelmiş ise görülür (6).

#### **2.1.5 Diyafram**

Diyafram göğüs kafesinin alt açıklığı çevresi ve lumbal vertebra ile kasın ortasındaki aponevroz arasında gerilmiş durumdadır. Yatay olarak karın ve göğüs boşluğu arasında bulunup sağ ve solda birer kubbe oluşturur. Sol kubbe, ekspirasyon sırasında beşinci, sağ kubbe ise dördüncü kaburganın kırırdağına kadar yükselebilirler (5).

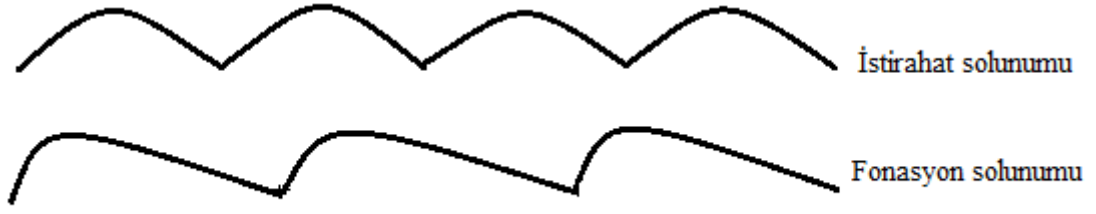
### **2.2 Solunum Fizyolojisi**

Solunum primer olarak akciğerlerdeki gaz alışverişinde rol oynarken gelişmiş canlılarda ses oluşumunda da kullanılır. Solunum mekaniği akciğerin harekete gösterdiği direnç ve bu dirençleri yenmek için gerekli basınçları kapsar. Leonardo da Vinci akciğeri hava girip çıktıkça şişen ve inen körüğe benzetmiştir. Hava yüksek basınçlı bir bölgeden düşük basınçlı bölgeye doğru akar (3).

Fonasyon için gerekli olan solunum, yaşam için gerekli olandan farklıdır. İstirahat halindeki solunumda yaklaşık 0,5 litre hava alır verimiz ve akciğer hacminin %10-15 kullanırız. Fonasyon için ise yaklaşık 1,5 litre hava alıp verimiz ve akciğer hacminin %20'sini kullanırız. İstirahat solunumu sırasında inspirasyon ve ekspirasyon

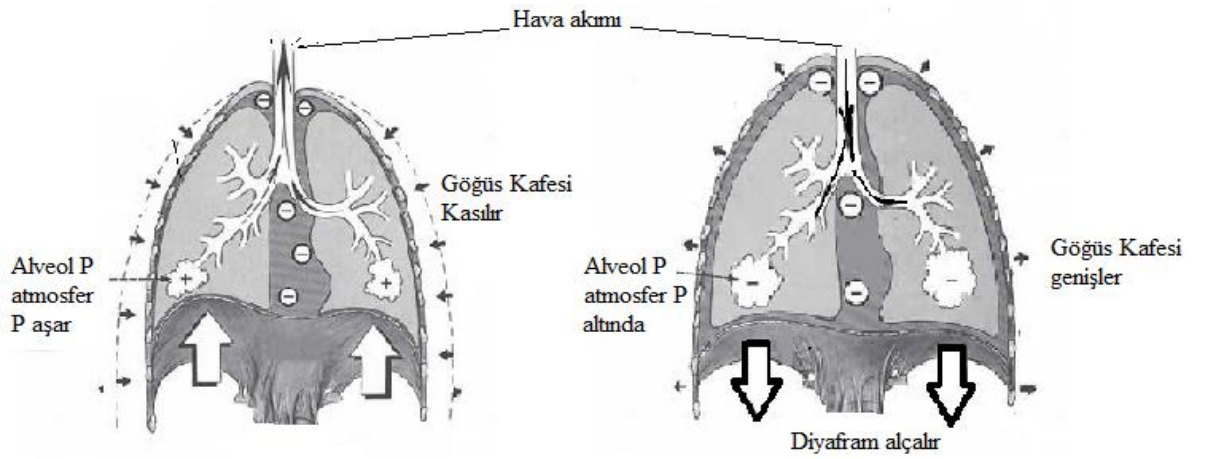


süreleri birbirine eşit iken fonasyon sırasında solunum siklüsünün %90'ını ekspirasyon oluşturur (şekil 2) (7).



Şekil 2: İstirahat halindeki solunum ile fonasyon solunumu arasında oluşan inspiriyum ve ekspiriyum oranlarını gösteren eğriler

Karın solunumunda inspirasyon öncelikle diyaframın kontraksiyonu ile olur. Diyaframa hareketleri karın ön duvarına iletilir, bu nedenle supin pozisyonda yapılan inspirasyonda karın ön duvarı yükselirken ekspirasyonda iner. Göğüs solunumu ise daha çok kadınlarda rastlanır. Göğüs solunumunda diyafram aşağı inerken göğüs kafesi aktif olarak genişler (şekil 3). Solunum sırasında tüm omuz kuşağının kaldırılması fizyolojik olmayan bir solunumdur. Solunum bozuklukları ses bozukluklarına katkıda bulunabilir ya da neden olabilir (5).



Şekil 3: Diyaframın ve göğüs kafesinin solunum sırasındaki hareketi

## **2.3 Fonasyon Anatomisi**

### **2.3.1 Larenks Anotomisi**

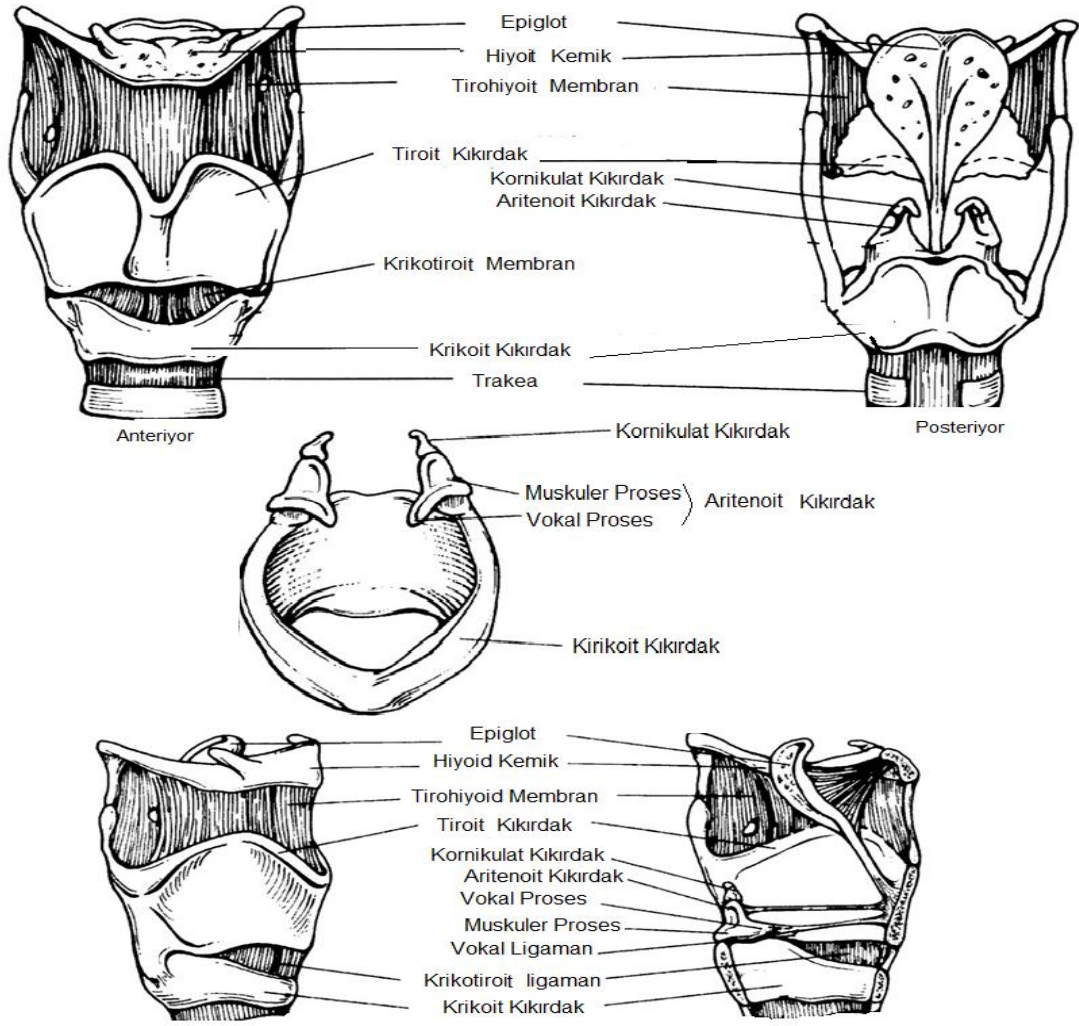
Larenks trakeabronşial ve bukofarengal tomurcuk olmak üzere iki farklı taslaktan gelişir. Trakeabronşial tomurcuktan glotis ve subglotis, bukofarengal tomurcuktan subraglotis gelişir. Gelişim postnatal evrede de devam eder (8).

Larenks boynun ön-orta bölümünde erişkin insanlarda servikal üçüncü ve altıncı vertebraların önünde yer alır. Ön-üst kısımda hiyoit kemik ile alt kısımda trakea arasına yerleşmiş yaklaşık 5 cm uzunluğundadır. Büyüklüğü ve boyundaki lokalizasyonu yaşa ve cinsiyete göre değişir. Kadınlarda biraz daha kısadır. Çocuklarda ise servikal birinci ve dördüncü servikal vertebralar arasındadır. Larengeal iskelet hiyoit kemik, üç eşleşmemiş (epiglot, tiroit, krikoid) ve üç eşli (aritenoit, kornikülat ve küneiform) kıkırdaktan oluşur. Ayrıca triticea ve sesamoid denilen çift kıkırdaklarda bulunabilir. Kıkırdaklar hiyoit kemik ile trakea arasında kendi aralarında sinovial eklem, ligamanlar, membranlar ve kaslarla birleşir (9,10, 11).

#### **2.3.1.1 Larenks kıkırdakları**

Larenks iskeletini oluşturan kıkırdaklar hyalen ve elastik kıkırdaklardan oluşur. Hyalen kıkırdaktan oluşan tiroit, krikoid ve aritenoit kıkırdağın büyük kısmı 25 yaşlarında kemikleşmeye başlayıp 65 yaşlarında tamamen kemikleşir. Elastik kıkırdaktan oluşan kornikülat, küneiform, epiglot ve aritenoit kıkırdağın apeksinde kemikleşme görülmez (şekil 4) (8, 12).

Larenks kıkırdaklarının tamamlanmamış ossifikasyonu çekilen grafilerde yabancı cisim tanısı alabilir. Ayrıca neoplastik invazyonlar genellikle kemikleşmiş bölümlere neden olur ve fark edilmesi zorlaşır (13).



Şekil 4: Larenks iskeletinin önden arkadan, dış ve iç yandan görünümü

### **Tiroit kıkırdak**

Tiroit kıkırdak (Yunanca threos kalkan anlamında) hyalen yapıda perikondrium ile kaplı en büyük larengeal kıkırdak olup dördüncü brankial arkın mezenşiminden kaynaklanır. Larengeal hava yolunu ventral yönden korur. Birbirine simetrik iki kanattan (*ala lamina*), laminalardan arkaya ve yukarıya doğru uzan iki büyük (*cornu majus*), arkaya ve aşağıya uzanan iki küçük boynuzdan (*cornu minus*) oluşur. Sol ve sağ laminalar alt ön kısımda erkeklerde 90 derecelik açı kadınlarda 120 derecelik açı ile birleşirler. Alt boynuz krikoit kıkırdak ile eklemleşir. Bu eklem sinovial tip eklem olup krikoit kartilajın rotasyonunu sağlar. Üst boynuz ise tirohiyoid membran aracılığı ile hiyoid kemikle birbirine bağlanır. Bu ligaman içerisinde bazen *triticeal* kıkırdaklar bulunur. Üst boynuzun lamina ile birleştiği yerde süperiyör tüberkül denilen bir çıkıntı

bulunur. Çıkıntının yaklaşık bir cm üst ve ön kısmından süperiyor tiroit arter ve eşlik eden süperiyor larengeal sinirin internal dalı tirohiyoit membranı delerek larenkse girerler. Bu nokta transkutanöz anestezi açısından önemlidir. Epiglotik kıkırdak larengeal çıkıntının posteriyoruna tiroepiglotik ligaman ile bağlanır. Laminaların dış yüzlerinde bulunan ve öne aşağıya doğru uzanan çıkıntıya *linea obliqua* denir. Buraya strenohiyoit, tirohiyoit ve inferiyor konstirüktör farinks kasları tutunur (9, 10, 11, 13, 14).

Tiroit kıkırdağın iç ve dış kısmı perikondriyum ile örtülüdür. İç kısımda ön komişüre denk gelen yerde ise perikondriyum bulunmaz. Bu noktaya yukarıdan aşağıya median tiroepiglotik ligaman, bilateral vestibüler kıvrım (yalancı kord) ve bilateral vokal ligamanlar yapışır. Bu ligamanların yapışma yerleri iç perikondriyumu delerek Broyle's ligamanını oluşturur. Kan ve lenfatik damarlar bu ligaman içerisinde seyredir. Tiroit kartilaj erkeklerde 20 yaş civarı, kadınlarda ise birkaç yıl daha geç kemikleşmeye başlar (13). Kemikleşme kişiye göre farklılık gösterir. Erkeklerde en erken 50 yaş, kadınlarda ise 76 yaşında kemikleşme tamamlanır. Kemikleşme tamamlandıkça kıkırdak elastisitesi azalır ve travma sonrası daha kolay kırılır (8, 9).

### **Kirikoit kıkırdak**

Larenks kıkırdaklarının en kalın ve sağlam kıkırdağıdır. Şekli klasik bir taşlı yüzük (Yunanca krikos yüzük anlamında) olarak tanımlanır (13). Hyalen yapıda, larenks hava yolunu çevreleyen tam bir halka şeklindedir. Lateralde tiroit kıkırdak küçük boynuzu ile, arkada aritenoit kıkırdaklar ile eklem yapar. Ön kısma ark, arka kısma lamina adı verilir. Arkın alt kenarı yanlarda krikotrakeal ligaman aracılığı ile birinci trakeal halkaya yapışır. Orta hatta arkın üst kısmı ile tiroit kıkırdak alt kenarı arasında krikotiroit membran bulunur ve doğrudan cilt altında yüzeyde yer alır. Bu yapı acil durumlarda krikotirotomi sırasında kesilir. Laminanın arka yüzeyinde vertikal çıkıntı bulunur. Buraya özofagusun longitudinal lifler yapışır. Ön kısmın yüksekliği yaklaşık 3-7 mm, arka kısım yüksekliği yaklaşık 20-30 mm'dir. Orta hatta bulunan çukurcuklara ses kıvrımlarının tek abduktörü olan poterior krikoaritenoit kas yapışır. Kirikoit kıkırdak tiroit kıkırdağına göre daha geç kemikleşir (13, 15, 16).

## **Epiglot**

Larenksin orta hattında ve en üstte bulunan ince yaprak şeklinde bir kıkırdaktır. Dil kökü ve hiyoit kemik korpusunun arkasında yer alır ve larenks girişini oluşturur (15). Ana fonksiyonu yutulan maddenin alt solunum yollarına gitmesini engellemektir. Yutma sırasında larenks ön-üste doğru yükselir. Bu hareket ile epiglotu dil köküne doğru itip arkada larengeal aditusa doğru yönlendirir (13). Son derece esnek ve yüksek bileşimli elastik liflerden oluşur. Elastisitesini ömür boyu korur ve kemikleşme göstermez. Lüminal cephe tiroepiglotik ligaman ile tiroit kıkırdağa bağlanır bu dar kısma *petiol* denir. Hiyoepiglotik ligaman ile tiroit kıkırdağa bağlanır. Ön kısımdaki mukoza dil köküne uzanarak median ve lateral glossoepiglotik ligamanları oluşturur. Lateral ve medial kıvrım arasındaki boşluklara *vallekula* (Latince çukurluk) denir. Epiglot daha aşağı memeli türlerinde koku organıdır, insanda ise yutkunma esnasında yukarı ve öne doğru hareket ederek katı ve sıvı gıdaların larenkse girmesine engel olur (10,13, 15).

## **Aritenoit kıkırdak**

Aritenoit kıkırdak çift kıkırdaklardan en büyüğüdür (Yunanca *arytaina* kepçe anlamında). Larenksin posteriyor bölümündedir ve üç cepheli piramid şeklindedir (10). Tabanı krikoid kıkırdağın laminası tepesi kornikülat kıkırdak ile eklem yapar ve ses kıvrımının gerginliğini kontrol eder. Ariyoepiglotik plikalar yolu ile epiglot ile bağlantılıdır. Aritenoit kıkırdak medialde *vocal proces* (vokal çıkıntı) lateralde de *muscular proses* (musküler çıkıntı) sahiptir. Vokal çıkıntı vokal ligaman ve vokal kasın yapışma yeridir. Musküler çıkıntı (lateraldeki çıkıntı) ise m. krikoaritenoit lateralis ve posteriyor tutunur (9,10, 17, 18).

## **Kornikülat ve küneiform kıkırdaklar**

Kornikülat (santorini) kıkırdaklar küçük, çift, fibroelastik yapıdadır. Aritenoit kıkırdağın apeksi ile eklem yaparlar. Küneiform (wrisberg) kıkırdaklar epiglot ile aritenoit arasındaki ariepiglotik plika içerisine yerleşmişlerdir. Bazen bulunmayabilirler. Bu kıkırdaklar ariepiglotik kıvrımları güçlendirirler rijiditesini artırırlar ve aritenoit kıkırdağın hareketini desteklerler. Bu güçlendirme ariepiglotik kıvrımların yutulan

materyallerin gırtlaktan uzaklaştırılarak piriform sinüslere doğru yönlendirilmesi fonksiyonunu destekler (9, 10, 11, 13).

### **Triticea ve sesamoit kıkırdaklar**

Triticea kıkırdakları; Tirohiyoit membran'ın arka bölümünde lig. tirohiyoit'in içerisinde yer almaktadır. Sesamoit kıkırdaklar ise tiroaritenoit ligamanlarının ön ucunda bulunurlar. Kalsifiye olmaları durumunda yabancı cisim olarak algılanabilirler. Bu kıkırdaklar her zaman bulunmazlar (15, 19).

### **Hiyoit kemik**

Tam olarak larenksin bir parçası olmayıp larengeal fonksiyonlarda önemli rol oynar. Erişkinde hipofarenks ön duvarı ve dil kökünde ön-alt bölümünde, üçüncü servikal vertebra hizasında, tiroit kıkırdağın hemen üzerinde bulunur. Her iki tarafta *cornu minus* ve *cornu majus* olarak adlandırılan boynuzlardan ve gövdeden oluşur. Tirohiyoit membran ve süperiyor kornu ile tiroit kıkırdak ile birleşir. Kemik ve kıkırdak yapıları ile eklem yapmayıp suprahiyoit ve infrahiyoit kaslar arasında asılıdır (13, 20).

### **2.3.1.2 Larengeal Eklemler**

#### **Krikotiroit eklem**

Tiroit kıkırdağın küçük boynuzunun iç yüzündeki eklem yüzeyi ile krikotiroit kıkırdağın dış yan yüzü arka bölümündeki eklem yüzü arasında olan sinovial eklemdir. Lig. krikotiroit ile ön alt ve arka üst kısımlardan eklem desteklenir. Kayma ve transvers ekseninde rotasyon hareketleri yapar. Krikotiroit kasın kasılması ile kaldırma hareketi görülür. Eklemde destrüksiyonu ve fiksasyonu durumunda krikotiroit kasın ses kırımlarını gerici etkisi oluşmaz (19, 20, 21).

### **Krikoaritenoit eklem**

Aritenoit kıkırdağ tabanı ile krikoid kıkırdağın üst eklem yüzeyleri arasında olan sinovial eklemidir. Lig. krikoaritenoit eklemi arka kısımdan destekler. Aritenoit kıkırdağın eklem yapan yüzeyi konkav, krikoid kıkırdağın eklem yüzeyi ise konveksdir. Eklem hareketleri rotasyon, kayma ve sallanmadır. Rotasyon hareketi abduksiyon addüksiyon sırasında krikoaritenoit ligaman etrafındadır. Böylelikle ses kıvrımları açılır ve kapanır. Sallantı hareketi eklem eksenine etrafındadır. Aritenoit kıkırdağlar tiroaritenoit kasın kasılması ile 30 derecelik bir aralıkta öne ve arkaya doğru beşik hareketi yapar. İnteraritenoit kasın kasılması ile de birbirine yaklaşacak şekilde mediale eğilme hareketi yapar. Kayma hareketi krikoid eklem yüzünün uzun eksenine paralel olur. Tiroaritenoit kasın kasılması ile aritenoitler 2 mm öne kayar ve ses kıvrımları kısalmır (12, 19, 20, 21).

### **Korniküloaritenoit eklem**

Fibröz yapıda, Aritenoit ve Kornikülat kıkırdağlar arasındadır. Yarı oynar eklem grubundadır (20).

#### **2.3.1.3 Larenksin ligaman ve membranları**

Larenksin ligaman ve membranlarının bir kısmı larenksi çevre dokulara bağlarken (ekstresek) bir kısımda larenks içerisinde kalır (intrensek).

#### **Ekstresek ligaman ve membranlar**

**a) Hiyoepiglotik ligaman:** Hiyoid kemik korpusunun posteriyör yüzeyi ile epiglotun lingual yüzü arasındadır. İnce ve gevşek olup preepiglotik aralığın tavanını ve vallekulanın tabanını yapar (15).

**b) Tiroepiglotik ligaman:** Epiglotun petiolu ile ön komisür tendonu (Broyle's tendonu) üst ucu arasındadır (15).

**c) Krikotrakeal ligaman:** Krikoid kartilaj ile 1. trakeal halka arasındadır (9).

### **Tirohiyoit membran ve ligamanları**

Tirohiyoit membran fibroelastik yapıda olup, aşağıda tiroit kıkırdağın üst kenarına ve üst boynuzuna, yukarıda hiyoit kemik korpus arka yüzeyinin üst kenarına ve büyük boynuz ön yüzeyine yapışır. Yutkunma esnasında larenksin yukarı hareketini kolaylaştırır. Membranın orta ve yan kısımları kalınlaşarak ortada median tirohiyoit ligamanı, yanlarda ise tirohiyoit yan bağlarını oluşturur. Tirohiyoit membran 2-3 cm yükseklikte ve 4-5 cm genişlikte olup preepiglotik boşluğun ön duvarını yapar. Tirohiyoit membranda tiroit kıkırdağ kanadı ve üst boynuzunun birleşim yerinin yaklaşık bir cm yukarısında önde incelme görülür ve buradan süperiyor larengeal arter, süperiyor larengeal sinirin internal dalı ve supraglotik lenfatik pedikül membranı delerek larenkse girer. Tirohiyoit membran yanlarda piriform sinüs ile arka yüzü de ortada epiglot ile komşuluk gösterir (15, 20).

### **Krikotiroit membran ve ligamanları**

Tiroit kıkırdağ ile krikotiroit kıkırdağ arasındaki bağlantıyı oluşturur. Bu membran acil krikotomi de minimal kanamayla delinebilir. Önemli damarsal yapı içermez (15).

### **İntrensek ligaman ve membranlar**

#### **Kuadrangüler membran**

Epiglot ve aritenoit kıkırdağlar arasında yer alan dörtgen şeklinde geniş fibroelastik yapıda bir membrandır. Membranın üst kısmı serbesttir ve epiglot üst kısmında kornikülat kıkırdağa kadar oblik seyir gösterir, alt kısmı epiglotun tiroit kıkırdağla bağlantısının iç noktasından aritenoit kıkırdağın vokal çıkıntısına kadar uzanır. Ön ve arka sınırları fiksedir. Üst ve alt sınırları ise serbesttir. Üst kısmı daha uzun olup ariepiglotik kıvrımların oluşmasını sağlar bu kıvrımlar piriform sinüslerin medial duvarının bir kısmını yaparlar. Alt sınırı vestibüler ligamanı oluşturur. İçinde küneiform kıkırdağlar bulunur. Konus elastikus'dan ventrikülün eliptik orifisi ile ayrılır (13, 15, 20).



## **Konus elastikus (Krikovakal-Triangüler)**

Ön kısımda dar bir tabanla krikotit ve tiroit kıkırdaktan başlar, arkada aritenoit vokal çıkıntısına doğru uzanır. Üst sınırı tiroit kıkırdak ve vokal çıkıntı arasında yer alır ve vokal ligamanı oluşturmak üzere kalınlaşır (15, 20). *Konus elastikus* önde krikotiroit membranı oluştururken orta hatta krikotiroit ligamanı oluşturmak üzere kalınlaşır (13).

### **2.3.1.4 Larenksin kasları**

Larenks kasları ekstrensek ve intrinsek olmak üzere iki grupta incelenir. İntrensek ve ekstrensek kaslar ses üretimi esnasında ses kıvrımlarının fonatuar şekillenmesinde önemlidir.

#### **Ekstrensek larenks kasları**

Strep kaslar da denilen bu kaslar larenksi çevre dokulara bağlar ve laringohiyoit kompleksi yükseltip alçaltır veya stabilize ederler. Fonksiyonel olarak elavator ve depresör olarak iki gruba ayrılırlar. Eleve eden kaslar; tirohiyotit, stilohiyotit, digastrik, milohiyotit, geniohiyotit ve stilofaringeus kasıdır. Elevator kaslar gırtlakın yutkunma sırasında larenksin yükselmesinde, öne doğru yer değiştirmesinde ve dolaylı olarak ses kıvrımlarının pozisyonunda önemlidir. Depresör kaslar ise omohiyotit, sternotiroit ve sternohiyotit kaslarıdır. İspirasyon sırasında larenksi aşağıya doğru çekerler. Her iki grup kas birlikte kordineli bir şekilde kasılması larenksi boyunda fiske eder. Orta ve alt konstriktörler ile krikofaringeus kasları da yutkunma sırasında larenksin pozisyonunda etkilidirler (16, 21, 22, 23).

#### **İntrensek larenks kasları**

Alt solunum yoluna yutkunma sırasında yabancı cisimlerin kaçmasına engel olurlar. Hava yolunun kontrolü ve fonasyon sırasında ekspiriyum havasının direncini kontrol ederler. Ses kıvrımlarının abduksiyon, adduksiyon, uzunluk ve gerginliğini ayarlarlar (şekil 5). İntrensek kaslar larenks mukozası ile örtülü iken krikotiroit kas intrinsek kas olup larenksin dışında ve yan yüzünde yer alır. İnteraritenoit kas hariç diğer kaslar

çifttir ve bu çift kaslar kordineli hareket ederler. Bir çok adduktör kas olmakla birlikte tek abduktör (posteriyor krikoaritenoit) kas'dan oluşur (2, 13, 20, 21).

### **Krikotiroit kas**

Tiroit kıkırdak ile krikotiroit kıkırdak arasında ve larenksin dış yüzüne yerleşmiştir. *Pars recta* (düz kısım) ve *pars oblique* (oblik kısım) olarak iki karından ibarettir. Düz kısım krikotiroit kıkırdağın ön arkı yan kısımdan tiroit kıkırdağın alt kısmına yapışır (13). Krikotiroit eklem rotasyonunu sağlar ve krikotiroit aralığı daraltır. Ses kıvrımlarını gerer ve boynunu uzatır. Oblik kısım krikotiroit kıkırdak ön arkı yan kısımdan oblik olarak yukarı ilerler ve tiroidin alt boynuz ön kısma yapışır. Krikotiroit kıkırdağı geri çeker ve krikotiroit aralığı daraltır bunun sonucunda ses kıvrımları gerilir ve boyu uzar. Ses kıvrımlarının gerginleşmesi kenarın keskinleşmesine ve pasif olarak ses kıvrımı tabakalarının sertleşmesini sağlar. Bu durum temel frekansın yüksek çıkmasını sesin incelmelerini sağlar. Görevini yapmadığı zaman tiz tonlar çıkamaz, ses hafif kısık ve güçsüzdür. Diğer intrensek larenks kasları rekürren sinir ile inerve olurken krikotiroit kas süperiyör larenks siniri ile inerve olur. Larenks paralizisi inferiyör larenks sinirine ait ise ses kıvrımları paramedian pozisyonda kalır. İnferyör larenks sinir ile birlikte süperiyör larenks sinir paralizisi olur ise ses kıvrımları daha lateral duruma geçer. Bu nedenle inferiyör larenks siniri paralizilerinde respirasyonu rahatlatmak için süperiyör larenks sinirin kesilmesi önerilir (13, 20).

Hiperpneik durumda krikotiroit kas posteriyör krikoaritenoit kas ile birlikte kasılır. Krikotiroit kasın kasılması ile ses kıvrımlarının boyu uzar ve pasif olarak addükte olur. Solunum sırasında krikotiroit kas ile posteriyör krikoaritenoit kas birlikte kasıldıklarında ses kıvrımları birbirinden uzaklaşır ve uzunluğunda artması ile birlikte hava akımının geçiş alanı genişler (13).

### **Aritenoit kas (İnteraritenoit kas)**

Eşleşmemiş olan aritenoit kas oblik ve transvers liflerden oluşur. Transvers lifler her iki aritenoit kıkırdağı posteriyordan birbirine bağlar. Ön yüzeyi mukoza ile örtülü, arka yüzeyinde ise oblik lifler vardır. Kasıldığı zaman aritenoit kıkırdakları birbirine yaklaştırır ve ses kıvrımı arka bölümünün kapanmasına yardımcı olur. Oblik lifler ise bir taraftaki aritenoit kıkırdağın posteriyorundan diğer taraftaki aritenoit kıkırdağın

apeksine uzanır. Apekse uzanan liflerden bazıları kuadrangüler membran boyunca ilerler ve ariepiglotik kası oluştururlar. Bu lifler kasıldığında larengeal girişi daraltırlar. Karşılıklı paralizisinde fonasyon sırasında aritenoitlerin *processus vocalis* 'leri arasında açıklık olup, sesde de hafif kısıklık olur. Mandelstamm (1882), aritenoit kasın her iki rekürrens sinir tarafından inerve edildiğini rapor etmiştir (20, 21, 24). Aritenoit kas artikülatuvar ayarlamalarda görev alır (13).

### **Tiroaritenoit kas**

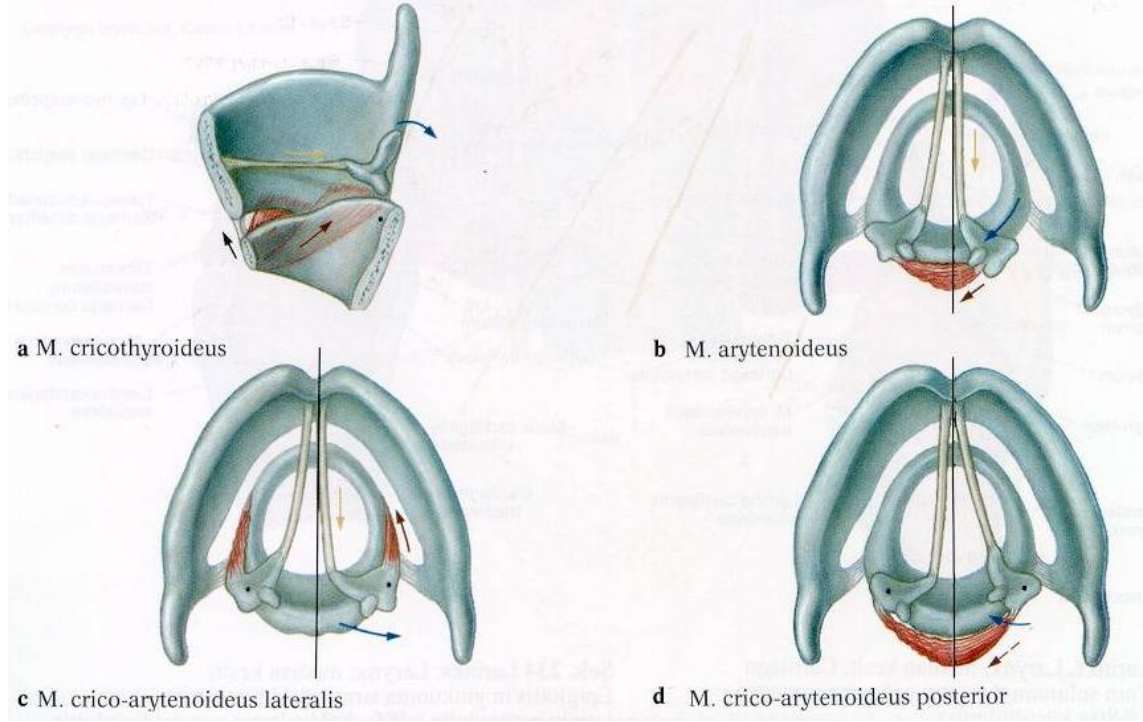
Tiroaritenoit internus ve tiroaritenoit eksternus olarak iki ana karından oluşur. Aynı yere yapışmakla birlikte tiroaritenoit internus kası daha derinde yer alır. Tiroaritenoit kas önde ön komisüre (Broyle ligamanı), arkada aritenoitin yan yüzüne ulaşır. Kasılması ile aritenoit kıkırdağı ileri çekip mediale döndürür ve ses kıvrımlarını birbirine yaklaştırır. Ayrıca yalancı ses kıvrımlarının da birbirine yaklaşmasını sağlar. Aritenoit kas gibi kuadrangüler membrana birkaç lif verir. Tiroaritenoit internus kası ya da vokalis kası ön komisür ile aritenoidin vokal çıkıntısı arasında yer alır. Kasılması ile ses kıvrımlarında kılma, kalınlaşma ve *rima glottidis* 'de daralma görülür. Sonuç olarak sesde kalınlaşma, temel frekansda azalma görülür. Fonasyon şeklinin değişiminde en önemli kasdır (13, 20, 21).

### **Posteriyör krikoaritenoit kas**

Krikoit kıkırdağın arka yüzündeki çukurluklara yapışan kasın lifleri yukarıya ve dışa doğru oblik şekilde uzanarak aritenoit kıkırdağın vokal çıkıntısına yapışır. Kasın üzeri hipofarenks mukozası ile örtülüdür. Kasılması ile aritenoit kıkırdağın dışa doğru kayarak rotasyon yapar. Böylece ses kıvrımları birbirinde uzaklaşır. Ses kıvrımlarının tek abduktör kasıdır. Ses kıvrımlarını gerginleştirmede krikotiroit kasa yardımcı olur. Görevini yapamadığında ses kıvrımları açılmaz. Her iki kas çalışmaması durumunda ses kısıklığı ile birlikte solunum güclüğü de oluşur (20, 21).

## Lateral krikoaritenoit kas

Dış yanda krikoit kasın üst kenarı ile iç yanda musküler çıkıntının ön kısmına yapışır. Kasılması ile musküler çıkıntıyı ön-dışa hareket ettirirken beraberinde vokal çıkıntıyı iç yana ve aşağıya getirir. Sonuç olarak ses kıvrımlarını uzatır ve birbirine yaklaştırır (21).



**Şekil 5:** Larenksin intrinsek kasları

### **2.3.1.5 Larenksin internal anotomisi**

Larenks, yukarıda larengofarenkse açıldığı yer olan *aditus laringeus*'dan başlar ve aşağıda trakea ile devam eden krikoid kıkırdak alt kenarına kadar uzanır. Larenks mukozası reparatuvar, çok katlı silyalı epiteli ile döşeli iken ses kıvrımlarının serbest kenarları, epiglotun suprahioit kısmı, ariepiglotik kıvrımın üst kısmı çok katlı yassı epitel ile kaplıdır (25).

Larenks vestibül, ventrikül ve infraglotik olmak üzere üç kompartman, yalancı ve gerçek ses kıvrımları olarak iki kıvrımdan oluşur. Bunlar Vestibül (supraglotik), ventrikül, İnfra glotik alan ile bunları ayıran yalancı ve gerçek ses kıvrımlarıdır (şekil 6) (16, 22).

#### **Vestibül (supraglotik bölge)**

Ventriküler bandların üzerindeki larenks bölgesidir (26). Önde epiglot, yanlarda ariepiglotik kıvrımlar, arkada aritenoit kıkırdaklar ve interaritenoit kas ile sınırlıdır (13). Kuadrangüler membranın alt kenarını örten mukoza tarafından vestibüler kıvrımlar oluşur. Oluşan bu kıvrımlara yalancı kord (ventriküler bant) denir (25).

#### **Ventrikül (Sinüs Morgagni)**

Larenks boşluğunun en küçük bölümüdür (27). Yukarıda vestibüler kıvrımların alt yüzü, aşağıda ses kıvrımların üst yüzü arasındaki alandır. Laringoskopik muayenede yalancı ses kıvrımları lateralize edilmesi ile görülebilirler. Ventrikül girişi dar olan bir oluk olup fonasyon sırasında genişler. Ön kısmında küçük kör bir kese vardır ki buna ventriküler apendiks ya da sakkül denir. Ventriküler sakkül ses kıvrımlarının nemli kalmasını sağlayan, ses kıvrımlarının mekanik ve immün korunmasını sağlayan ekzokrin glandlar ile kaplıdır. Fonasyon sırasında saf ses elde etmek için glandlar önemlidir. Tiroaritenoit kas salgının sakkülden boşalmasını sağlar (11, 13, 18, 20 ).

Ventriküler sakkülün boyutları değişken olmakla birlikte tiroit kıkırdağın üst kenarını nadiren geçer. Sakkülün anarmol dilatasyonu sonucu oluşan laringosel, sakkül kökenli mukoselden ayırt edilmelidir. Mukosel içi hava dolu olmayıp, ventrikülden bağımsızdır (28).

## **İnfraglotik alan**

Ses kıvrımlarının alt yüzeyi ile krikoid kıkırdağın alt kenarına kadar uzanan alandır. Yan duvarı *konus elastikus* ve krikoid kıkırdağın sınırlarıdır. Glotis ve subglotis bölge sınırı için farklı görüşler vardır. Bunlar skuamöz ile respiratuvar epitel sınırı ve ses kıvrımının bir cm altıdır (20).

## **Glolik alan (Ses Kıvrımları)**

Ventrikül tabanından subglotise doğru bir cm'lik alan olarak kabul edilir (29). Önde tiroit kıkırdağ'dan başlayıp arkada aritenoid kıkırdağ vokal çıkıntısına kadar uzanır (20).

Ses kıvrımları larenks kavitesi içerisinde yalancı ses kıvrımlarından daha fazla çıkıntı yapar ve daha alt seviyededir. Ses kıvrımları arasındaki açıklığa *rima glotidis* denir. Uzunluğu kadınlarda 12-17 mm erkeklerde 17-20 mm'dir. Ses kıvrımları maksimum açıldığında *rima glotidis* (mizmar aralığı) erkekde 19 mm, kadında 12 mm genişliğe ulaşır (23, 30).

Ses kıvrımları önde membranöz, arkada kartilajinöz olarak iki bölüme ayrılır. Bölümler arasındaki sınır aritenoid kıkırdağın vokal çıkıntılarının tepesinden geçen transvers çizgidir. Membranöz bölüm ses kıvrımlarının 2/3 ön kısmını oluşturur fonasyon sırasında esas titreşen bölgedir. Kartilajinöz bölüm ise arka 1/3 arka kısımdır (23, 24). Ses kıvrımlarının ön komisürde birleştikleri noktada abdüksiyon sırasında aralarındaki açı 50-70 derecedir. Bu açıya glolik açı denir. Ses kıvrımlarının membranöz ve kıkırdağ parçaları arasındaki açıya ise Ses kıvrımı açısı denir. Tepesi vokal çıkıntı olan bu açı addüksiyon durumunda genişler (20).

Ses kıvrımlarının titreşiminin anlaşılabilmesi için Hirano tarafından 1974'de gövde-örtü teorisi tanımlanmıştır. Ses kıvrımları histolojik olarak beş tabakada incelenir. Bu benzersiz katmanlı yapı ses kıvrımlarının mekanik özelliklerini sağlamaktadır (32).

Buna göre;

Yüzeyden derine doğru:

- 1- Non-keratinize çok katlı yassı epitel
- 2- Lamina proprianın yüzeyel tabakası (elastik ve kollejen liflerin az olduğu amorf madde ile dolu gevşek tabaka)

- 3- Lamina proprianın orta tabakası (elastin lifler yoğun bulunur)
- 4- Lamina proprianın derin tabakası (kollejen liflerin yoğun bulunur)
- 5- Kas tabakası

#### Epitel tabakası

Epitel tabakası üst yüzey ve vibratuar kenarı keratinize olmayan çok katlı yassı epitel ile diğer kısımlar silyalı çok katlı yassı epitel ile örtülüdür. Beş tabaka içerisinde en ince olanıdır ve ses kıvrımlarını sararak şeklinin korunmasını sağlar. Ventrikül tabanından subglotik bölgeye doğru uzanır. İçersinde goblet hücreleri vardır fakat serbest kenarda bulunmazlar. Bu bezler ses kıvrımlarının ıslak kalmasını ve fonasyon sırasında ses kıvrımlarının birbirlerine çarpmalarına bağlı hasar oluşmamasını sağlarlar (24, 30).

#### Lamina propria

Epitel ile kas tabakası arasında bulunan konnektif dokudur. Yüzeysel, orta ve derin olarak üç tabaka halindedir. Yüzeysinden derine doğru giderek artan sertliğe sahip çok tabakalı bir yapıdır. Bu sebeple yüzeysel tabaka ses kıvrımlarının vibratuar özelliğinin çoğunluğundan sorumludur. Yüzeysel tabaka Reinke boşluğu olarak da adlandırılır. Gevşek fibroz tabakadan oluşup oldukça esnek yapıdır. Reinke aralığı ses kıvrımı serbest kenarından 2 mm kadar uzaklıktadır. Yüzeysel tabaka ortada en kalın ön ve arka yapışma yerlerinde incedir. Bu tabakanın esnekliği herhangi bir patoloji nedeni ile bozulursa vibratuar özellik belirgin olarak azalır. Orta tabaka elastik lifler ve kollejen lifleri ile birlikte uzanır. Böylece ses kıvrımının uzun eksenini boyunca zorlamalara direnç gösterir. Bu tabakanın ön ve arka yapışma yerleri ince orta kısmı kalındır. Derin tabaka ise daha çok kollojen liflerden oluşmuştur. Arka yapışma yerinde en kalındır. Orta ve derin tabaka beraber vokal ligamanı oluşturur (13, 30, 32).

#### Kas tabakası

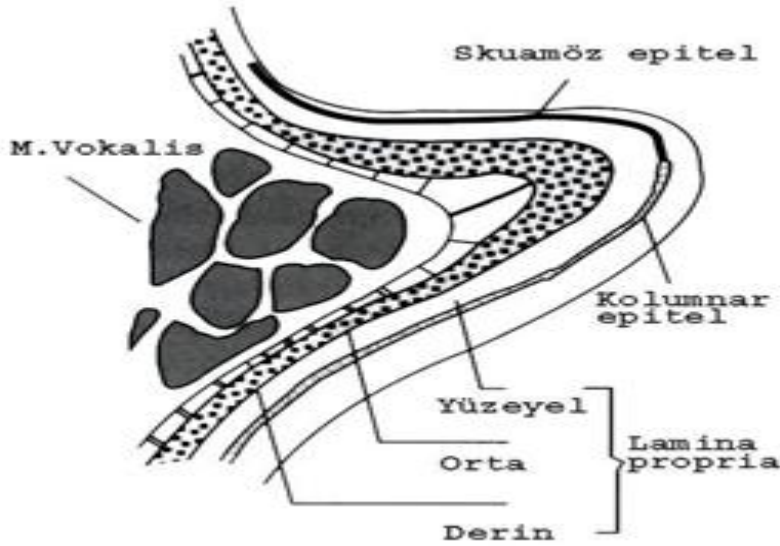
Tiroaritenoit kasının medial bölümü olup vokal kas olarak da adlandırılır (13). Konus elastikus ile aritenoit kıkırdağın vokal çıkıntısını birleştirir ve vokal ligamana yapışık olup ses kıvrımlarının vibrasyotuar parçasında yer alır (24).

Ses kıvrımları fonksiyonel olarak üç tabakada incelenir (şekil 10) (23).

- 1- Örtü: Epitelyum ve Lamina proprianın yüzeysel tabakası
- 2- Geçiş: Lamina proprianın orta ve derin tabakası

### 3- Gövde: Kas tabakası

Fonasyon sırasında örtü tabakasının gövde tabakası üzerinde kayması ile mukozal dalgalanma olur. Mukozal dalgalanma fonasyon için önemlidir.



Şekil 10. Ses kıvrımının histolojik yapısının şematik görünümü

### **Piriform sinüs**

Piriform sinüs hipofarenksin yapısı olmakla birlikte larenks ile ilişkisi önemlidir. Piriform sinüs, mediyalde ariepiglotik kıvrım, aritenoit ve krikoid kıkırdağın üst kısmı ile lateralde tiroit lamina iç kısmı ve tirohiyoit membran arasındaki oluktur. Piriform sinüs tabanında ön kısımda bulunan küçük kıvrım süperiyor larengal sinir tarafından oluşturulur. Bu kıvrım topikal anestezi açısından önemlidir (13).

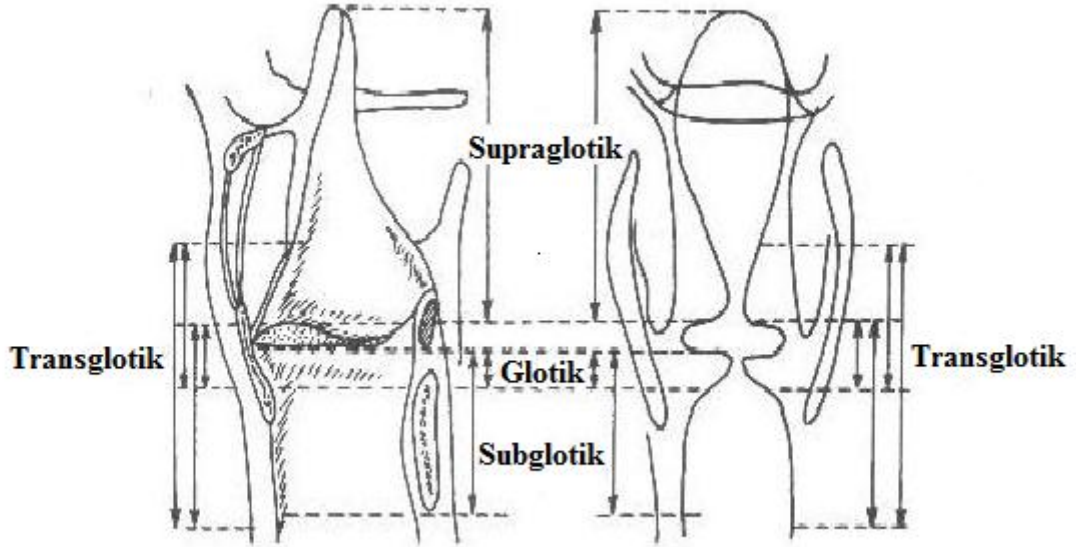
### **Preepiglotik boşluk**

Preepiglotik boşluk adından da anlaşıldığı gibi epiglotun önünde yer alır. Önde tirohiyoit membran ve tiroit lamina iç yüzeyi, yukarıda hiyoepiglotik ligaman ve vallekula mukozası, aşağıda ise tiroepiglotik ligaman ile sınırlıdır (13).



## Paraglotik boşluk

Adından da anlaşıldığı üzere glotisin her iki yanında uzanan alandır. Mediyalde kuadrangüler membran ve konus elastikus, lateralde tiroit lamina iç kısmı ve krikotiroit membran, yukarıda ventrikül tabanı ile sınırlanır (13, 15).



Şekil 6: Larenksin internal anatomisi

### **2.3.1.6 Larenksin kanlanması**

Larenksin arteriyel kanlanması süperiyor tiroit arter'in süperiyor larengeal ve krikotiroit dalları ile inferiyor tiroit arter'in inferiyor larengeal dalı ile sağlanır (16, 24, 27, 31).

Süperiyor larengeal arter larenkse girmeden önce infrahiyoit ve krikotiroit olmak üzere iki dala ayrılır. Her iki tarafta tirohiyoit membranın arka bölümünü süperiyor larengeal sinir ile birlikte horizontal olarak çaprazlar. Arter tirohiyoit membranı süperiyor larengeal sinirin internal dalı ile birlikte delerek tirohiyoit kasa doğru derinleşir ve genellikle beş dala ayrılır ve ventriküler bandın üstünde kalan larenks bölgelerini besler (24, 31). Krikotiroit arter, süperiyor larengeal sinirin eksternal dalı ile beraber aşağı doğru inerek krikotiroit membranı geçer ve larenkse ulaşır (24).

İnferiyor larengeal arter subklavian arterin tiroservikal trunkusundan çıkan inferiyor tiroit arterin dalıdır. İnferiyor tiroit arterden arterin inferiyor larengeal siniri çaprazladığı yerde ayrılır. İnferiyor larengeal sinir ile birlikte krikotiroit eklem arkasından larenkse girer ve süperiyor larengeal arter ile multipl anastomoz yapar. Ses kıvrımlarının altında kalan larenks bölgesini besler (24, 31). Venöz drenaj ise süperiyor larengeal ven, süperiyor ve median tiroit ven aracılığı ile internal juguler vene olur (24).

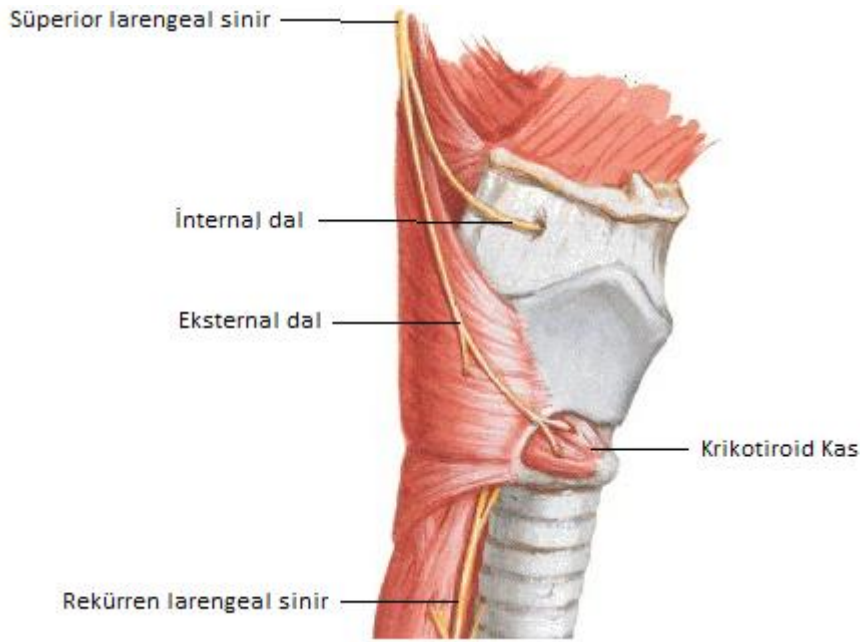
### **2.3.1.7 Larenks inervasyonu**

Larengeal sistemdeki kaslar vagus, trigeminal, faysal ve hipoglossal kranial sinirleri ile inerve olurlar. *Nervus Vagus* larenksin intrinsek kasların ve larenks kavitesinin duysal inervasyonundan diğer sinirler ise ekstrinsek kasların inervasyonunu yaparlar. Larenksin motor ve duysal sinirlerinin tamamı N (nervus) vagus kaynaklıdır (15).

N. Vagus medulla oblongata'da nükleus ambiguus ve dorsal motor nükleustan başlar. İnternal juguler ven, internal karotit arter, *N. Accessorius* ve *N. Glossofaringeus* ile beraber juguler foremeden kafa tabanını terk eder. Foramen jugulare içinde genişleyerek ganglion jugulareyi oluşturur, juguler foramenden çıkınca ganglion nodozuma girer. Ganglion nodozumdan hemen sonra yumuşak damağa ilk dalı olan n. farinks dalını verip sonrasında süperiyor larengeal sinir dalını verir. Süperiyor larengeal dal, internal karotid arterin posteriyöründe, eksternal ve internal olmak üzere iki dala ayrılır. İnternal dal daha kalın olup hiyoit kemiğin büyük boynuzunun aşağısından inişe geçer. Süperiyor larengeal arter ile birlikte tirohiyoit membranı delerek içeri girer. Primer olarak larenksin ses kıvrımlarının üzerindeki kısmının duysal inervasyonunu yapar, fakat bazı larengeal kasların motor inervasyonundan da sorumlu olabilir. Eksternal dal karotis komunis'i arkadan çaprazlayarak aşağıya doğru krikotiroit arter ile birlikte iner. Krikotiroit kasın ve inferiyor konstriktör kasın motor inervasyonunu yapar. Sinirin uzantısı ses kıvrımlarında duysal ve motor inervasyonda yapabilir. Yaralanması durumunda ses kıvrımlarının gerginliği azalır (2, 8, 15, 32, 33 ).

İnferiyor larengeal sinir sağ ve sol tarafta seyri farklılık gösterir. Sağ tarafta subklavian arter hizasından N. Vagustan ayrılır, subklavian arterin alt yüzünü dolanarak medialden yukarıya doğru ilerler. Karotis komunis'i önden çaprazlar, inferiyor tiroit arter ile yakın ilişkide olup trakeoözofageal oluğa uzanarak tiroit kıkırdağın alt kornusu ve krikotiroit eklem arkasından larenkse girer. Sol inferiyor larengeal sinir arkus aortanın ön yüzünden subklavian ve sol komon karotid arterin çıkış hizasından vagustan

ayrılır. Arkus aortanın altından dönerek yukarıya doğru ilerler ve krikotiroid eklemin arkasından larenkse girer. İnferior larengeal sinir krikotiroid kas dışındaki intrinsek kasların motor ses kıvrımları ve aşağısının duysal inervasyonunu yapar (şekil 7) (32, 33, 34). Trigeminal sinir milohiyoit kas ve diğastrik kasın ön karnının, fasyal sinir diğastrik kasın arka karnı ve sitilohiyoit kasa motor inervasyon sağlar. Hipoglossal sinir geniohiyoit, sternohiyoit, omohiyoit, tirohiyoit ve sternotiroid kasların motor inervasyon sağlar (32) .



Şekil 7: Larenksin inervasyonu

### 2.3.1.8 Larenks lenfatikleri

Lenfatik drenaj çift taraflı kan akımına paraleldir. Lenf damarları ses kıvrımlarının üstü ve altı olmak üzere iki grup oluşturur. Ses kıvrımları lenf akımı açısından fakirdir ve karşı tarafın lenf damarları ile anastomoz yapmaz. Larengeal lenfatiklerin en yoğun olduğu bölge olan supraglotik bölgenin lenfatik drenajı tirohiyoit membranı geçerek üst ve orta derin servikal zincire doğru olurken subglotik bölgenin lenfatik drenajı krikotiroid membranı geçerek önce pretrakeal ve prelarengeal (Delphian nodülü), buradan da orta derin servikal zincire doğru olmaktadır (23, 24, 27).

### **2.3.2 Ses Yolunun Supralarengeal Bölümleri (20)**

#### **Farenks**

Larengeal, ağız ve burun boşlukları farengeal boşluğa açılır. Her bir boşluğa yakın farenksin parçaları sırayla larengofarenks, orofarenks ve nazofarenks olarak bilinir. Farengeal bölge konstriktör kasların kasılması ile daralır, kasların gevşemesi ile genişler. Farenks konuşma sırasında aktif artikülâtör bir organdır. Farenksin konstriktör kasları konuşma sırasında farenksin daralıp genişlemesine ve rezonansa katkıda bulunurlar.

#### **Yumuşak Damak**

Yumuşak damağın önemli bir kısmını arkada ve yukarıda iki taraftaki temporal kemiklerden yumuşak damağın yanlarına uzanan levator veli palatini kası oluşturur. Kasın kasılması ile yumuşak damak yükselir ve geriye farenksin posteriyor duvarına gider, bu şekilde velofarengeal kapanma sağlanır. Konuşma sırasında velofarengeal kapanmayı sağlayan en önemli kas levatör kası olmakla birlikte tensor veli palatini ve süperiyor konstriktör kaslarının kasılması da kapanmada önemlidir.

#### **Ağız Boşluğu**

Ağız boşluğu üst ve alt çenenin alveolar prosesine tutunmuş olan dişler ile önde ve yanlarda sınırlandırılır. Ön kesici dişler konuşma için önemli yapılar olup dudaklar ve dil ile birlikte kullanılarak pek çok konuşma sesin üretiminde görev alır.

#### **Dil**

Ağız boşluğu zemini büyük ölçüde dilin üç boyutlu kas kütlesi tarafından şekillendirilir. Dış kasları dilin kaba konumunu ayarlarken, iç kaslar yüzeyini belirler özellikle de ucunu çeşitli şekillere sokar. Larenks ile ilişkide olduğundan, hareketleri ile larenksin inip çıkmasını etkiler. Aynı şekilde, dil kökünün yumuşak damak ile ilişkisinden ötürü, dil hareketleri ile yumuşak damak hareketleri arasında bağıntı vardır.

## 2.4 Fonasyon Fizyolojisi

### 2.4.1 Larenks Fizyolojisi

Larenksin insanlarda dört önemli fonksiyonu vardır. Fonksiyonel öncelik sırasına göre koruma, solunum, fiksasyon ve sözlü iletişimde görev alan fonasyondur (12).

#### 2.4.1.1 Sfinkter (koruma) Görevi

Yutma esnasında katı ve sıvı gıdaların alt solunum yollarına kaçmasını engellemesi larenksin en vital yönüdür. Yutma esnasında alt solunum yollarını koruyan mekanizmalar:

- 1) Dokuzuncu ve 10. kranial sinirler ile taşınan refleks ile solunum refleksinin inhibisyonu,
- 2) Süperiyor larengeal sinirin internal dalı ile taşınan refleks ile glotik sfinkterin kapanması,
- 3) Larenksin elevasyonu ve öne doğru yerdeğiştirmesi ile girişin dil kökü ile koruma altına alınması,
- 4) İspirasyon başlamadan önce yenen materyalin farenskten temizlenmesidir.

Larenks yutma sırasında sfinkterik görev yapmakla birlikte solunum için inspirasyon sırasında sfinkter aktif olarak açılır. Solunum medulladaki merkez ile düzenlenir. Solunum sırasında larenksin açılımına, posteriyor krikoaritenoit kasın kasılması, trakeanın aşağı inmesi ve larenks iskeletindeki oluşan longitudinal gerilim ile sağlanır (13, 20).

Larenks balgamın çıkarılması (ekspekterasyon) ve öksürmede yardımcı rol oynar. İki taraflı ses kıvrımı paralizilerinde ventriküler bandların pasif kapanması ile öksürme ve balgamın dışarı çıkarılması pek etkilenmez (20).

Glolik kapanma alt solunum yollarını penetrasyon ve aspirasyondan korunmasına imkan veren polisınaptik bir refleksdir. Abartıldığında ise laringospazm oluşur. Bu refleksler deney hayvanlarında süperiyor larengeal sinirin elektriksel uyarımı ile oluşur, süperiyor larengeal sinirin kesilmesi ise larengospazmı ortadan kaldırır.

Larenksin yutma esnasında yükselmeside koruyucu fonksiyonu sağlar. Klinik olarak larengospazm endotrakeal entübasyon, ekstübasyon, uygulaması sırasında ve larenksin kan ile kontamine olması durumunda da oluşabilir. Larenks vücutta korunaklı bir konumdadır ve direk uyarı nadiren olur. Larengeal kapanma refleksi infantlarda özellikle hassasdır, su gibi zayıf bir uyaranda bile ortaya çıkar (20).

Larenksin koruyucu kapanışı üç basamaktan gerçekleşir. Sfinkterik görevin başlaması için bilateral süperiyor larengeal sinir stimülasyonu gerekir. İlk basamakta epiglotun larenks lümenine doğru eğilmesi ve ariepiglotik kıvrımların mediale doğru kollapsı ile larengeal giriş kontrakte olur. İkinci basamakta larenks vestibülüm kapanır. Üçüncü ve en önemli basamakta ses kıvrımları seviyesinde kapanma olmasıdır (13).

#### **2.4.1.2 Solunum**

Alt solunum yollarını sfinkterik fonksiyon ile koruma görevi olan larenksin solunum için inspirasyon sırasında bu sfinkteri aktif olarak açması gerekir. Ses kıvrımlarının açılması ile birlikte eşzamanlı olarak diyafram alçalmalıdır. Solunumdaki ses kıvrımlarının açılırken diyaframın aşağı inişindeki senkronizasyon medulladaki solunum merkezinde sinir sistemindeki daha yüksek merkezlerin yardımı ile periferden gelen bilginin ilavesi ile sağlanır (13). Ses kıvrımlarının açılması primer olarak posteriyor krikoaritenoitin foksiyonu ile gerçekleşir. Hiperpneik durumlarda ise krikotiroit, posteriyor krikoaritenoit ile birlikte ritmik olarak kasılır. Krikotiroit kas fonasyon sırasında ses kıvrımlarının boyunu uzatıp pasif olarak addükte ederken, solunumda posteriyor kirkoaritenoit kas ile birlikte kasılması ile ses kıvrımlarının gerginliği artar ve hava akımının geçiş alanı genişler. Bilateral inferiyor larengeal sinir paralizilerinde krikotiroit kas felçli ses kıvrımlarında addüksiyonu arttırır bu nedenle tek taraflı süperiyor larengeal sinir kesisi ile tam addüksiyon engellenerek glotik direnç azaltılır (20, 21, 24).

#### **2.4.1.3 Fonasyon**

Fonasyon ağız, farenks, larenks, akciğer, diyafram, karın ve boyun kaslarının koordine aktivasyonunu gösterir ve üç temel ögeden oluşur. Fonasyon, Rezonans ve artikülasyon. Fonasyon ses kıvrımlarının titreşimi ile ses oluşmasıdır. Fonasyon için gerekenler, güç

sağlamak için yeterli nefes desteği, ses kıvrımlarının vibratuar kenarlarının birbirine yaklaşması, gerginliğinin uzunluğunun ve üç boyutlu şeklin titreşime uygun olmasıdır.

Rezonans ses kıvrımları tarafından üretilen sesin uzatılması, arttırılması ve filtre edilmesidir. Rezonans tarafından arttırılan ses frekansları formants olarak adlandırılır. Rezonans kontrolü, farenksin hacmini ve şeklini değiştirerek, larenksi alçaltarak veya yükselterek, dil ve çene pozisyonunu hareket ettirerek, nazofarenks veya burun içerisinden ses iletim miktarını değiştirerek yapılır (34).

Ses yolu ses kıvrımlarından dudaklara kadar olan hava pasajını kapsar ve tüm bu yolun dinamik hareketleri sonucunda glotik sesin konuşma sesine dönüşümü işlemi artikülasyonu tanımlar. Larenksin artikülasyona katılımı fonasyon başlama zamanı ve ve fonasyon bitirme zamanı ile sınırlıdır. Ünlü ve ünsüzler dudaklar, dil, damak ve farenksin hareketi ile oluşturulur (34).

#### **2.4.1.4 Fiksatif fonksiyonu**

Ses kıvrımlarının kapanması ile toraks içerisine hava hapsedilir. istemli olarak yapılan b1 işlem ağır kaldırma, ağaca tırmanma veya ıkınma hareketine yardım eder.

#### **2.4.2 Ses Oluşumu**

Ses; konuşmanın hammaddesi, temel ögesidir. İnsanoğlunu diğer canlılardan ayıran en önemli özelliklerinden biri de sesini konuşma şekline dönüştürmesidir. Konuşma kişinin kendisi ve çevresiyle dengeli bir ilişki kurmasını ve sürdürmesini sağlayan sesli sembollerin oluşturduğu bir iletişim dizgesidir. Ses üzerine kayıtlı ilk çalışmalar MÖ. beşinci yy kadar uzanmaktadır. Hipokrat akciğer, trakea ve dilin fonasyon için önemini belirtmiştir. Aristo sesin duygu ile olan ilişkisini tanımlamıştır. Cladius Galen 131-201 yılları arasında yaşamış olup, larenksi tanımlamış ve konuşma ile sesi birbirinden ayırmıştır. Claudius Galen larengoloji ve ses biliminin kurucusu olarak kabul edilebilir. Helmholtz (1863) glotisten patlayan hava akımı sonucu fonasyonun oluştuğunu göstermiştir. Direkt laringoskop, ses spektrografisi gibi teknolojinin gelişimiyle birlikte ses oluşumunda farklı anatomik yapılar ve fizyolojik sistemlerin yer aldığı kompleks bir sistem olduğu anlaşılmıştır. Ses hastalıklarının fizyopatolojisinin tam olarak

anlaşılabilmesi için ses fizyolojisi ve fonasyon mekanizmalarının bilinmesi gereklidir (35, 36).

Fonasyon kontrolünün kompleks mekanizması, insanoğluna periferik nöromusküler sistem ve santral parçaların kordinasyonunu sağlar. İstemli konuşma serebral korteksten başlar. Müzikal ve artistik ifadeler için sesli komutları oluşturmak konuşma merkezleri arasındaki kompleks etkileşimler ile olur. Planlanan konuşma sinyalleri presantral girusa iletilir. Presantral girus bilgileri beyin sapındaki motor çekirdeklere yükler. Bu sinyaller konuşma ve ses üretiminden sorumlu larenks, toraks ve karın kaslarına aktarılır. İnce ayar ekstrapiramidal sistem (serebral korteks, serebellum ve bazal ganglia) ve otonomik sinir sistem ile sağlanır (2, 23).

Loucks TMJ ve arkadaşları fonasyon sırasında merkezi sinir sisteminin rolünü tanımlamak için sağlıklı erişkinlerde fonasyon sırasında kontrastlı fMRI ile yaptıkları incelemede; ses kıvrımının vibratuar hareketleri sırasında sol sensorimotor, bilateral temporoparietal ve mediyal motor alanda aktivite izlemişlerdir. Uzun ekspiryum sırasında sol sensorimotor ve temporoparietal alanlarında benzer motor aktivite görülürken mediyal motor alanda ise aktivite izlenmemiştir (37).

Fizyolojik insan sesinin oluşumunda esas motor fonksiyonu aerodinamik enerjiyi ses kıvrımlarına ulaştıran akciğer ve solunum kasları üstlenir. Ses kıvrımları ise oluşan bu aerodinamik enerjiyi bir transduser gibi akustik enerjiye dönüştürür. Oluşan ses ise ventrikülden başlayarak hipofarenks, orofarenks, nazofarenks, burun, paranazal sinüsler, dil, diş, damak ve dudakları da içeren rezonans bölgelerinde fonetik özellik kazanır (38).

Larenks ses fizyolojisinde en önemli anatomik yapıdır. Larenkste sesin meydana gelmesinde çeşitli komponentler rol oynar. Bunlar;

- Yeterli solunum desteği, ekspiratuar güç,
- Ses kıvrımların birbirine yaklaşması, kapanması,
- Ses kıvrımlarının şekli,
- Ses kıvrımlarının vibratuar kapasitesi,
- Ses kıvrımlarının uzunluğunun ve gerginliğinin istemli kontrolüdür (20).

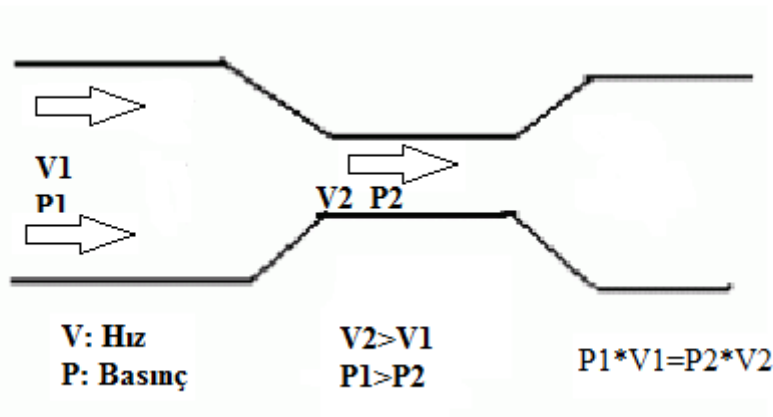


Ses oluşumu için çeşitli teoriler ileri sürülmüştür. Husson 1950 yılında nörokronaksik hipotezi ileri sürmüştür. Nörokronaksik teoriye göre, ses kıvrımlarının titreşimi pasif olarak değil beyin merkezlerinden başlayan ve larenks sinirleri ile iletilen ritmik uyarıları sonucu oluşur. Ses kıvrımlarının titreşimindeki her bir döngü ayrı bir nöral impuls ile oluşur. Bu stimülasyon Russon'a göre kendisi tarafından tarif edilen koklear-rekürensial bir refleks ile kontrol edilmektedir. Fakat bu teori çeşitli nedenler ile kabul görmemiştir.

Bunlar:

- Ses kıvrımlarının pasif açılıp kapanmasının bilinmesi,
- Tek taraflı veya çift taraflı paralizilerde dahi ses oluşması,
- Kadavralarda subglotik basınçlı hava verilmesi ile ses oluşması,
- Ses kıvrımlarının sinir ileti hızından daha yüksek hızda titreşim yapabilmesi,
- Titreşimlerden larengeal dokuların meaknik özelliklerinden ve ses kıvrımlarınının mukozasının görevine değinmediği içindir (12).

Kabul gören fonasyon teorisi aerodinamik miyoelastik-aerodinamik fonasyon teorisidir. İlk olarak 1843 yılında Johannes Müller tarafından sunulan daha sonra Tandorf Smith tarafından geliştirilen ve son olarak 1958 yılında Albert van den Berg tarafından son halini alan bu teori Bernolli fenomeni ile açıklanır. Johannes Müller ses kıvrımlarının pasif hava akımı ile oluşan ve kas elastikiyeti yardımı ile bir vibrasyon sistemi oluşturduklarını kabul eder. Ses kıvrımları fonasyon sırasında santral sinir sistemi tarafından frekanslara göre ayarlanmakla birlikte, hava basıncı yardımı ile pasif olarak da hareket ederler (5, 39).

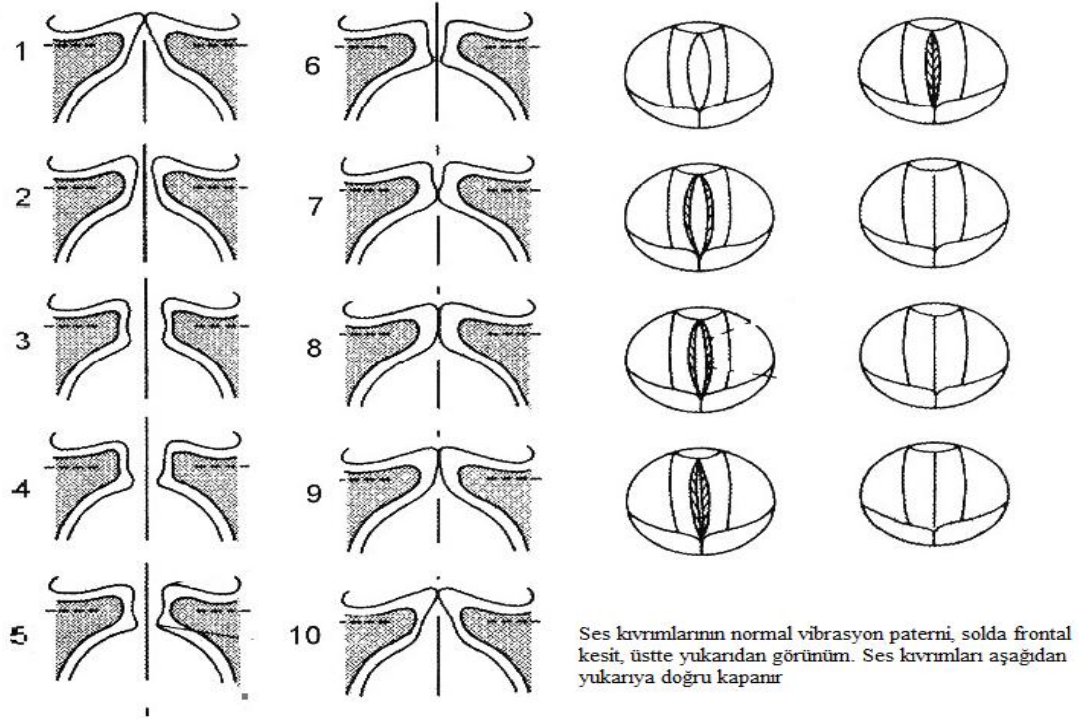


Şekil 8. Bernolli etki

miyoelastik- aerodinamik teoriye göre ses, ses kıvrımlarının periyodik olarak açılıp kapanması, ekspiryum sırasında dışarıya verilen havanın ses kıvrımları üzerinde oluşturduğu aerodinamik güçlerin etkileşimi sonrası oluşur. Teorinin başlangıç noktası ses kıvrımları adduksiyona getirilir pasif olarak orta hatta tutulur. Ekspiryum havasının etkisi ile açılır ve kapanır (12, 40).

Teoriyi detaylı olarak ele alırsak;

1. Addüktör kasların fonksiyonu ile ses kıvrımları orta hatta birbirine yaklaşır ve glotis kapanır.
2. Akciğerlerden gelen hava subglotik basıncın artmasına neden olur. Subglotik basınç addükte ses kıvrımlarının direncini yenecek düzeye geldiğinde, fonasyon eşik basıncı olan ortalama 7 cm H<sub>2</sub>O üzerine çıkmasıyla ses kıvrımları açılır ve hava supraglotik bölgeye geçer.
3. Hava akımının hızlanması ile Bernoulli etkisine bağlı olarak daralan bölgede hava basıncı düşer. Ses kıvrımları seviyesindeki bu düşük basınç ses kıvrımlarını birbirine yaklaştıran bir emme gücü oluşturur. Bu güç ses kıvrımları kapanana kadar artar ve siklüs tamamlanır, yeni bir siklüse hazırlanır. Siklüs oluşmasında Bernoulli etkisinin yanı sıra, ses kıvrımlarının elastikiyetinin de rolü vardır. Ses kıvrımlarının kapanıp açılmasıyla glotal (vibratuar) döngü oluşur. Bu şekilde art arda oluşan döngü sayısı sesin temel frekansını oluşturur.



Şekil 9: Ses kıvrımı vibrasyonları ve glotik döngünün şeması

Liberman tarafından 1968 yılında sunulan miyoelastik-aerodinamik teori fiziğinde ses kıvrımları üzerindeki temel iki kuvvet, fonasyon sırasında ses kıvrımlarını addukte pozisyonundan ayıran aerodinamik ve aerostatik kuvvetler ve ses kıvrımlarını eski pozisyona döndürecek doku kuvvetleridir (miyoelastik).

Ses kıvrımlarının titreşiminde temel unsur mukozal dalgadır (41). Larenks mukozası altında özellikle ventrikül ve band seviyesinde bulunan mukoz glandlar ses kıvrımı mukozasını nemlendirir ve bu şekilde mukozada kayganlık sağlanır. Bu şekilde mukozal dalgalanma hareketi de düzenlenmiş olur (38).

Kas tabakası aktif iken örtü ve geçiş zonu pasiftir. Mukoza dalgalanmasında örtü tabakası önemlidir. Örtü tabakası gevşek, elastik ve kasılma fonksiyonu yoktur. Gövde tabakası katıdır ve aktif olarak kasılma özelliği vardır. Tabakalar arasındaki sertliğin farklı olması mukozal dalgalanmayı kolaylaştırır, hareket kordineli ancak birbirinden ayırdır. Mukozal dalgalanmanın bozulması sesin kalitesine zarar verir. Paralizde kas tabakası kasılmadığı için gövdede sertlik olmayacağından örtünün de hareketi anormal olup örtü ve gövde pasif olarak aynı anda titreşir (32, 42).

Ses kıvrımlarının vibrasyon frekansı saniyede oluşan glotik döngü sayısına eşit olup sesin temel frekansı olarak adlandırılır. Vibrasyon frekansı ses kıvrımlarının titreşen kütlesi, gerilimi ve subglotik basınçtan etkilenir (42).

## 2.5 Sesin Fiziksel Özellikleri

Sesin perde, şiddet, kalite ve rezonans olmak üzere dört özelliği vardır.

### 2.5.1 Perde

Perde sesin kalınlık ve inceliğini bildirir. Fiziksel karşılığı frekans olup Hertz (Hz) olarak ölçülür. Frekans denilince de ses kıvrımlarının saniyedeki titreşim sayısına eşit olan temel frekans anlaşılır ve F0 olarak temsil edilir. Frekansın algısal karşılığı perde'dir. Perdenin algılanmasına katkıda bulunan bir çok faktör olsada en dikkat çekici olan frekansıdır (43). Akustik ses analizi parametrelerinde daha detaylı olarak bahsedilmiştir.

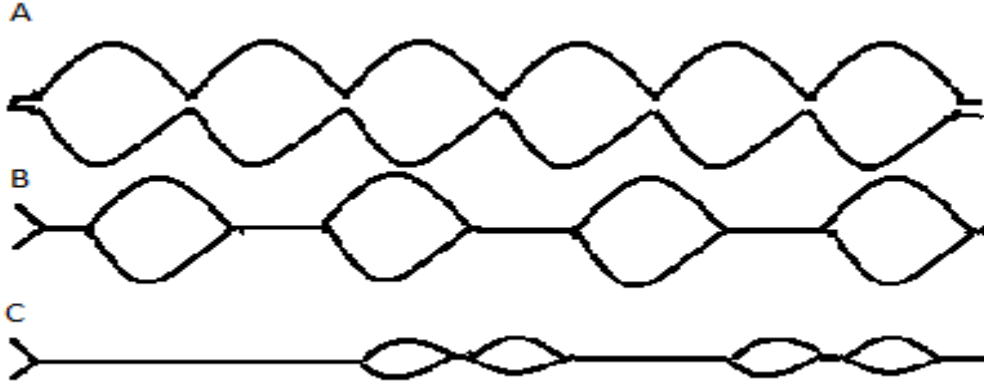
### Rejister

Rejister terimi fizyolojik bir kavram olmayıp org yapısından gelmektedir. İnsan sesinde registre kavramı, rezonans ile ilgili olmayıp ses kıvrımlarının değişik hareketlerine verilen isimdir (5). Ses kıvrımları, farklı frekanslarda farklı titreşimler oluşturur. Ses aralığı içinde aynı kalitede, aynı titreşim örneği ile çıkarılan seslerin oluşturduğu gruba rejister adı verilir. Ses kıvrımlarının davranış özelliğine göre üç farklı rejisterden bahsedilir (şekil 11). Bunlar kalından inceye doğru, nabız (cızırtı) rejisteri, modal (normal) rejisteri ve falsetto rejisteridir (12).

Nabız rejisteri: Frekans aralığı en düşük olan rejisterdir olup yaklaşık 25-80 Hz arasındadır. Ses kıvrımlarının hava kabarcıklarının geçmesine izin verecek ölçüde gevşek olması ile elde edilir.

Modal (normal) rejister: Frekans aralığı erkeklerde 75-450 Hz, kadınlarda 130-520 Hz arasında olup konuşma ve şarkı seslerinin bulunduğu rejisterdir. Ses kıvrımları titreşime bütün uzunlu ile katılır.

Falseto rejisteri: Frekans aralığı erkeklerde 275-620 Hz, kadınlarda 790-1130 Hz arasındadır. Ses kıvrımları ileri derece gergin olup titreşen kenarın kalınlığı son derece azalır ve titreşime sadece incelen bu kısım ile katılır.



Şekil 11: Ses kıvrımlarının vibratuar paternleri A: falsetto, B: modal rejister, C: vokal fry (gıcırıtı sesi)

### 2.5.2 Şiddet

Titreşim amplitütlerine bağlıdır. Sesin yayılma doğrultusunda dik bir düzlemde bir  $\text{cm}^2$ 'lik yüzeye bir s'de verdiği ses enerjisidir ( $\text{watt}/\text{cm}^2$ ). Birimi sesin basınç seviyesini anlatan desibel (dB)'dir. Günlük kullanımda ses, şiddet birimi yerine basınç birimi ile ifade edilir ( $\text{dyn}/\text{cm}^2$ ). Ses basınç seviyesi için referans değer  $20 \mu\text{Pa}$ 'dır. Sesin şiddeti subglotik basınç artışı ve ses kıvrımlarının gerilimi ile değişir. Normal konuşma sesinde şiddetin artması, iletim tipi işitme kaybına bağlı olarak kendi kendini kontrol edememenin bir göstergesi olabilir. Ses şiddetinin kontrolünde yüksek frekanslarda hava akımı, düşük frekanslarda ise ses kıvrımı direnci daha etkilidir. Ortalama erişkin kadın ve erkek yaklaşık 70 dB şiddette konuşur (20). Şiddetin algısal karşılığı gürülük olup pratikte çok sık kullanılmaktadır.

### 2.5.3 Kalite

Ses kıvrımlarının düzgün şekilde titreşimi ile ortaya çıkan kulakta iyi bir izlenim bırakan özelliktir. Fiziksel olarak ses kalitesinin bozukluğu jitter, shimmer gibi pertürbasyon parametreleri ve çeşitli gürültü parametreleri ile ölçülür. Bu değerlerin belirli bir düzeyin üzerinde olması ses kalitesinin bozuk olduğu anlamına gelir. Ancak bu değerlerin sıfır veya sıfıra yakın olması da o sesin çok kaliteli bir ses olduğu anlamına gelmez (12). Ses kalitesi ses kıvrımlarının vibrasyonu ve rezonans ile

belirlenir (44). Akustik olarak ses kalitesini tanımlamada en önemli parametre sesin spektrumudur. Spektrum kompleks bir tondaki frekans sayısı ve amplitütleri olarak ifade edilir.

#### **2.5.4 Rezonans**

Glottis düzeyinde üretilen sesin frekansı, ağız ve burun boşluklarında işlenerek bazı frekans bölgelerinde şiddetlenme bazı bölgelerde de zayıflama şeklinde değişikliğe uğramasına rezonans adı verilir (12). Rezonans olayı ile şiddeti artan frekans bölgelerine formant adı verilir. Rezonans, sese sadece fonetik özellik kazandırmayıp kişilik özelliği de verir (20).

## **2.6 Sesin Klinik Değerlendirmesi**

Ses, ruh ve beden sağlığının barometresi gibidir. Sesi klinik değerlendirmesi için öncelikle kapsamlı bir anamnez alınmalı, genel kulak burun muayenesi yapılmalı sonrasında larenks ve ses kıvrımlarının titreşimsel özellikleri tam olarak değerlendirilmelidir (45).

### **Anamnez**

Hastaların yaşı, cinsiyet, meslek, sesini nasıl kullandığı, konuşmasının şekli, sistemik hastalık öyküsü, psikolojik durum, ses değişikliğinin süresi, seyri vb. hikayesindeki tüm özellikler sorgulanmalıdır (20).

## **2.6.1 Subjektif İnceleme Yöntemleri**

### **2.6.1.1 Hasta skalaları**

Hasta ölçümleri hasta, hasta bakıcı ve yakınları tarafından doldurulan skalalardır. Skalalar hastaların genel sağlığını, hayat kalitesini, memnuniyetini, hayat kalitesini, ses hastalığı nedeniyle oluşan kayıp, handikapı ve ses üretiminin bazı özelliklerini ölçer. Bu skalalar ses handikap indeksi, ses aktivitesi ve etkileme profili, ses semptom skalası, sese bağlı hayat kalitesi, reflü semptom indeksi, ses performansını sorgulayan hastalar ve ses sonuç takibi skalalarıdır. Skala seçimi ilgi alanları ve güvenilirlik ihtiyaçlarına göre yapılır. Hasta skalaları hasta ile hekim ilişkisine yön verir ve ses değerlendirmesine büyük bir katkı sağlar (43).

### **Ses handikap endeksi (VHI; Voice Handicap Index)**

Ses bozukluğu nedeniyle oluşan sosyal, ekonomik ya da çevresel dezavantaj şeklinde tanımlanır (46). Tüm skala otuz maddeden oluşan bir ankettir. Her biri 10 maddeden oluşan işlevsel, fiziksel ve duygusal olmak üzere üç alt skalaya bölünür (43). Her maddeye 0-4 arasında bir değer verilir, toplam skor maksimum 120'dir. Ses ile ilgili sorun ne kadar büyük ise skor da o kadar büyüktür. Ses handikap endeksi İngilizce dışında başka dillere de çevrilmiş, çeviriler ile ilgili geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır (47). Türkçe ses handikap endeksinin güvenilirlik ve geçerlilik çalışması Kılıç ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yapılmıştır (48).

### **Ses aktivite ve paylaşım profili (VAPP: Voice Activity and Participation Profile)**

Ses probleminin derecesini ve bu problemin iş, günlük iletişim, sosyal iletişim ve duygusal etkilerini yansıtan 28 madde içerir. Her madde sol tarafı 'hiç' ve sağ tarafı 'hep' olarak etiketlenmiş 10 cm'lik görüntülü analog skalası kullanarak skorlanır (43).

### **Ses semptom skalası (VoiSS; Voice Symptoms Scale)**

Sorular ses patolojisinin özellikleri olan iletişim problemleri, boğaz enfeksiyonları, duygusuzluk ve psikososyal gerilimi yansıtır (43).

### **Sesle ilişkili yaşam kalitesi (V-RQOL; Voice-Related Quality of Life)**

On maddeden oluşup, fiziksel işlev ve sosyal-duygusal işlev alt skalalarına ayrılır. total skor 100 olup en yüksek hayat kalitesini yansıtır (43).



### 2.6.1.2 Algısal (Perseptüel) değerlendirme

İşitsel, görsel ve taktıl olarak üç bölüme ayrılır.

#### İşitsel algısal değerlendirme

Sesin değerlendirilmesi için eğitilmiş kulak en ayırt edici enstrumandır (49). Algısal analiz sistemi klinik ve araştırma amaçlı kullanılsa da geçerliliği hakkında önemli soru işaretleri olup güvenilirliği düşüktür. Kritik problemlere rağmen algısal analiz sistemi fonksiyonel önemini ve geçerliliğini korumaktadır. Bu konuda en çok kullanılan yöntemler, GRBAS (Grade, Roughness, Breathiness, Asthenicity, Strained) skalası, RBH (Roughness, Breathiness, Hoarseness), CAPE-V (Consensus Auditory Perceptual Evaluation-Voice), VPA (Voice Profile Analysis)'dır. Bunlardan en iyi bilineni Japon Logopedi Foniatri Derneği tarafından geliştirilen GRBAS skalasıdır. Sesin algısal yönden değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin en eskisidir. Bu nedenle, diğer yöntemleri GRBAS'ın modifikasyonu olarak değerlendirmek yanlış olmaz. Ses bozukluğu beş ayrı skala tarafından, her bir skalaya kendi içinde sıfır ile üç puan arasında puanlama yapılarak değerlendirilir. Sıfır puan normal, bir hafif bozulma, iki orta derecede, üç puan ise şiddetli bozulmayı işaret eder (50, 52).

G(grade): Disfoni derecesi

R(roughness): Vibrasyon düzensizliği, kabalık

B(breathiness): Hava Kaçağı, solukluk

A(asthenia): Sesteki güçsüzlük ve zayıflıktır, hipoknetik ve hipofonksiyonel özellik değerlendirilir.

S(strain): Gerginlik, fonasyonun hiperfonksiyonel durumunun psikoakustik göstergesidir.

RBH, GRBAS sisteminin *Asthenia* ve *Strain* parametrelerinin çıkarılması ile *Nawke ve ark* tarafından tanımlanmıştır. GRBAS olduğu gibi sıfır ile üç puan arasında puanlama yapılarak değerlendirilir. Bazı bilgisayar programlarını kullanarak objektif akustik parametreler ile RBH benzeri değerlendirilme yapılabilmektedir.

İşitsel Algısal Değerlendirme Konsensusu-Ses (CAPE-V), GRBAS skalasının modifikasyonudur. Altı ana parametre ve buna ek olarak hasta tarafından seçilen tercihsel parametreler vizüel analog skalada derecelenmektedir. Derecelendirme iki

uzatılmış, sesli harf, altı standart cümle ve yirmi saniyelik doğal konuşma üzerinden skorlanır (43).

John Laver ve Janet MacKenzie-Beck tarafından geliştirilen Vokal Profil Analizi (VPA) ses kalitesinin değerlendirilmesinde değişik bir bakış açısı sunar. Ses onsekiz supralarengeal ve sekiz fonatuar ortama göre profillendirilir. Her ortam nötral ve non-nötral olarak belirlenir ve non-nötral ortamlardan sapma derecelerine göre skalandırılır (50).

### **Görsel algısal değerlendirme**

Koschkee ve Rammage görsel algısal muayeneyi, genel görünüm, muskuloskeletal gerilim, nörolojik disfonksiyon, fiziksel dismorfoloji ve hastalığın klinik bulguları olmak üzere 5 kategoriye ayırmıştır (51).

### **Taktil algısal değerlendirme**

Taktil algısal değerlendirme ekstrensek larengeal kasların geriliminin palpasyonunu ve solunum aparatının fiziksel muayenesini içerir. Taktil algılama değerlendirilmesi suprahioit kaslar, hiyoit kemiğin büyük boynuzu, tiroit kartilajın süperiyor kornu, tiroit kartilajın lateral kısımları, tirohiyoit aralık ve sternokleidomastoit kasın ön kenarını içerir(43).

### **2.6.2 Algısal Değerlendirme Amacı ile Objektif Yöntemlerin Kullanılması**

Algısal değerlendirmenin dezavantajı hem deneyim ve ekip gerektirmesi hemde subjektif olmasıdır. Bu zorluğu aşmak için geniş veri tabanları üzerinde çalışarak akustik–aerodinamik parametreler ve ses kısıklığı düzeyi arasındaki ilişki araştırılmış ve yeni parametreler geliştirilmiştir (52).

### **Göttingen ses kısıklığı diyagramı (GHD)**

Michaelis ve ark tarafından 1998 yılında tarif edilen değerlendirme yöntemidir. X ekseninde üç düzeltme faktörlü *Jitter*, 15 düzeltme faktörlü shimmer ve MVC (ortalama periyot korelasyonu) parametreleri kullanılarak hesaplanan *Irregularity* değeri, y ekseninde GNE (Glottik gürültü eksitasyon oranı) kullanılarak hesaplanan *Noise* değeri gösterilir (53). VoxMetria yazılımı ile GHD parametreleri ve diyagram çizilmektedir.

### **Vospector**

LingWAVES yazılımının Vospektör modülü ile vizüel analog skala üzerinde gösterilebilen *Noise* (solukluk), *Irregularity* (pürüzlülük) ve *Overall severity*(genel ses kısıklığı düzeyi) değerlendirilmesi yapılabilmektedir (52).

### **Disfoni Şiddet Endeksi (DSİ; Dysphonia Severity Index)**

Wuyts ve ark (54) tarafından 2000 yılında tarif edilmiştir. Akustik parametreler ile GRBAS algısal değerlendirmenin *Grade* parametresi arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. En yüksek F0, en düşük ses şiddeti, maksimum fonasyon süresi ve *Jitter* parametreleri kullanılarak hesaplanır (52). DSİ değeri parametrelerin ölçülmesi sonrası elle hesaplanacağı gibi LingWAVES analiz sistemi ile otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

### **Voice Quality Estimates**

Dr. Speech programının Vocal Assessment yazılımı, temel frekansın standart sapması, Jitter, Shimmer ve NNE değerlerini kullanarak RBH sistemine benzer değerlendirilme yapılmasının sağla

## 2.6.3 Objektif İnceleme Yöntemleri

### 2.6.3.1 Görsel dökümantasyon

#### İndirekt larengoskopi

Larenksin doğrudan olmayan ayna ve prizma sistemi ile görüntülenmesidir. Anestezi uygulanmadan hasta uyanık iken yapılabilmesi avantajıdır.

#### Rijit - Fleksibl endoskop ve Ayna larengoskopisi

Fleksib ve rijit endoskopi muayenedeki hedef tercihinine göre değişir. Her iki muayene yönteminin birbirine avantaj ve dezavantajları vardır. Fleksibl endoskopi olmaksızın larenksin nörolojik fonksiyonunu belirlemek zordur. Temel avantajı larenksi konuşma ve şarkı söyleme anında da görüntüleyebilmesidir. Nötral dil ve boyun pozisyonu sayesinde ses kırırımları arasındaki aralık rijit yöntemine göre daha net olarak tarif edilir. Fleksibl endoskopi sorunun yapı ve mukozadan ziyade hareket ile ilgili olduğu durumlarda tercih edilir. Bu yöntemde daha düşük kalitede görüntü elde edilir. Ayrıca hastalar fleksibl muayeneyi daha invaziv bulmaktadır. Rijit endoskopide görüntü tamamen lensler tarafından oluşturulduğu için daha yüksek görüntü kalitesine sahiptir. Larenks yapılarına bakılınca fleksibl yöntemden oldukça üstündür (55).

Rijit endoskopide dilin dışarıya çıkarılması ve boyun ekstansiyonu nedeni ile ses kırırımları arasındaki aralık abartılı görülebilir. Boyun ekstansiyonunu azaltan lateral yaklaşımlar ile bu sorunda giderilmeye çalışılır (56).

Ayna larengoskopisi, geleneksel bir teknik olup larenksin genel görüntülenmesine olanak sağlayan bir tekniktir. Dilin öne çekilmesi, aynanın orofarenkse yerleştirilmesi ve ışığın ayna üzerine düşürülmesi ile görüntü sağlanır. Büyütmenin olmaması küçük larengeal anomalilerin değerlendirilmesini engeller. Hızlı ve genel muayene için faydalı olmakla birlikte ses kırırımlarının titreşiminin değerlendirilmesi açısından bilgi edinilemez (45).

## **Direkt larengoskopisi**

Larenks görüntüleme işlemleri arasında en girişimsel olanıdır. Larenks genel anestezi altında uygun larengoskop altında görüntülenir. Fonasyon fonksiyonu anestezi uygulandığı için değerlendirilemez (45).

### **2.6.3.2 Ses Kıvrımlarının Vibrasyon Paternlerinin Değerlendirilmesi**

## **Videostroboskopi**

Stroboskop periyodik hareketlerin hızını tesbit etmeye yarayan, hareketin durmuş ya da yavaşlamış olarak görünmesini sağlayan alet olarak tanımlanır (55). Stroboskopi Yunanca strafo: döndürme, skopien: görme, kaydetme kelimelerinden oluşur (20).

Stroboskopi optik bir illüzyondur. Videolarengostroboskopi (VLS) yavaş hareketli fotoğraf çekimi değil, strob ışığının ses kıvrımlarının değişik noktalarının değişik vibrasyon periyodunda görüntülenmesi ile oluşan yanılsamadır. Talbot yasasına göre her ışık 0,2 saniye süre ile retinada kalır ve saniyede beş görüntü görülebilir. Bu nedenle saniyede beşten fazla görüntü var ise görüntüler hareketli film gibi algılanır (55, 57).

Muayene öncesinde stroboskopi ışığının frekansını hastanın temel F0'ına eşitlediğimizde, ışık farklı glotik döngülerin aynı noktasına çakacağı için ses kıvrımlarını hareketsizmiş gibi görürüz. Yavaş dalga hareketlerini izlerken stroboskopi ışığı F0'dan yaklaşık 2 Hz fark ile ışığı vermekte ve farklı glotik döngülerin farklı noktalarını göstermektedir. Her bir görüntü arasındaki fark 0.2 s'nin altında olduğu için görüntüyü bir bütünün parçaları şeklinde algılarız. Stroboskopik prensib ilk olarak birbirinden habersiz olarak Brüksel ve Viyana'da fizikçi Pltou ve Stamper tarafından birbirlerinden habersiz olarak tanımlanmıştır. 1852'de Harless eksiz edilmiş larenks spesmenlerinde stroboskopik inceleme yapmıştır. Oertel 1878'de larenks aynası ve üzerinde yarı bulunan döner bir disk kullanarak ses kıvrımlarının aralıklı illüminasyonunu sağladı. Kalen 1932 yılında stroboskopik ışığın optik ve cerrahi özelliklerini tanımladı. Leden 1961'de elektrik ile senkronize stroboskopiye tanıttı. Yoshida stroboteleskopik renkli görüntülerin videoya kayıt sistemlerini geliştirdi. 1980'lerin ortalarından itibaren stroboskopik muayene rutin olarak klinik uygulamaya girmiştir (57, 58).

VLS günümüzde larenksin incelenmesinde kullanılan en faydalı yöntemlerdendir. VLS sayesinde ses kıvrımlarının vibrasyon özellikleri, travma veya cerrahi sonrası mukozal dalgalanmadaki değişiklikler, nodül ve submukozal kist ayrımı, süperiyor larengeal sinir paralizisinin tanısı, paralizde ses kıvrımı hareketlerinin takibi, larenksin dinamik ve morfolojik yapısı detaylı olarak incelenebilir. Görüntülerin kaydedilebilmesi, hastalarda ses terapisi veya cerrahi seçimi, tedavi öncesi ve sonrasını karşılaştırma, tıp eğitimi ve hasta bilgilendirilmesi için önemli bir özelliktir (20, 59 ). İndirekt larengoskopi sonrası VLS uygulanması ile yapılan çalışmalarda ilk tanıda % 10 ile 43 arasında değişiklik olduğu görülmüştür (60).

Stroboskopik muayene hem ses kıvrımlarının epitelyal ve subepitelyal tabakasının morfolojik yapısını hem de vibrasyon hareketinin detaylarını gösterdiği için değerlendirme kriterleri; simetri, periyodiklik, amplitüt, mukozal dalga üretimi, glotik kapanma ve düzenliliktir.

### Simetri

Titreşim esnasında ses kıvrımlarının birbirinin ayna imajı görülme derecesini gösterir. Ses kıvrımları açılırken, kapanırken ve kapalı olduğu zamanlardaki simetri ile tarif edilir (61). Asimetrik vibrasyon ses kıvrımları arasındaki mekanik özellik farklarını (kitle gerginlik, elastikiyet, inflamasyon) veya nörolojik durum hakkında sorunları akla getirir.

### Titreşim Amplitüdü

Ses kıvrımlarının orta hattan laterale uzaklaşması titreşim amplitüdünü gösterir. Kadınlarda erkeklere göre daha küçüktür (55, 61). Normalde görünürdeki ses kıvrımlarının üçte biri olarak tanımlanır. Eşit beş veya yedi aralık olarak normalden azalmışa doğru derecelendirilebilir. Titreşim amplitüdünün düşmesi glotik yetmezlik, ses kıvrımlarında kitle ya da katılık sonucu oluşabilir (61).

### Düzenlilik (periyodisite)

Düzenlilik oluşan fonatuvar döngülerin hem amplitüt hem de zaman olarak benzerliğinin derecesi olup pulmoner basınç ile ses kıvrımları arasındaki sabit dengeye

bağlıdır (61). Düzensizliğin derecesini VLS ile saptamak zor olup bunun için akustik analiz gerekir (55). Hava akımındaki kontrol bozukluğu, nöromusküler hastalıklar, ses kıvrımlarının mekanik özelliklerini etkileyen kitle lezyonları, ses kıvrımlarının aşırı gerginliği (hiperkinetik disfoni), krikoaritenoid eklem disfonksiyonu, mutasyonel disfoni ve psikojenik disfoni gibi durumlarda periyotların düzenini etkilenir.

### Mukozal dalga

Ses kıvrımlarının üzerini kaplayan dokunun vertikal hareketine mukozal dalga denir. Ses kıvrımlarının kendi kendine titreşimi için önemli olan mukozal dalgalanma hareketi ses kıvrımlarının iç yüzünden başlar üst yüzey boyunca laterale doğru hareket eder (62). Lamina proprianın yüzeyel tabakasını tutan, vokal ligamanı infiltre eden veya iten lezyonlar mukozal dalgalanmayı sınırlar. Lamina proprianın yüzeyel bölümünü veya mukozayı sınırlı tutan lezyonlar asimetri ya da azalma olsa da mukozal dalgalanmanın ilermesine izin verir (63).

### Kapanma modeli

Ses kıvrımlarının titreşimi sırasında maksimum kapanma olduğu zaman ses kıvrımlarının şekli kapanma modelini tanımlar. Kapanma tipi, tam kapanma, iğ şeklinde açıklık, kum saati şeklinde açıklık, anterior açıklık, küçük veya büyük posteriyor açıklık olarak tanımlanır (55). Anterior açıklık erkeklerde ve ileri yaş kadınlarda normal olarak görülürken kartilajinöz kordlarda ve aritenoitlerde kapanmanın olduğu fakat membranöz kordların bir kısmında açıklık olduğu durumdur (64). Bununla beraber sulkus vokalis, bowing, süperiyor larengeal sinir hasarı ve posteriyorda ödem olduğu durumlarda da görülebilir. İğ şeklinde açıklık aritenoitlerin kapanıp ses kıvrımı boyunca açıklık olma durumudur. Anterior açıklığa benzer olarak erkeklerde ve ileri yaş kadınlarda normal olarak görülebilir. Ayrıca süperiyor larengeal sinir hasarı, sulkus vokalis, cerrahi ve travma hikayesi, yaşlılığa bağlı doku kayıplarında oluşabilir (65). Kum saati modeli ses kıvrımlarında bilateral lezyon olduğu durumlarda görülür (55).

## **Yüksek Hızlı Videoendoskopi**

Yüksek hızlı görüntüleme 1940'dan beri ses kıvrımı hareketlerinin görüntülenmesinde kullanılmaktadır (66). Bu görüntüleme yöntemi günümüz koşullarında ses kıvrımı titreşimi üzerinde çalışılan en güçlü teknolojidir (45). Bu yöntem ile saniyede 2000 ile 4000 kare örnekleme hızında kayıt yapabilmektedir. Böylece, 100-200 Hz temel frekans için örnekler 0,5 milisaniye ya da daha kısa sürede elde edilmektedir. Videolarenkostroboskopi'ye göre çok kısa süreli kayıt ile tanı koydurabilmesi bu sistemin önemli bir avantajıdır. Görüntü siyah beyaz olmakla birlikte renkli kameralar da mevcuttur. Yüksek hızlı görüntüleme, elektroglografi ve akustik analiz gibi diğer yöntemler tarafından saptanamayan ses başlangıcındaki bazı düzensizlikleri (ses kıvrımlarında mukus olması, zayıf fonasyon başlangıcı vb) saptayabilir (67). Yüksek hızlı görüntüleme ile nörolojik nedenlere bağlı oluşan ses tremorunun hem frekansı hem de tremor sırasında ortaya çıkan alan değişkenliğinin derecesi niceleştirilebilir (68).

## **Videokimografi**

Larenks fotokimografisi 1973'de Gall ve Hanson daha tarafından tanımlanmıştır (20). İlgilenilen görüntünün tek bir hat boyunca yüksek hızla taranmasını sağlayan video teknolojisidir. Kameradan elde edilen hat bir önceki hatta eklenerek zaman içerisinde süreklilik gösteren görüntü kümesi oluşturulur. Videolarenkostroboskopiye üstünlüğü gerçek titreşimsel döngüleri yakalayabilme ve aperiodyk ses kıvrımı titreşimlerini gösterebilmesidir. Videokimografi, yüksek hızlı görüntülemenin bir formu olsa da, yüksek hızlı görüntüleme gibi her iki ses kıvrımının tüm yüzeyinin görüntülenmesini değil tek bir hattın, mediolateral planla kısıtlıdır. Faz asimetrisi, faz düzensizlikleri ve anormal faz kapanması videokimogramda özellikle belirgindir (45).

## **Elektroglografi**

Fonasyon sırasında ses kıvrımı temas değişikliklerini ifade eden elektriksel empedans tabanlı incelemesidir. Bu incelemenin ana fikri, boyundaki elektriksel empedansın ses kıvrımı teması derecesinde değişiklikler göstermesidir. Elektroglografi ölçümü tiroit lamina üzerine yerleştirilen iki elektrot ile gerçekleştirilir. Elektrotlar arasından geçen akım ses kıvrımları birbirine temas ederken daha kolay geçer ve doku empedansı daha



düşük olur, ses kıvrımı teması azaldıkça havanın yüksek empedansı nedeni ile elektrik akımı yön değiştirir, bu durum ise boyun çevresinde etkin voltajın azalmasına yol açar. Ses kıvrımlarının açılıp kapanması sırasında oluşan traseye elektroglotogram adı verilir (20). Ses kıvrımlarının taraf farkları bu yöntem ile ayırt edilemez ayrıca glotogram eğrileri ile bazı hastalıkları kordine etmek mümkün değildir. Fonatuvar glotografi ses kıvrımlarının titreşimini, respiratuar glotografi ses kıvrımlarının hareketlerini kaydeder (5). Ses kıvrımlarının açılıp kapanma ve vibrasyonu dışında EGG sinyali başka empedans faktörlerinden de etkilenir; sinyal elektrotun yerleştirilmesi, ekstresek larenks kaslarının kailması, kan damarlarının genişlemesi ve daralması gibi faktörlerin tamamı empedans üzerine etki eder (45)

### **Fotoglotografi**

Ses kıvrımları üzerinde verilen ışığın fonasyon sırasında subglotik alanda fotosensör yardımı ile değerlendirilmesi prensibine dayanır (69). Subglotik bölgeye geçen ışık glotik döngünün açılma fazı ile doğrudan ilişkilidir. Fotoglotografi sadece açık faz için bilgi verdiği için elektroglotografi ile kombine edilmelidir.

### **2.6.3.3 Elektromiyografi**

İğne elektrotlar yardımı ile motor ünitenin potansiyel değişimlerini ölçülmesidir. Ekstresek larenks kaslarına dışarıdan iğne batırılarak, intrinsek kaslara ise krikotiroid ligaman arasından girilerek veya direkt larenks muayene metodları ile ulaşılır. Larenksin kas ve sinirlerinin bütünlüğünü değerlendiren, aritenoid dislokasyonu gibi ses kıvrımlarının mekanik fiksasyonu, ses kıvrımı parezisi ve paralizilerinin ayırıcı tanısında, zedelenme sonrası sinir düzelmesi açısından prognoz belirlemede, botulinum enjeksiyonu sırasında enjektör ucunun hedef kasa girip girmediğinin takibinde kullanılır (5, 20).

### **2.6.3.4 Aerodinamik Analiz**

Yeterli bir solunum iyi bir fonasyon için önemli olduğundan solunum sisteminin değerlendirilmesi önemlidir. Pulmoner fonksiyonlarının yanında fonasyon sırasında hava akımını ve ağız içerisindeki subglotik basıncı ölçer. bir kısım parametre basınç ile

ilgilidir bir kısım parametre hava akımı ile ilgilidir. Pulmoner fonksiyonların değerlendirilmesinde spirometri istenir. Sesin aerodinamik performansında subglotik basınç, supraglotik basınç, glotik impedans, glotisteki hava akımı ve volum hızı araştırılır (20).

### **Fonasyon hava akım hızı**

Normal ses perdesi ve şiddetinde fonasyon için ortalama glotisten geçen hava akımı ve hızı ortalama 200ml/s'dir. Fonasyon hava akım hızı eğer bu değerin altında ise pulmoner yetersizlik ya da addüktör spazmotik disfoni olabilir (70). Hava akım hızı normalin üzerinde ise ses kıvrımı paralizi, kitle lezyonu, polip veya nodül gibi ses kıvrımlarının kapanmasını bozan patolojiler düşünülür (71).

### **Subglotik hava basıncı**

Fonatuvar sistemin aerodinamik gücü alt solunum yollarından gelir. Göğüs boşluğu içerisindeki basınç inspiyum sırasında atmosfer basıncından daha fazla olduğu için hava akımı alveollerden ses kıvrımlarına doğru olur. Ses kıvrımlarının titreşiminin devamı için göreceli subglotik basınç ( $P_s$ ) gereklidir. Subglotik basıncı belirleyen etkenler göğüs duvarının, akciğerlerin elastisitesi, göğüs ve karın kasları ile diyaframın kasılmasıdır. Santimetre su olarak ölçülür (30). Trakea içerisine direkt kateter ile direkt ölçüm yapılabildiği gibi, noninvaziv olarak sessiz harf sırasında intraoral hava basıncı ( $P_o$ ) ile  $P_s$ 'nin tahmini ile belirlenir. Fonasyon sırasında dudaklar kapandığı anda ses kıvrımları açılır bu sırada intraoral basınç subglotik basınca eşit olacaktır (72).

### **Fonasyon eşik basıncı (FEB)**

Ses kıvrımlarını titreştiren minimum subglotik basınçtır. Fonasyon eşik basıncı hidrasyon/dehidrasyon ve vokal yorgunluk gibi mübhem değişiklikleri değerlendirmede yararlıdır (43).

### **Larengeal rezistans (LR)**

Translarengeal hava basıncının, hava akımına oranıdır (72). LR standart ses perdesinde ve şiddetinde yapılmalıdır. Ses kıvrımlarının kapanma şiddetini ve addüksiyon gücü gibi larenksin fiziksel özelliklerini yansıtır (30).

### **Maksimum fonasyon zamanı (MPT)**

Tedavi öncesi ve sonrası fonasyonda hava kaçağının durumu ve vital kapasite hakkında hekimi aydınlatır (30). Hastaya derin bir nefes alması istenir ve aldığı nefesi uzun bir [a:] sesi çıkararak vermesi istenir. Bu işlem üç kez tekrarlanır ve en uzun süre MPT olarak adlandırılır. Ortalama değer erkeklerde 25-35 s, kadınlarda 15-25 s'dir. glotik kapanmanın yetersiz olduğu durumlarda süre kısalır. Fakat hiçbir grubun homejen olmaması genç sağlıklı erişkinler için bile literatürde 6.6'dan 69,5 saniyeye kadar geniş bir aralık olması izole değerlendirmede şüpheli olarak değerlendirilir (73).

### **s/z oranı**

Bir nefeste maksimum çıkartılabilecek [s:] süresinin maksimum [z:] süresine oranıdır. Ölçüm MPT işlemi gibi yapılır. Normalde bu oran 1/3'ün altındadır. Glotis hava kaçağına neden olan durumlarda maksimum [z:] süresi azalacağından s/z oranı büyür (30).

### **2.6.3.5 Akustik Ses Analiz**

Perseptüel değerlendirme kişiden kişiye değişiklik göstermesi, hatta aynı kişi tarafından farklı zamanlarda yapılan değerlendirmeler arasında da fark olması nedeniyle objektif ses değerlendirme yöntemleri etkinliği artmıştır. (74). Akustik çalışmalar canlı ya da kaydedilmiş ses kullanılarak yapıldığı için girişimsel işlem değildir. Akustik analiz uygulaması ve değerlendirilmesi açısından klinisyenin kaynak filtre teorisi ve dijital sinyal işleme prensipleri hakkında temel bilgilere sahip olmalıdır (45).

Sesin akustik özelliklerini belirlemek için MDVP, Dr. Speech, Praat, LingWAVES, SpeechTool, VoxMetria ve TF32 kullanılan analiz programlarıdır.

Ses analiz sistemleri ile temel frekansı, şiddet ve frekans düzensizlikleri ve gürültü parametreleri ölçülür (74). Ses şiddetini ölçmek için ise ses düzey ölçeri adı verilen cihazlar kullanılır.

### Kaynak Filtre Teorisi

Fant'a göre konuşma sesi, ses kıvrımları düzeyinde oluşan kaynak sesin ses yolunda filtrelenmesi ile ölçülür (75). Bu teoriye göre konuşma sesi ses kıvrımları düzeyinde oluşan kaynak sesin ses yolunda filtrelenmesi ile oluşur. Filtreleme sonucu glotis düzeyinde oluşan ham sesin bazı frekans bölgelerinin şiddeti artar bunlara formant adı verilir. Formantlar frekans, bant genişliği ve amplitüt gibi üç özelliği vardır Konuşma sesi, temel frekans ve harmoniklerden oluşan rezonan ses yanında, ses yolunun değişik noktalarından geçen havanın sürtünmesi ile oluşan gürültü sesi ile değişik noktalarda kapanma sonucu artan basıncın patlama ile serbest kalması sonucunda ortaya çıkan patlama sesi de içerir (45).

### Dijital Sinyal İşleme

Akustik analiz yöntemleri bilgisayar teknolojisine dayanır. Analog bir sesin bilgisayara aktarılması için ses ara yüzü (ses kartı) olarak bilinen analog/dijital dönüştürücüye ihtiyaç vardır. Filtreleme, örnekleme, niceleme ve kodlama olmak üzere dört basamaktan oluşur. Filtreleme işlemi akustik enerjinin eşitlenmesidir (düşük şiddetli tiz frekansların şiddetini artırılması ve en yüksek frekansın üzerindeki akustik enerjinin çıkartılması). Örnekleme, sabit zaman aralıklar ile ayrı ölçümler alınmasıdır. Niceleme, akustik sinyalin amplitüt değerlerini ayrı ünitelere çevirir. Çevrilen dijitalize edilen sinyalin örnekleme hızı ve bit çözünürlük hızı ne kadar yüksek ise sinyal kalitesi okadar yüksektir. Ancak pek çok akustik analiz programında ses üzerinde işlem yapılabilmesi için örnekleme hızının 44100 Hz, çözünürlüğünün de 16 bit olması gerekir. kodlama ise örnekleme ve niceleme ile belirlenen değerlerin sıralanarak bilgisayar tarafından okunabilecek dosyaya dönüştürülmesidir (45).

İlk kez Nyquist (76) tarafından belirtilen kurala göre akustik bir sinyalin geçerli bir dijital karşılığının oluşturulabilmesi için en yüksek frekansın iki katı kadar örnekleme hızı ve ilgilenilen en yüksek frekansın üzerindeki tüm sinyal enerjisinin örnekleme öncesi filtrelenmesi analiz dışı bırakılması gerekir (45).

Ulusal ses ve konuşma merkezini 1995 yılında yayınlamış olduğu pertübasyon analizlerinin nasıl yapılacağı ve yorumlanacağı bildirisinde akustik dalga formlarının analizden önce görsel olarak inspekte edilmesine dikkat edilmesi ve akustik sinyalin kalitatif değişikliklerin doğasına göre oranlanması vardır. Akustik ses analizi ile ilgili kılavuzlarda en düşük örnekleme hızı 20kHz ve en düşük niceleme hızı 16 bit olarak önerilir (77, 78).

Ulusal ses ve konuşma merkezinin (NCVS) periodisite ve kalitatif değişikliğe göre üç tip sinyal tanımlandı. Tip bir sinyaller kalitatif değişikliklerin olmadığı neredeyse periodik sinyallerdir ve pertübasyon indeksleri kullanılarak değerlendirilebilir. Tip iki sinyaller kalite bozukluğu ile ileri derecede frekans ve şiddet pertübasyonu gösteren sesdir. ses boyunca temel frekans sabit olmadığı için analiz edilmeye müsait olmayıp niteliksel değerlendirmeyi sağlayan görsel veriler ile değerlendirilebilir (spektogram, nonlinear faz grafikleri F0 kontürleri gibi). Tip üç sinyaller irregüler veya aperiyojik olup en iyi algısal değerlendirmeler ile analiz edilebilir (45).

### **Temel frekans (F0)**

Ses kıvrımlarının saniyede oluşan açılma kapanma döngü sayısıdır. Sesin kalınlık ve inceliğini bildirir. Perde algısında birincil faktördür. Döngü/saniye olarak ölçülür ve Hertz (Hz) ile ifade edilir. Bu değer ergenlik öncesi kız ve erkeklerde 220-240 Hz civarında iken erişkin erkekler ve kadınlarda sırası ile ortalama 100-150 Hz ve 150-250 Hz arasındadır. Perde semitonlardan oluşan veya notalardan oluşan müzikal frekans seviyeleri ile gösterilebilir. Frekans denilince de ses kıvrımlarının saniyedeki titreşim sayısına eşit olan temel frekans anlaşılır ve F0 olarak temsil edilir. Temel frekansın değişmesi glotik döngünün hızının değişmesidir (5, 12, 35).

Frekansla periyot arasındaki ilişki matematiksel olarak:

$$P = \frac{1}{F0} \text{ ve } F0 = \frac{1}{P} \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

P: Periyot, F0: Temel frekans

Frekansın değiştirilebilmesi ses kıvrımlarının gerginliğini, kütlesini ve subglotik basıncı değiştirerek, larenksi eleve ve deprese ederek sağlanır (30). Ses kıvrımlarının gerginliğinin ve kütlesini değiştirme tiroaritenoit kas, interaritenoit kas ve krikoaritenoit kas etkisi ile sağlanır. Gerginlik ne kadar artarsa ve boyu ne kadar kısalsın frekans o kadar artar. Gerginlik ile doğru orantılı boy ile frekans ile ters orantılıdır. Kütledeki iki katlık artış F0'da yaklaşık 5,6 semitonluk düşmeye neden olur. Dr Smith'in çalışmasında kütledeki iki katlık artış, sabit 8 cm H2O'luk sabit subglotik basınçta frekansın 134 Hz'den 97 Hz'ye düşürdüğü izlenmiştir (30, 79).

Subglotik basınçtaki her 1 cm H2O'luk değişim doğru orantılı olarak frekansda 3-6 Hz'lik değişime denk gelir. Bu durum deneysel olarak belirli bir gerginlikte iki elimizin arasında tutulan kağıda üflenince çıkan sesin daha kuvvetli üflendiğinde incelendiğini görürüz (79).

Larenks elevasyonu, tiroit kırıkdağın öne doğru hareketi krikotiroit kasın etkisine benzer ve ses kıvrımlarının gerginliğini arttırarak frekansın yükselmesine neden olur. Larenksin aşağıya doğru harektinde ise ses kıvrımlarının boyu kısalarak frekans düşer (30).

Doğada sesler kompleks halde bulunurlar ve parsiyerler denilen bileşenlerden oluşurlar. Parsiyerlerin frekansı F0'ın tam katı ise harmonik tam katı değil ise gürültü olarak adlandırılırlar (12). F0 ses programları ile tesbit edilebildiği gibi spektrografi veya elektrotografi ile de tesbit edilebilir.

F0'ın doğru olarak belirlenmesi akustik analizde en önemli sorundur ve oldukça karmaşıktır (80). Tepe yakalama ya da sıfır çizgisini geçme gibi algoritmalar ayırık sinyal olayları arasındaki aralığı ölçerek F0'ı belirler. Kepstral analizde ise sinyal üzerinde ardışık Fourier transformasyonları uygulanır ve en büyük kepsstral enerjiye sahip frekans F0'a denktir. Otokorelasyon gibi stratejilerde ise, dalga formu, zamanda gecikmiş bir kopyası ile karşılaştırılır ve en iyi uyum gösteren kopyası ile arasında temel periyot kadar gecikme olduğu düşünülür. F0'ı belirleme metotlarının hepsi, dalga formundaki düzensizlikler, formant yapısındaki ani değişiklikler, subharmoniklerin varlığı, sinyal gürültüsü ve periodisitesi gibi durumlardan olumsuz olarak etkilenir. Bu durum uygun sinyal seçimine ek olarak analiz öncesi sinyalin altgeçirgen filtrelemesi ile bir miktar aşılabilir. F0 belirleme yöntemlerinin karşılaştırılmasında değişiklik % 6'nın altında iken en iyi stratejinin dalga formu eşleme olduğu düşünölmektedir (77, 81).

## **Pertübasyon Ölçümleri (30, 35, 42, 52, 74)**

### **A- Frekans pertürbasyon ölçümleri**

Pertübasyon ölçümleri ses kıvrımlarının vibrasyondaki varyasyonlarını ifade eder. Pertürbasyon ölçümü için en az 100 periyot gereklidir. F0'ı 100 Hz olan bir kişinin sesi üzerinde pertürbasyon ölçümü yapılacak ise en az 1 s uzunluğunda bir ses kaydına ihtiyaç vardır.

### **Jitter**

Periyotlar arası değişikliği gösteren parametredir. Vibratuvar döngü frekansının sonraki döngü frekansına göre değişkenliğidir. Mutlak *Jitter* (Jita; Praat: local, absolute) analiz edilen sesin her periyodunun, kendinden sonraki periyot ile farkının mutlak değeri olup F0'a göre değişiklik gösterir. Yüzde *Jitter* (%Jit; praat: jitter, local) mutlak *Jitter*'in F0'a bağlı olarak değişiklik göstermesi sakıncasını ortadan kaldırmak için ortalama periyoda bölünmesi ile elde edilir. *Jitter* ses kıvrımlarının düzensizliğini yansıtır ve frekans pertübasyonu olarak da adlandırılır. Normal değeri % 1'in altındadır.

$$Jitt = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |T0^{(i)} - T0^{(i+1)}|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T0^{(i)}}$$

N: Dalga sayısı

T: SİNÜZoidal ses dalgasının süresi

### **F0'ın standart deviasyonu (stdev F0)**

Konuşma sırasında iletilmek istenen mesaja ve kullanılan kelimelere göre frekans değişikliği görülür. F0'daki bu değişkenlik semiton birimiyle standart deviasyon olarak ifade edilir. Beklenen frekans değişikliği cinsiyet gözetmeksizin, ortalama iki-dört semitondur. Fluktuasyon gösteren ses perdesine sahip özellikle nörolojik hastalığı bulunan kişilerde stdev F0 artar.

**Rölatif ortalama pertübyasyon (Relative Average Perturbation, RAP; GHD, VoxMetria, LingWAVES: PPQ)**

Bir periyodun kendinden sonra gelen periyotla arasındaki fark yerine, ardışık üç periyodun ortalaması ile bu üç periyodun ortasında yer alan periyot arasındaki farkdır. Ses tremoruna veya kişinin sesini aynı perdede tutamamasına bağlı değişikliklerin *Jitter* değerlerini etkilemesini ortadan kaldırmak için kullanılan yöntemdir.

$$RAP = \frac{\frac{1}{N-2} \sum_{i=2}^{N-1} \left| \frac{T0^{(i-1)} + T0^{(i)} + T0^{(i+1)}}{3} - T0^{(i)} \right|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T0^{(i)}}$$

N: Dalga sayısı

T: Sınızoidal ses dalgasının süresi

**Perde pertübyasyon bölümü (Pitch Average Perturbation, PPQ; Praat: ppq5)**

RAP'dan farklı olarak üç yerine ardışık beş periyot kullanılır.

$$PPQ = \frac{\frac{1}{N-4} \sum_{i=1}^{N-4} \left| \frac{1}{5} \sum_{r=0}^4 T0^{(i+r)} - T0^{(i+2)} \right|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T0^{(i)}}$$

N: Dalga sayısı

T: Sınızoidal ses dalgasının süresi



## B- Amplitüt Pertürbasyon Parametreleri

Frekans pertürbasyonunda olduğu gibi ses sinyallerindeki çok kısa süreli amplitüt değişikliklerini ifade eder.

### Shimmer

Mutlak *Shimmer* (Desibel-dB, ShdB) ya da yüzde *Shimmer* (% Shim) olarak ifade edilir. Mutlak *Shimmer* her bir döngüdeki amplitüt varyasyonu belirtir. Kısa aralıklarla ses dalgasının amplitütleri arasındaki rölatif değişikliği göstermektedir. Yüzde *Shimmer* her periyodun kendinden sonraki periyotla arasındaki şiddet farkının mutlak değerinin ortalamasını ortalama periyot şiddetine bölerek elde edilir, normal değeri % 3'ün altındadır.

$$Shim = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |A^{(i)} - A^{(i+1)}|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A^{(i)}}$$

N: Dalga sayısı

A: Sinüzoidal ses dalgasının amplitüdü

### Amplitüt Pertürbasyon Bölümü (Amplitude Perturbation Quotient, APQ; Praat: apq11)

Ses şiddetinin isteğe bağlı ya da bağlı olmaksızın artması ve azalmasını ekarte etmek için *Jitter* ölçümlerinde de olduğu gibi düzeltme uygulanması ile elde edilir.

$$APQ = \frac{\frac{1}{N-4} \sum_{i=1}^{N-4} \left| \frac{1}{5} \sum_{r=0}^4 A^{(i+r)} - A^{(i+2)} \right|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A^{(i)}}$$

N: Dalga sayısı

A: Sinüzoidal ses dalgasının amplitüdü

### **Üç düzeltme faktörlü shimmer (Praat:apq3 )**

Üç periyotluk düzeltme uygulanmış *Shimmer* parametresidir. MDVP ile ölçmek için sAPQ parametresinin düzeltme faktörü üç olarak değiştirilir.

### **Beş düzeltme faktörlü shimmer (apq5)**

Beş periyotluk düzeltme uygulanmış *Shimmer* parametresidir. MDVP ie ölçmek için düzeltme faktörü 5 olarak değiştirilir.

### **Enerji pertürbasyonu bölümü (Energy Perturbation Quotient, EPQ; VoxMetria, LingWAVES)**

On beş periyotluk düzeltme uygulanmış *shimmer* parametresidir. VoxMetria, LingWAVES ve GHD programları ile ölçülebilen EPQ, MDVP'nin sAPQ parametresinin düzeltme faktörü 15 seçilerek de ölçülebilir.

### **C- Spektral Parametreler**

Ses spektrumunda yer alan, F0'ın katlarından oluşan harmonikler dışındaki gürültü sesleri ile ilgili parametrelerdir.

### **Harmonik /Gürültü oranı (Harmonic-to-Noise Ratio, HNR)**

F0 ve onun katları olan harmoniklerin toplam enerjisinin gürültü enerjisine oranıdır. Birimi dB'dir. H/N oranı disfoni ile korelasyon gösterir. Yüksek değerler sesteki gürültü oranının düşük olduğunu gösterir. Praat ve Dr. Speech Vocal Assessment ile ölçülmektedir.

### **Gürültü Harmonik Oranı (Noise-to-Harmonic Ratio, NHR)**

HNR parametresinin modifiye edilmesi ile elde edilir. Değeri HNR'nin aksine, sesteki gürültü miktarı ile doğru orantılı olarak değişir.

### **Normalleştirilmiş gürültü enerjisi (Normalized Noise Energy, NNE)**

Harmonik enerjiden toplam enerjiyi çıkarmak sureti ile elde edilir. Değeri negatif (-) olup birimi dB'dir. Gürültü miktarı arttıkça değeri yükselerek sıfıra yaklaşır. Ses kıvrımlarının tam kapanmaması ile oluşan türbülant gürültünün derecesidir. Dr. Speech Vocal Assessment ile ölçülür.

### **Ses türbülansı endeksi (Voice Turbulance Index, VTI)**

2800-5800 Hz arası nonharmonik enerjinin 70-4500 Hz arası harmonik enerjiye oranıdır. Ses kıvrımları addüksiyonunun yetersiz olduğu durumlarda artar.

### **Yumuşak fonasyon endeksi (Soft Phonation Index, SPI)**

70-1600 Hz arası düşük frekanslı harmonik enerjinin 1600-4500 Hz arası yüksek frekanslı harmonik enerji oranıdır. Ses kıvrımlarının addüksiyon derecesini gösterir. Addüksiyon gücü ile ters orantılıdır. Hipofonksiyonel disfonide bu değer yüksektir. SPI değerinin yüksek olması her zaman hastalık belirtisi olmayabilir.

### **Subharmonik bileşenleri derecesi (DSH)**

F0'ın altında tespit edilen perde oranıdır. Normal değeri sıfır olup gıcırta sesi (vocal fry) ve diplofoni durumunda sıfırın üzerine çıkar.

### **Glotal gürültü eksitasyon oranı Glotal to Noise Excitation Ratio, GNE)**

Ses kıvrımlarının titreşimi ile oluşan gürültü ile türbülant kaynaklanan gürültünün birbirine oranıdır. Solukluk ile ilişki olan GNE parametresi F0 ölçümü gerektirmediği için bozukluğu ileri derecede olan seslerde dahi ölçülebilir. 1000, 2000 ve 3000 Hz'lerde ayrı ayrı ölçülebilir ve en sık üçüncü (GNE3) kullanılır.

### **Subharmonik segment sayısı (Number of Subharmonic Segments, NSH)**

F0'ın altında tespit edilen perde sayısıdır.

### **Kepstral tepe çıkıntısı (Cepstral Peak Prominence, CPP)**

Kepstrum, bir sinyalin Fourier dönüşümünün logaritmasının Fourier dönüşümüdür. CPP, kepstrum ölçümü sırasındaki birinci spektral tepenin dB cinsinden yüksekliğidir. Sesin solukluk düzeyi ile ters orantılı olarak değeri değişir. SpeechTool yazılımı ile ölçülür.

### **Spektral eğim ölçümü**

H1-A1, H1-A2, H1-A3 olarak ifade edilenler; Birinci harmonik ile sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü formantın en yüksek harmoniği arasındaki şiddet farkıdır. H1-H2 ise birinci harmoniğin yani F0 ile İkinci harmonik arasındaki şiddet farkıdır. Spektral eğimi gösteren bu parametreler, Praat eklentisi olan Voicesouce yazılımı ile ölçülür ve solukluk göstergesi olarak kullanılırlar.

### **2.6.3.6 Spektrum analizi**

Akustik spektrum bir tonun amplitüt ve frekanslarını ifade eder. Ses spektrumunun frekans/zaman boyutundaki haline spektrogram denir. Spektrografi, hem glotik kaynak, hem de ses yolu filtre fonksiyonu hakkında bilgi sağlayan güçlü bir analiz tekniğidir. Spektrogramlar, dar bantlı ve geniş bantlı filtrelerin kullanımına göre ikiye ayrılır. Dar bant ayarı (yaklaşık 50) Hz), glotik kaynak tarafından oluşturulan her bir harmoniği yakalarken, geniş bant ayarı (300-500 Hz) ile ses yolu içerisinde oluşan formantlar yakalanır. Filtre ayarları, sinyalin F0 değerine göre belirlenir. Bu sesin frekans bileşenlerinin analizi Fourier yöntemi ile yapılır. Fourier teorimine göre, karmaşık dalgalar farklı frekans, amplitüt ve faza sahip sinüs dalgalarından oluşur. Elde edilen bilgi amplitüt ve frekansdan oluşan x-y grafiğinde gösterilebileceği gibi, zaman, amplitüt ve frekansdan oluşan spektrogram şeklinde de gösterilebilir. Spektrogramda horizontal (x) eksen zamanı, vertikal (y) eksen frekansı gösterir. Trasenin griden siyaha doğru olan renk farklılığı spektrogramın üçüncü boyutudur. Spektrumun koyu olduğu yerler ses şiddetindeki yüksekliği gösterir (45, 83).

FFT (Fast Fourier Transform) sonucu bulunan harmoniklerin pik intensite değerlerinin işaretlenmesi ile LPC (Linear Predictive Coding) denilen bir eğri elde

edilir. LPC sayesinde bir sesin kısa bir zaman aralığındaki intensite piklerinin yoğunlaştığı bölgeler yani formantlar bulunabilir (83).

LTAS (Long Term Average Spectrum) ile bir şarkı, bir cümle veya bir okuma pasajının analizi yapılabilir. Kaydedilmiş bir sestən analiz edilen spektrumda, hem rezonatörün hem de ses kıvrımlarının etkisi görülür. LTAS ile rezonatör etki ortadan kaldırılır. Bu yöntem ile ses hastalıklarının tedavi öncesi ve sonrası spektrum değişikliklerini görebilmek mümkündür (83).

### **2.6.3.7 Fonetogram**

Ses aralığı profili (Voice Range Profile-VRP) de denir. X ekseninde ses aralığının (semiton, hertz veya % ses aralığı), Y ekseninde şiddetin (SPL) bulunduğu bir grafikte çıkartılabilen seslerin, en düşük frekanstan ve en düşük şiddetten en yüksek frekansa ve en yüksek şiddete kadar gösterilmesidir. Bu analizin dezavantajı sesin kalitesinin değerlendirilememesidir (30)

### **2.6.3.8 Doğrusal Olmayan (Non-linear) Analiz**

Ses kıvrımı titreşiminin doğrusal yöntemler ile yeterince tanımlanamadığı gerçeği üzerine kurulu yaklaşımdır. Bu analiz yaklaşımları doğrusal olmayan dinamik kuramdan köken alır. Bu kurama göre, karmaşık sistemlerin çıktıları sistemden kaynaklanan doğrusal olmayan nedenlerden oluşur. Bu sistemler iç durumlar ve kurallardan etkilendiğinden kendi başına belirleyicidir, doğrusal değildir, tahmin edilemez, az boyutlu (az parametre tarafından kontrol edilen) ve ilk koşullara yüksek derecede duyarlıdır (küçük değişiklikler zamanla artarak büyür) (84).[Kılıç'dan(45)]

Değişik araştırmacılar, doğrusal olmayan dinamik analizin klinik olarak bozulmuş sese uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalar, sistem çekicilerini tanımlamak için Lyapunov üsteli, boyut ölçümleri ve değişik dağınım ölçümleri (dağınlığın derecesini ve dinamik sistem bilgisinin zaman içerisinde kaybolma hızını yansıtan) bir grup niceliksel ölçümün yanı sıra, faz portreleri ve diğer niteliksel yöntemleri kullanmışlardır (45).

Giovanni A ve ark yaptıkları çalışmada normal ses ile Parkinsonlu, ses kıvrımı paralizili, serebellar atrofisi olan ve vokal polipli hastaların seslerinin Lyapunov exponent değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur (82).

### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

#### 3.1. Hastalar

Çalışmaya Ocak 2011- Aralık 2011 tarihleri arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Hastalıkları Polikliniğine ses bozukluğu tanısı ile takip ve tedavi edilen yaşları dört ile 74 arasında değişen 71'i erkek, 84 kadarı kadın toplam 155 hasta dahil edildi. 11 erkek, 13 kadın 24 hasta afoni ve ileri derecede Irregularite gibi Jitter, Shimmer ve F0 ölçümünün mümkün olmadığı hastalar çalışma grubundan çıkarıldı. Kontrol grubu olarak hastanemizde çalışan ve gönüllü olan 18'i erkek 18'i kadın 36 kişi çalışmaya dahil edildi. Kontrol grubunda çalışmaya hariç tutma kriterleri; ses kalitesini etkileyebilecek sistemik hastalık olması, ses terapisi almış olmak, üst ve alt solunum yolu enfeksiyonu varlığı, herhangi bir üst solunum yolu cerrahisi geçirmiş olmak, sigara ve alkol kullanımıdır. Çalışma için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'na Başvurularak etik kurul onayı alındı.

Çalışmaya katılan kontrol grubundaki kişilerden ek iki'de görülen onam formu doldurulmuş ve her birey için onaylan alınmıştır.

Çalışma ve kontrol grubundaki tüm olgular ses kaydı öncesinde tam bir kulak burun boğaz muayenesinden geçirildi. Yapılan otoskopik ve odyolojik muayene sonrasında tüm olgularda işitme normal olarak değerlendirildi.

Çalışma ve kontrol grubundaki tüm olgular klinik muayene, rijid teleskop ile videostroboskopik muayeneleri yapılarak gruplandırıldı.

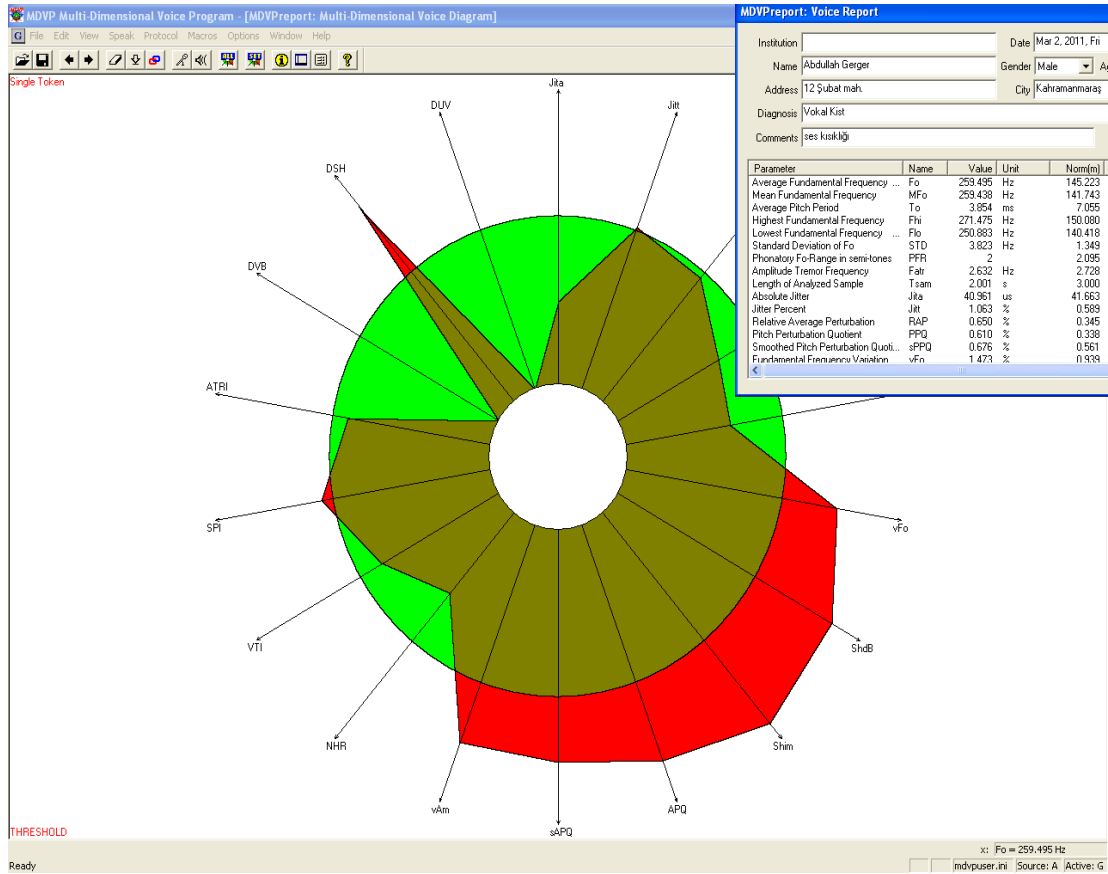
#### 3.2. Kayıt Yöntemi

Ses kayıtları topikal anestezinin etkisi olmaması için stroboskopik muayene öncesinde yapıldı. Kayıt için Shure SM58 (Shure Inc, Niles, IL, ABD) dinamik mikrofon ve *Creative Sound Blaster Audigy* ses kartı olan Windows XP işletim sistemi yüklü bir masaüstü bilgisayar kullanıldı. *Adobe Audition CS5.5* yazılımı ile Ses kaydı sırasında

mikrofon ağza 5 cm uzaklıkta ve dik pozisyonda tutuldu. *Adobe Audition* kayıt ayarı; mono, 16 bit çözünürlük, örnekleme hızı 44100 Hz olarak ayarlandı. Kayıt edilen sesin baş ve sonundan en az 0,5 s'lik segmentler çıkarılarak 2 s'lik ses akustik analiz için seçildi ve PCM wav formatında kaydedildi. Ses kalitesini ölçen parametreler aşağıda belirtilen yazılımlar kullanılarak ölçüldü.

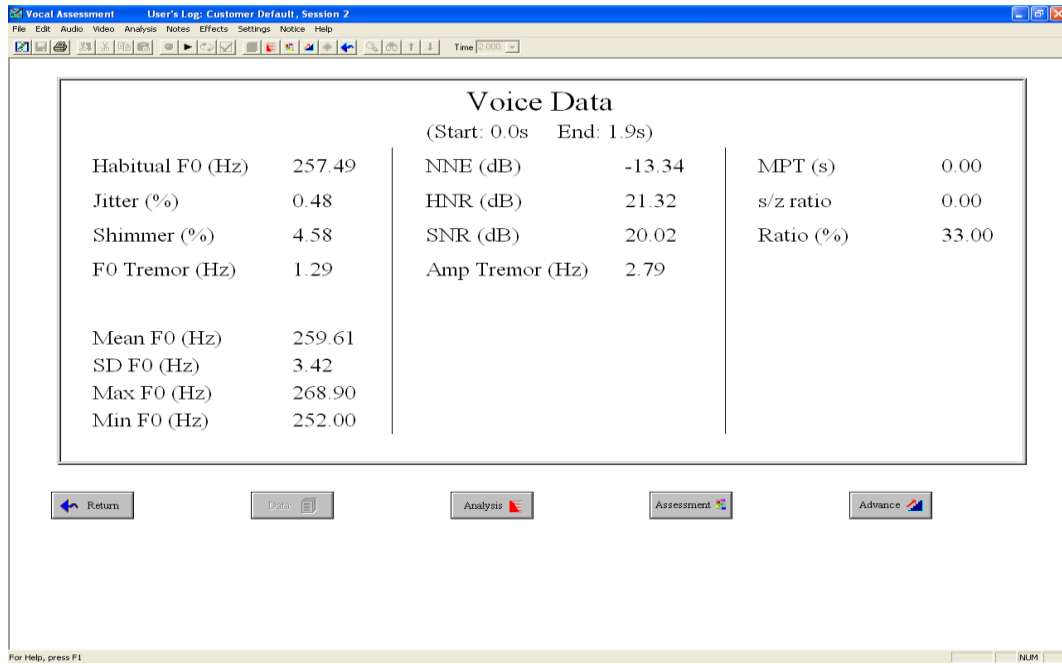
### 3.3. Kullanılan Yazılımlar

**MDVP (Multi-Dimensional Voice Program 2,3 versiyon)** Kay Elemetrics (NJ, ABD) tarafından CSL ve Multispeech programları altında çalışacak şekilde üretilen bu yazılımda ses kalitesini değerlendiren 33 parametre ölçülmektedir (şekil 13). Multispeech üzerine kurulu MDVP programı ile kaydedilen sesler üzerinden bütün MDVP ile ölçülen parametreler ölçüldü. Değerlendirmeye Mean F0, Jitter%, RAP, PPQ, ShdB, Shimmer, APQ, NHR (Noise to Harmonics Ratio), VTI ve SPI parametreleri alındı.



Şekil 12: Vokal kisti olan 12 yaşında erkek hastaya ait olan MDVP ile yapılan örnek analiz

**Vocal Assessment (Tiger's Electronics, Neu-Anspach, Germany):** Dr. Speech program grubunda yer alan bu programla *Vocal Assessment* (şekil 13) yazılımı ile Jitter, Shimmer, Mean F0, NNE, HNR (Harmonics to noise ratio) parametreleri ölçülebildiği gibi, *Voice Quality Estimate* (şekil 14) modülü ile de Jitter (%), Shimmer (%), SD F0 ve NNE parametreleri kullanılarak RBH sistemine benzer objektif parametrelere dayalı algısal değerlendirme yapılabilmektedir. Algısal değerlendirmede Hoarse Voice, Harsh Voice, Breathy Voice parametreleri incelenmiştir.

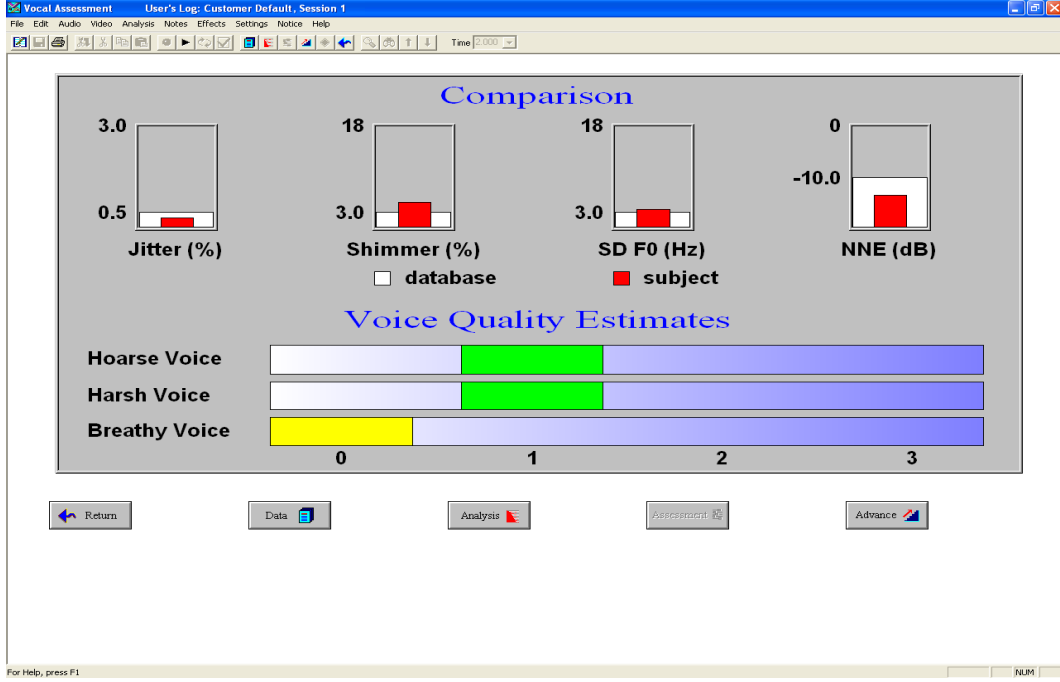


The screenshot shows the 'Vocal Assessment' software interface. The main window displays 'Voice Data' for a session starting at 0.0s and ending at 1.9s. The data is presented in a table format with three columns. Below the table, there are five buttons: 'Return', 'Data', 'Analysis', 'Assessment', and 'Advance'. The status bar at the bottom indicates 'For Help, press F1' and 'RAM'.

Voice Data					
(Start: 0.0s End: 1.9s)					
Habitual F0 (Hz)	257.49	NNE (dB)	-13.34	MPT (s)	0.00
Jitter (%)	0.48	HNR (dB)	21.32	s/z ratio	0.00
Shimmer (%)	4.58	SNR (dB)	20.02	Ratio (%)	33.00
F0 Tremor (Hz)	1.29	Amp Tremor (Hz)	2.79		
Mean F0 (Hz)	259.61				
SD F0 (Hz)	3.42				
Max F0 (Hz)	268.90				
Min F0 (Hz)	252.00				

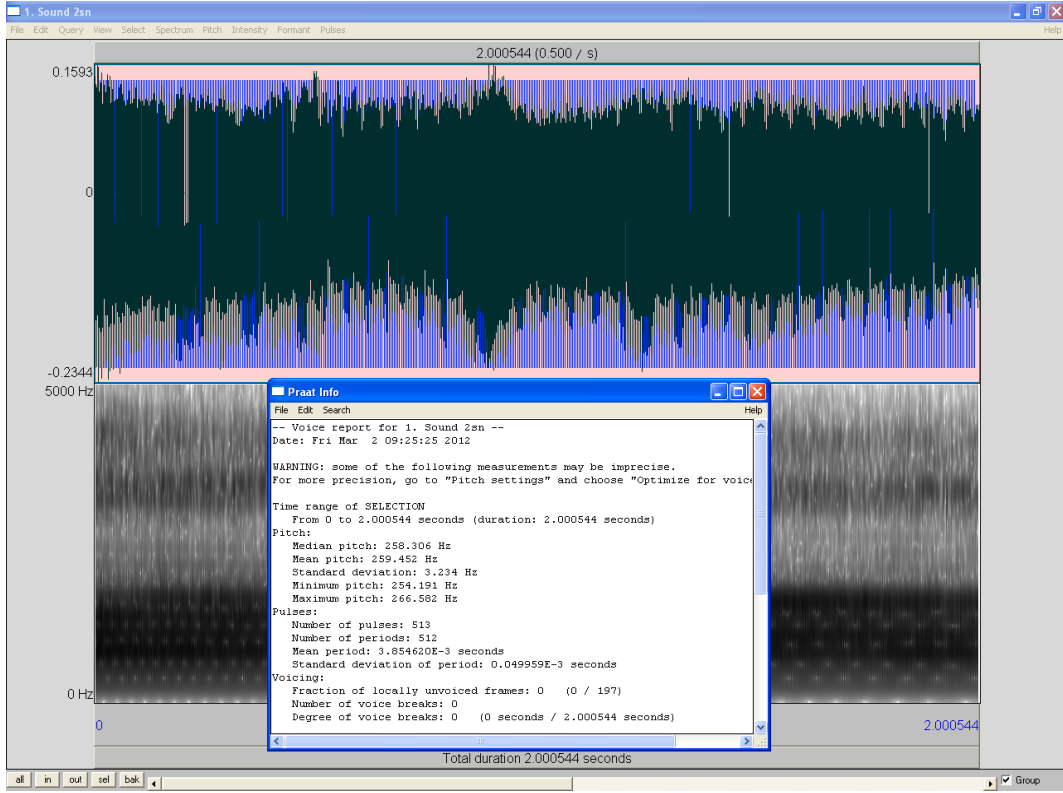
**Şekil 13:** Çalışmamızda *Vocal Assessment* yazılımı ile analiz öncesinde parametre ayarlarından pertürbasyon seçeneklerinden Jitter (%) seçilip daha sonra analiz yapılmıştır.





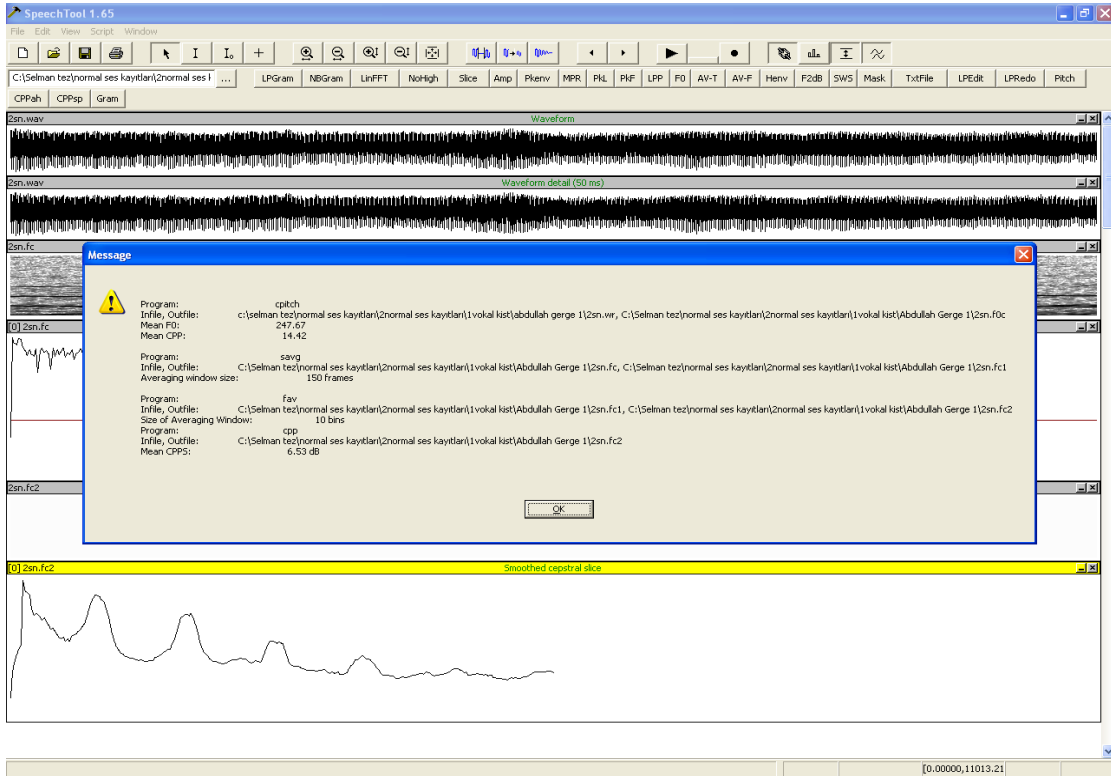
Şekil 14: Voice Quality Estimate

**Praat programı (versiyon 5.1.37. Boersma&Weenink 2010)** Amsterdam üniversitesinden Paul Boersma ve David Weenink tarafından tasarlanan, geliştirilen ve akustik ses analizinde kullanılan ücretsiz bir yazılım programıdır (şekil 15). Program üzerinde kullanıcının ekleme ve değişiklik yapabilmeside artı özelliğidir. Praat programında Mean F0, Jitter (local), Jitter (rap), Jitter (ppq5), Shimmer (local%), Shimmer (local,dB), Shimmer (apq11), NHR, HNR ve Bert Remijsen tarafından geliştirilen praat eklentisi ile H1-H2, H1-A1, H1-A2, H1-A3 parametreleri değerlendirildi.



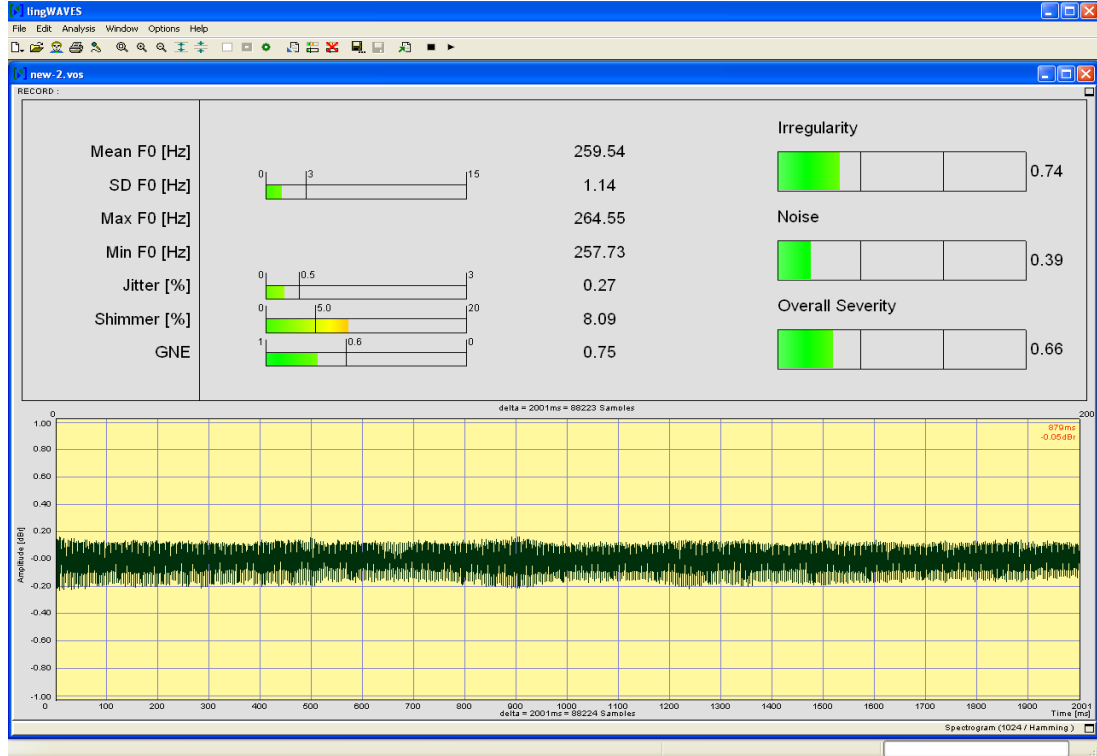
Şekil 15: Praat ses analizi

**SpeechTool**; Mean F0, CPP(Kepstral Tepe Çıkıntısı) ve CPPs (düzeltilmiş Kepstral Tepe Çıkıntısı) analizi yapabilen ücretsiz bir programdır (şekil 16).



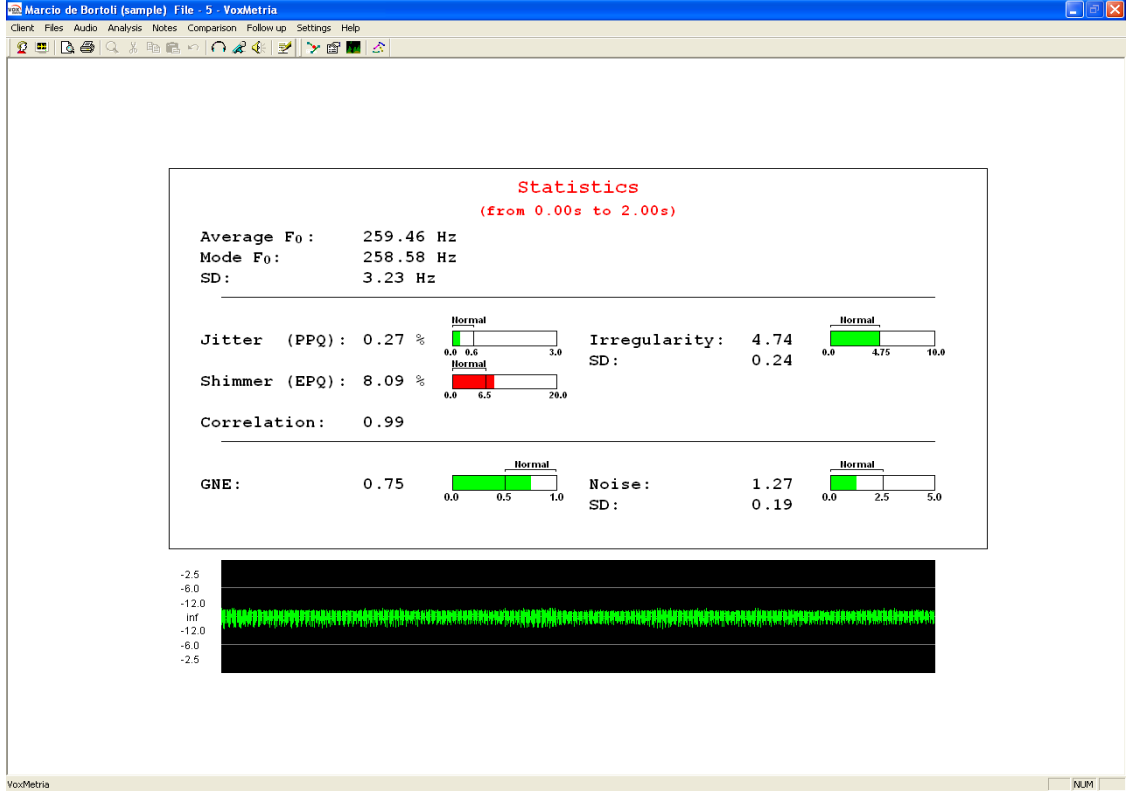
Şekil 16: SpeechTool ses analiz

**LingWAVES (versiyon 2,4)** ses ve konuşma analizi, biyolojik geribildirim ve dökümantasyon için kullanılan bir programdır (şekil 17). Ses kalitesini ölçen F0, Jitter, Shimmer, Jitter, GNE gibi parametrelere ek olarak Vospektor modülü ile RBH sistemine benzer algısal değerlendirme yapabilmektedir. RBH benzeri algısal değerlendirmede; Irregularity parametresi Roughness'a, Noise parametresi Breathiness'a ve Overall Severity parametresi Grade'e karşılık gelmektedir.



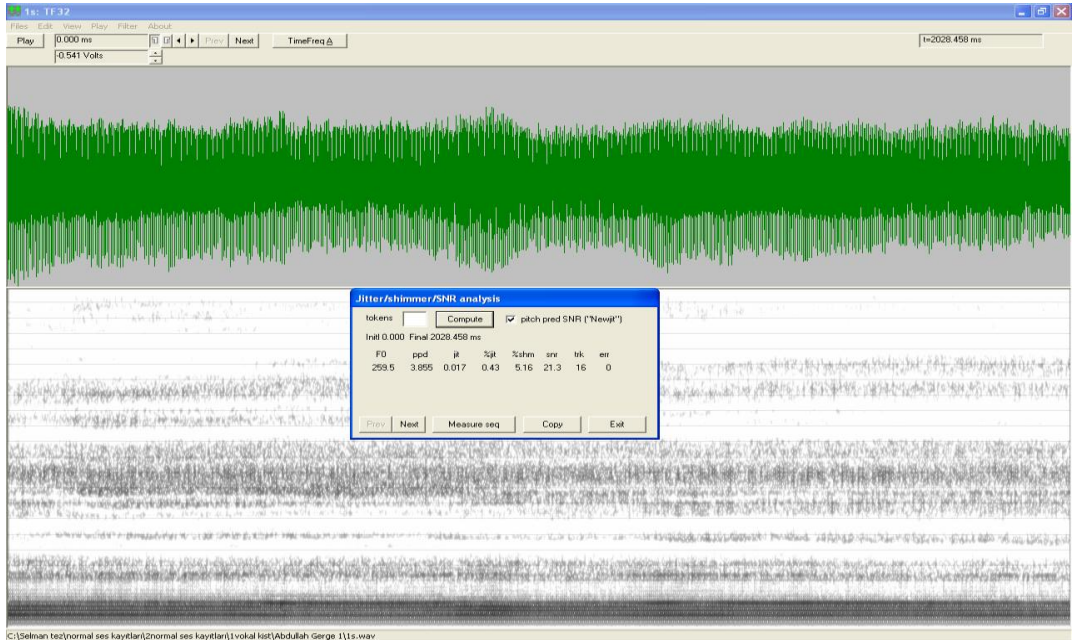
**Şekil 17:** LingWAVES geleneksel ve RBH benzeri değerlendirme parametreleri

**VoxMetria 4** Dr. Mara Behlau desteğinde CTS Informatica firması tarafından geliştirilen bu program ile F0, Jitter (PPQ), Shimmer (EPQ), Correlation, GNE parametreleri ölçülmekle birlikte en önemli özelliği görsel olarak GHD (Göttingen ses kısıklığı diyagramı) göstermesidir. Bu diyagramda iki boyutlu olarak Irregularity (Jitter, Shimmer, Correlation) Noise (GNE) değerlendirilmesi yapılmaktadır (şekil 18).



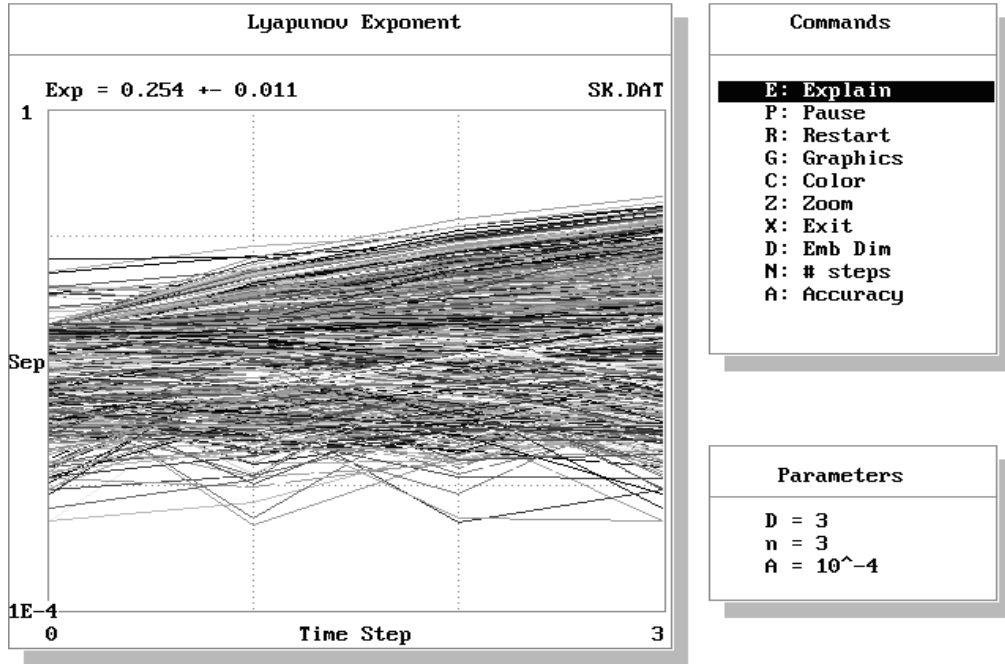
Şekil 18: VoxMetria programı ile GHD ölçümü.

**TF32** (Time-Frequency analysis software, 32 bit), programı Paul H. Milenkovic tarafından tasarlanan ses analiz programıdır. TF32 programında F<sub>0</sub>, Jitter, Shimmer, SNR parametreleri değerlendirildi (şekil 19).



Şekil 19: TF32 programı ile ses analizi.

Julien Clinton Sprott tarafından geliştirilen Chaos Data Analiz (CDA) programı DOS'da çalışır. Non-linear (Chaos Data Analyzer 2,1 Versiyon) analiz için kaydedilmiş 2 s'lik tüm ses kayıtlarının örnekleme hızı 11025 Hz'e düşürüldü. Non-linear (doğrusal olmayan) analizde Correlation Dimension, FNN (False Nearest Neighbor) ve Lyapunov Exponents parametreleri (şekil 20) değerlendirildi.



Şekil 20: Lyapunov Exponents parametresi

### 3.5. İstatistik

Yüz altmış sekiz olgunun kaydedilen sesleri sekiz ayrı analiz programının toplam 58 parametresi ile çalışıldı. Sonuçlar SPSS 15.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) paket programına aktarıldı. Öncelikli olarak tanımlayıcı istatistik yapıldı. Tanımlayıcı istatistik sonrası parametre verileri normal dağılım gösterdiğinden pearson korelasyon testi uygulandı. İstatiksel olarak korelasyon araştırdık. Aynı grupta yer alan ve farklı grupta yer alan parametrelerin uyumuna baktık. Aynı grupta yer alan parametrelerde  $r(\text{korelasyon değeri}) > 0,9$  çok yüksek derecede ilişki bekledik; farklı parametrelerde ise daha düşük değerleri önemsedik. Farklı gruptaki parametreler arasındaki uyum daha önemli kabul edildi.  $P < 0.01$  küçük olan korelasyon değerleri dikkate alındı

#### 4. BULGULAR

Çalışmaya katılan 168 olgunun 24'ü vokal kist (%14,2), 19'u Vokal nodül (%11,3), 42'si vokal polip (%25), 30'u Vokal sulkus (%17,8), 16'sı tek taraflı vokal paralizi (%9,5) ve 36'sı sağlıklı gönüllülerden (%21,4) idi. Çalışma ve kontrol grubundaki olguların demografik özellikleri tablo 1'de görülmektedir.

On yaş altında 3 hasta, 11-20 yaş aralığında arasında 10 hasta, 21-30 yaş aralığında 57, 31-40 yaş aralığında 40 hasta, 41-50 yaş aralığında 33 hasta, 51-60 yaş aralığında 12 hasta, 60 yaş üzerinde 12 hasta var idi. Hastaların yaş ortalaması erkekler için 39 ( $\pm 14$ ) kadınlar için 38 ( $\pm 12$ )'dir

**Tablo 1:** Çalışma ve kontrol grubunun yaş gruplarına ve cinsiyetine göre dağılımı

Yaş Grubu	Sayı	Erkek	Kadın
<10	3	2	1
11-20	10	3	7
21-30	57	20	37
31-40	40	20	20
41-50	33	19	14
51-60	12	5	7
>60	12	9	3

**Tablo 2:** Çalışma grubunun tanılarına göre dağılımı

Tanı	Sayı (%)	E/K
Kist	24 (%14,3)	7/17
Nodül	19 (%11,3)	3/16
Polip	42 (%25)	23/19
Sulkus	30 (%17,9)	18/12
Paralizi	16 (%9,5)	9/7

Araştırmada farklı programların aynı grupta yer almayan parametreleri arasında iyi ve çok iyi derecede ilişkisinin o parametreleri daha değerli kıldığı düşüncesi ile 167 olgunun kaydedilen sesleri analiz edilip elde edilen parametrelerin kendi arasındaki korelasyonu incelenmiştir.

Pearson korelasyon analizi sonucu cinsiyet ve yaş ile ilişkili tek parametre F0'dı. Tüm programlarda ölçülen F0'nın cinsiyet ile iyi düzeyde ( $r=0,476-0,606$ ) yaş ile zayıf-orta düzeyde ( $r=0,211-0,291$ ) ilişkili olduğu izlendi.

Çalışma ve kontrol grubunun ses kayıtlarının 8 ayrı programda yapılan analizleri ile ölçülen F0'ların kendi arasındaki korelasyonu incelendi. MDVP ile Praat ve Dr. Speech; Dr. Speech ile Praat; LingWAVES ile SpeechTool programları arasında (tablo 3) çok güçlü korelasyon ( $r>0,92$ ) görüldü. TF32 ile diğer analiz programlarının ölçülen F0 değerleri arasında korelasyon en düşük olmak ile birlikte orta-iyi derecede ( $r=0,51-0,64$ ) izlendi (tablo 3).

**Tablo 3:** F0'ları çok yüksek uyumlu olan programlar

Parametre 1	Parametre 2	R
MDVP	Praat	0,95
MDVP	Dr. Speech	0,93
LingWAVES	SpeechTool	0,93
Dr. Speech	Praat	0,92

VoxMetria ile LingWAVES programı ( $r=0,92$ ) ve MDVP ile Praat programlarının frekans pertürbasyon parametreleri arasında ( $r>0,75$ ) çok iyi korelasyon görüldü (tablo 4). MDVP *Jitter* parametreleri ile Dr. Speech *Jitter*'i arasındaki korelasyon değeri ise diğer programlara göre daha düşük ( $r=0,51$ ) izlendi.

**Tablo 4:** Farklı programların frekans pertürbasyon parametrelerinin korelasyon değerleri

Parametre 1	Parametre 2	r
Jitter (VoxMetria)	Jitter (LingWAVES)	0,92
PPQ (MDVP)	Jitterppq5 (Praat)	0,80
Jitter (MDVP)	Jitterppq5 (Praat)	0,79
PPQ (MDVP)	Jitterlocal (Praat)	0,77

PPQ (MDVP)	Jitterrap (Praat)	0,76
Jitter (MDVP)	Jitterlocal (Praat)	0,76
Jitter (MDVP)	Jitterrap (Praat)	0,75

Hem frekans hem de amplitüt pertürbasyon parametresi olan ve VoxMetria programında çalışılan *Correlation* parametresi özellikle MDVP programının amplitüt pertürbasyon parametreleri ( $r>0,84$ ), frekans pertürbasyonlarından PPQ parametresi ( $r>0,78$ ), Praat programının frekans pertürbasyon parametreleri ( $r>0,81$ ) ve TF32 programının *Shimmer* parametresi arasında çok iyi ( $r=0,8$ ) korelasyon izlenmiştir. *Correlation* parametresi LingWAVES programının frekans ve amplitüt türevi Irregularity parametresi ( $r=-0,83$ ), MDVP programının NHR parametresi ( $r=-0,88$ ) ve Praat programının HNR parametresi ile ( $r=-0,87$ ) çok iyi koreledir.

**Tablo 5:** VoxMetria programı ile ölçülen *Correlation* parametresinin diğer programların frekans ve amplitüt pertürbasyon parametreleri ile ilişkisi

<b>Parametre</b>	<b>R</b>
ShdB (MDVP)	-0,93
Shimmer (MDVP)	-0,88
APQ (MDVP)	-0,84
Jitterrap (Praat)	-0,81
Jitterppq5 (Praat)	-0,81
Shimmer (TF32)	-0,80
PPQ (MDVP)	-0,78



MDVP ile Praat ( $r>0,80$ ), TF32 ( $r=0,81$ ) ve VoxMetria ( $r>0,83$ ), Praat ile VoxMetria programlarının amplitüt pertürbasyon parametreleri arasında korelasyon değeri ( $r>0,88$ ) diğer programlara göre daha yüksek idi.

**Tablo 6:** Farklı programların amplitüt pertürbasyon parametrelerinin korelasyon değerleri

Parametre 1	Parametre 2	R
ShimmerlocaldB (Praat)	ShimmerEPQ (VoxMetria)	0,91
ShdB (MDVP)	ShimmerlocaldB (Praat)	0,91
ShdB (MDVP)	Shimmerlocal (Praat)	0,89
ShdB (MDVP)	ShimmerEPQ (VoxMetria)	0,89
Shimmerlocal (Praat)	ShimmerEPQ (VoxMetria)	0,88
Shimmer (MDVP)	ShimmerlocaldB (Praat)	0,87
ShdB (MDVP)	Shimmerapq11 (Praat)	0,85
Shimmer (MDVP)	Shimmerapq11 (Praat)	0,83
Shimmer (MDVP)	ShimmerEPQ (VoxMetria)	0,83
APQ (MDVP)	Shimmerapq11 (Praat)	0,82
Shimmer% (Dr. Speech)	ShimmerlocaldB (Praat)	0,82
ShdB (MDVP)	Shimmer (TF32)	0,81
APQ (MDVP)	Shimmerlocal (Praat)	0,80

Dr. Speech HNR parametresi ile Praat HNR parametresi, LingWAVES GNE parametresi ile SpeechTool CPP parametresi, MDVP HNR parametresi ile Praat NHR spektral parametreleri arasında çok iyi korelasyon izlendi. Dikkat çeken MDVP programı ile ölçülen VTI ve SPI parametrelerinin diğer spektral parametreler ile korelasyonu düşük olması idi.

**Tablo 7:** Spektral parametreler arasında korelasyon değeri yüksek olan parametreler

Parametre 1	Parametre 2	r
Noise (VoxMetria)	GNE (LINGWAVES)	-0,95
HNR (Dr.Speech)	HNR (Praat)	0,91
Noise (VoxMetria)	Noise-s (LingWAVES)	0,84
GNE (LINGWAVES)	CPP (SpeechTool)	0,80
NHR (MDVP)	HNR (Praat)	0,76

Türev parametreleri olarak adlandırdığımız frekans, amplitüt ve spektral parametrelerin türevinden oluşan Dr. Speech programı ile ölçülen Hoarse Voice, Harsh Voice ve Breathy Voice parametreleri, VoxMetria programı ile ölçülen Noise ve Irregularity parametresi, LingWAVES programı ile ölçülen Irregularity, Noise ve Overall Severity parametreleri RBH benzeri, psödoperseptüel değerlendirmeyi sağlayan parametrelerdir. Bu parametrelerin birbiri ile çok iyi korele olduğu izlendi ( $r>0,75$ ).

**Tablo 8:** Türev parametrelerin birbiri ile ilişkisi

<b>Parametre 1</b>	<b>Parametre 2</b>	<b>R</b>
Irregularity-s (LingWAVES)	Over-s( LingWAVES)	0,97
Irregularity (VoxMetria)	Irregularity-s (LingWAVES)	0,90
Irregularity (VoxMetria)	Over-s (LingWAVES)	0,88
Hoarse Voice (Dr. Speech)	Harsh Voice (Dr. Speech)	0,86
Irregularity (LingWAVES)	Over (LingWAVES)	0,84
Noise (VoxMetria)	Noise-s (LingWAVES)	0,84
Irregularity-s (LingWAVES)	Harsh Voice (Dr. Speech)	0,77
Hoarse Voice (Dr. Speech)	Irregularity (VoxMetria)	0,76
Irregularity (VoxMetria)	Hoarse Voice (Dr. Speech)	0,76
Over-s( LingWAVES)	Harsh Voice (Dr. Speech)	0,75

Farklı programların ilgisiz parametreleri arasında dikkati çekenler MDVP'nin frekans ve amplitüt parametreleri ile Praat'ın frekans parametreleri arasındaki korelasyon ilişkisi ile MDVP'nin amplitüt parametreleri ile LingWAVES'in Over parametresi arasındaki çok iyi korelasyon ( $r>0,83$ ) izlenmesi idi

**Tablo 9:** Farklı programların ilgisiz parametreleri arasındaki korelasyon değerleri

<b>Parametre 1</b>	<b>Parametre 2</b>	<b>r</b>
HNR (Praat)	Irregularity (VoxMetria)	-0,90
ShimmerEPQ (VoxMetria)	Over-s (LingWAVES)	0,86
HNR (Praat)	Irregularity-s (LingWAVES)	-0,86

HNR (Dr.Speech)	Irregularity (VoxMetria)	-0,86
ShimmerlocaldB (Praat)	Over-s (LingWAVES)	0,85
GNE (LingWAVES)	Noise-s (LingWAVES)	-0,84
ShdB (MDVP)	Jitterppq5 (Praat)	0,84
ShdB (MDVP)	JitertLocal (Praat)	0,84
ShdB (MDVP)	Jitterrap (Praat)	0,83
ShdB (MDVP)	Over-s (LingWAVES)	0,83
Shimmer (MDVP)	Over-s (LingWAVES)	0,83
NHR (MDVP)	ShimmerEPQ (VoxMetria)	0,83
HNR (Praat)	Over-s (LingWAVES)	-0,83
ShdB (MDVP)	HNR (Praat)	-0,81
NHR (MDVP)	Jitterppq5 (Praat)	0,81
NHR (MDVP)	Shimmerlocal (Praat)	0,80
Correlation (VoxMetria)	Over-s (LingWAVES)	-0,80
Noise (VoxMetria)	CPP (SpeechTool)	-0,80

Aynı program içerisinde farklı parametrelerin korelasyona bakıldığında;

**MDVP programında** frekans ve amplitüt pertürbasyonları arasında çok iyi derecede korelasyon ( $0,75 < r < 0,84$ ) azlendi. NHR'nin frekans ve amplitüt pertürbasyon parametreleri ile çok iyi korelasyonu varken ( $0,74 < r < 0,87$ ) kendisi gibi spektral parametre olan VTI ile zayıf-orta ( $r=0,34$ ), SPI ile çok zayıf ( $r=-0,05$ ) ilişkisi olduğu görüldü. F0 ile diğer parametrelerin çok zayıf ilişki olduğu izlendi.

**Dr. Speech programında** Jitter ve Shimmer birbirleri ( $r=0,67$ ) ile ve diğer parametreler ile orta-iyi derecede korele ( $0,37 < r < 0,79$ ) olduğu izlendi. NNE Breathenes ile çok iyi ( $r=0,92$ ) derecede, diğer parametreler ile orta-iyi derecede ( $0,49 < r < 0,67$ ), HNR Simmer ile çok iyi ( $r=-0,79$ ) diğerleri ile iyi derecede ( $-0,591 < r < -0,67$ ), Hoarse Voice ile Harsh Voice kendi aralarında çok iyi ( $r=0,86$ ) diğer parametreler ile orta-iyi derecede ( $0,39 < r < 0,74$ ), Breathenes NNE ile çok iyi Hoarse Voice ile iyi diğerleri ile orta derecede korele olduğu izlendi.

**Praat programında** amplitüt ve frekans pertübasyon parametreleri kendi aralarında iyi korele ( $0,60 < r < 0,74$ ), NHR frekans parametreleri ile çok iyi ( $r = 0,80$ ), amplitüt parametreleri ile iyi derecede korele olduğu ( $0,50 < r < 0,70$ ) izlendi. HNR ile NHR parametresinin tersi olarak amplitüt pertübasyon parametreleri arasında çok iyi ( $-0,75 < r < -0,83$ ) derece ilişki, frekans parametreleri ile ise iyi derece ( $r = -0,69$ ) ilişki izlendi. H1-H2, H1-A1, H1-A2 ve H1-A3 spektral parametrelerinin birbiri ile çok iyi derecede ( $r > 0,80$ ), diğer spektral parametreler olan HNR, NHR ve diğer parametreler ile zayıf derecede korelayon ilişkisi izlendi.

**VoxMetria programında** Jitter, Shimmer ile Irregularity, Correlation arasında çok iyi korelesyon ( $p < 0,001$ ) izlendi. Shimmer'in Jitter'e göre her ikisi ile korelasyon  $r$  değeri daha yüksek idi. Correlation ile Jitter ( $r = -0,701$ ), Shimmer ( $r = 0,818$ ) ve Irregularity ( $r = -0,741$ ) parametreleri arasında iyi korelasyon izlendi. GN ile Noise arasında iyi derecede ( $r = -0,664$ ) ilişki izlendi.

**LingWAVES programında** Jitter ile Irregularity-s ( $r = 0,83$ ) ve Overall Severity-s ( $r = 0,82$ ) arasında çok yüksek, Shimmer'in diğer parametreler ile zayıf ilişkisi ( $-0,02 < r < -0,10$ ) dikkat çekici idi. Overall Severity ile Jitter ve Irregularity ( $0,97$ ) arasında çok yüksek, Noise-s GNE ( $r = -0,84$ ) ile çok iyi ve Overall Severity-s ile ( $r = 0,62$ ) iyi derecede ilişki izlendi. Shimmer'in diğer parametreler ile korelasyon değeri çok zayıf idi. Jitter ve shimmer arasındaki korelasyon değeri ise çok düşük ( $r = -0,02$ ) izlendi.

Ses kalitesinin çok kötü olduğu veya afonik olan seslerde periyot ölçümünününden bağımsız akustik analiz yapan non-lineer dinamik analiz sistemi ile çalışan Correlation Dimension, FNN ve Lyapunov üsteli parametreleri de çalışılmıştır. Çalışmamızda afonik, ileri derecede bozuk sesleri dahil etmediğimiz için kaotik analiz parametreleri ile diğer parametreler arasında çok iyi uyum yakalayamadık. Fakat Lyapunov üsteli ile RBH sistemine benzer değerlendirme yapan Dr. Speech vocal assessment ile ölçülen Hoarse Voice, Harsh Voice, Breathy Voice; LingWAVES ile ölçülen irregularity, Noise, Overall severity; VoxMetria ile ölçülen irregularity parametreleri ile spektral parametrelerden HNR (Praat, Dr. Speech), NHR (Dr. Speech), NNE (Dr. Speech) arasında iyi derecede korelasyon izlendi.

**Tablo 10.** Lyapunov üsteli ile iyi korele olan parametreler.

<b>Parametre</b>	<b>R</b>
HNR (Praat)	-0,64
HNR (Dr. Speech)	-0,62
Irregularity (VoxMetria)	0,61
Hoarse Voice (Dr. Speech)	0,60
NNE (Dr. Speech)	0,60
Over-s (LingWaves)	0,59
BreathVoice (Dr. Speech)	0,58
Irregularity-s (LingWAVES)	0,57
GNE (LingWAVES)	-0,55
Noise-s (LingWaves)	0,48
Harsh Voice (Dr. Speech)	0,47

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Konuşma yeteneği, çevre ile iletişim kurmanın ve kendini ifade etmenin sözlü bir biçimi olup insanları diğer canlılardan ayıran, en önemli özelliklerindedir. Konuşma; fonasyon, rezonans ve artikülasyon olarak üç temel ögeden oluşur. Fonasyon, ses kıvrımlarının titreşimi ile ses oluşmasıdır. Rezonans ise ses kıvrımları tarafından oluşturulan sesin artırılması ve filtrelenmesi ile oluşur. Glotik sesin konuşma sesine dönüşümü de artikülasyonu tanımlar.

Ses, ruh ve beden sağlığının barometresi gibidir. Sesin değerlendirilmesi için eğitilmiş kulak en ayırt edici enstrumandır (49). Algısal değerlendirmenin kişiden kişiye değişiklik göstermesi, hatta aynı kişi tarafından farklı zamanlarda yapılan değerlendirmeler arasında da fark olması nedeniyle objektif ses değerlendirme yöntemleri kullanımı artmıştır (74). Bu zorluğu aşmak için geniş veri tabanları üzerinde çalışılarak akustik parametreler ve ses kısıklığı düzeyi arasındaki ilişki araştırılmış ve yeni parametreler geliştirilmiştir.

Ses kıvrımlarının titreşiminde temel unsur mukozal dalgadır. Mukozal dalgalanmanın bozulması ise sesin kalitesine zarar verir. Titreşimi bozan organik ya da fonksiyonel patolojiler sesin akustik parametrelerinde de değişikliğe yol açmaktadır. Akustik analiz ses dalgalarının incelenmesinde güvenilir olmakla birlikte farklı patolojilere spesifik değildir. Akustik çalışmalar canlı ya da kaydedilmiş ses kullanılarak yapıldığı için girişimsel işlem değildir.

Bu çalışmamız polikliniğimizde ses bozukluğu tanısı ile takip edilen klinik muayene ve VLS muayeneleri yapılarak gruplandırılan hastalar ile yapıldı. Hastaların ses kayıtlarını elimizde bulunan ve polikliniğimizde kullandığımız akustik ses analiz programlarında analiz ettik. Analiz sonucu elde edilen parametreler arası korelasyon ilişkisini araştırdık. Korelasyon araştırmasında frekans pertürbasyon parametrelerini, amplitüt pertürbasyon parametrelerini, spektral parametreleri ve birbirinden bağımsız parametreleri ayrı ayrı ele aldık. Parametrelerin karşılaştırmasında akustik analiz programlarını birbiri ile ve kendi içerisinde değerlendirdik. Farklı programların parametreleri arasındaki uyumu daha önemli kabul ettik. Çalışmamızda sekiz ayrı program kullandık. Her program için aynı ses kayıtları kullanıldığı için ses analiz programı dışında sonuçları etkileyebilecek faktörler ekarte edildi.

Literatürde ses analizinde kullanılan akustik parametrelerin birbiri ile korelasyonunu inceleyen çalışmalar çok az sayıdadır. Öne çıkan MDVP ile Dr. Speech programları arasındaki incelemelerdir.

Titze ve ark (85) frekans pertürbasyon ölçümlerini örnekleme hızının kullanılan ölçüm tekniğine göre etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Gelfer ve Fendel (86) canlı ve kaydedilmiş sesler arasında yapılan analizde parametreler arasındaki farklılıkları araştırmışlardır. Sonuç olarak F0, jitter, shimmer ve HNR parametreleri arasında anlamlı farklılık izlemişlerdir. Karnell ve ark (87) dijital teybe kaydedilmiş sesler üzerinden DSP Sonagraf, Cspeech ve AUDED/SEG sistemlerini kullanarak yapmış oldukları çalışmada F0 değerlerinin bir biri ile uyumlu, pertürbasyon parametreleri arasında ise uyum olmadığını gözlemişlerdir. Biz ise çalışmamızda bu etkileri dışlamak, örnekleme hızının ölçülen değerlerde etkisinin olmaması için bütün hastaların ses kayıtlarını Adobe Audition CS5.5 yazılımı ile 44100 Hz örnekleme hızı ile yaptık. Kaos analizi dışında tüm akustik analiz programlarında 44100 Hz örnekleme hızındaki ses kayıtları ile akustik analiz yapıldı.

Kılıç ve ark (74) benzer bir şekilde MDVP ve Dr. Speech programları ile ölçülen F0 ve pertürbasyon parametre değerlerinin karşılaştırılmasında F0'lar arasında çok yüksek, amplitüt pertürbasyon değerleri arasında yüksek ve frekans pertürbasyon değerleri arasında da düşük korelasyon değeri bulmuşlardır. Kılıç ve ark (88) ortam gürültüsünün pertürbasyon değerleri üzerine etkisini araştırmak için 3 ayrı programı karşılaştırmışlar ve sonuç olarak Praat programının MDVP ve Dr. Speech Vocal Assessment programlarına göre ortam gürültüsünden daha az etkilendiğini bulmuşlardır.

Smits ve ark (89) Dr. Speech ve CSL programlarının akustik ses ölçümlerinin karşılaştırma çalışmasında F0/Shimmer ve HNR değerlerinin sırası ile korelasyon değerleri, 0,999/0,690/0,735, Jitter/rap/F0-SD parametrelerinin korelasyon değerleri sırası ile 0,307/0,255/0,480 olarak bulmuşlardır.

Çalışmamızda TF32 programı ile ölçülen F0 değerinin diğer programlarla ölçülen F0 ile iyi derecede korelasyon değeri diğer programların ise bir biri ile korelasyonunun çok iyi olduğu izlendi. Frekans pertürbasyon parametrelerin karşılaştırılmasında ise MDVP ile Dr. Speech frekans pertürbasyonları arasında iyi bir korelasyon izlenirken MDVP ile Praat, VoxMetria ile LingWAVES arasında çok iyi korelasyon gözlenmiştir.

Amir ve ark (90) 58 kadın ile yapmış olduğu MDVP ve Praat programlarını karşılaştıran çalışmasında, F0 değerlerini her iki programda benzer sasyısal değerlere

sahip olduğunu Jitter, Shimmer ve NHR parametrelerinde ise MDVP'nin Praat'tan daha yüksek değerde olduğunu gözlemişlerdir. İki program arasında parametreler arasında yüksek bir korelasyon katsayısı izlemişlerdir. F0 için korelasyon  $r > 0,96$ , pertürbasyon parametrelerinin korelasyon değeri  $0,72 < r < 0,93$  arasında değişmekte idi. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde her iki program arasında F0 değerleri arasındaki korelasyon değeri  $r > 0,95$ , frekans pertürbasyon parametreleri arasındaki korelasyon değeri  $0,75 < r < 0,80$ , amplitüt pertürbasyon parametreleri arasındaki korelasyon değeri  $0,91 > r > 0,80$ , spektral parametreler arasındaki korelasyon değeri  $0,76$  idi. Ayrıca hem frekans hemde amplitüt pertürbasyonu parametreleri olan LingWAVES programının Irregularity parametresi ile VoxMetria programının Correlation ve Irregularity parametrelerinin diğer parametreler ile ilişkisinde; LingWAVES programının Irregularity parametresi ile VoxMetria Programının Shimmer, Irregularity, Praat programın Shimmer ve MDVP programının ShdB parametresi arasında çok iyi korelasyon ( $0,90 > r > 0,80$ ), VoxMetria programının Correlation ve Irregularity parametreleri ile MDVP programının Shimmer parametreleri arasında çok iyi korelasyon ( $-0,93 > r > -0,78$ ) izlenmiştir.

Programların kendi içerisindeki parametreler arasındaki korelasyon değerlerine baktığımızda Jitter-Shimmer parametreleri arasındaki uyum sırası ile; TF32 programında en yüksek  $r = 0,922$ , daha sonra MDVP  $0,837 > r > 0,751$ , VoxMetria  $0,83 > r > 0,73$ , Praat  $0,74 > r > 0,60$ , Dr. Speech  $r = 0,673$  izlenmiştir. LingWAVES programında ise korelasyon değeri çok düşük olarak bulunmuştur ( $r = -0,02$ ).

Spektral parametrelerde ise MDVP programında VTI ile NHR arasında orta derece de ilişki varken diğer VTI-SPI, SPI-NHR parametreleri arasında çok zayıf korelasyon ilişkisi izlenmiştir. Burada dikkat çeken NHR'nin diğer parametrelere göre Shimmer parametreleri ile daha yüksek olmak üzere ( $0,81 > r > 0,77$ ), Jitter parametreleri ( $0,7687 > r > 0,741$ ) ile de yüksek korelasyon ilişkisinin olmasıdır. Dr. Speech programında NNE ile HNR parametresi arasında iyi derecede korelasyon ( $r = -0,667$ ) ilişkisi izlenmiştir. Praat programında ise NHR-HNR arasında iyi, H1-H2, H1-A1, H1-A2, H1-A3 kendi aralarında çok iyi koreledirler.

Hem jitter hem de Shimmer değerleri kullanılarak hesaplanan Irregularity ve correlation parametresinin Jitter ve Shimmer parametreleri ile korelasyon ilişkisine bakıldığında; VoxMetria programında Irregularity ve correlation parametresinin Shimmer ile korelasyon değeri sırası ile  $0,834 / 0,818$  çok iyi iken jitter ile korelasyonu  $0,728 / -0,718$ 'dir. Her iki parametre Shimmer ile çok iyi Jitter ile iyi koreledir.



LingWAVES programında ise Irregularity parametresi VoxMetria'nın tersi olarak Jitter ile korelasyonu  $r=0,825$ , Shimmer ile korelasyonu  $r=0,757$  olarak bulunmuştur

Geleneksel parametreler kullanılarak elde edilen ve RBH sistemine benzer değerlendirme yapabilmeyi sağlayan parametrelerden Dr. Speech Vocal Assesment yazılımı ile ölçülebilen Breathy Voice parametresi ile NNE parametresinin uyumu dikkat çekici idi. İkili arasındaki korelasyon değeri  $r=0,918$  olarak izlendi. Yine LingWaves programı ile ölçülen Overall Severity ve Noise ile Jitter parametresinin yüksek uyumu dikkat çekici idi. Overall Severity-Jitter'in korelasyon değeri  $r=0.80$  iken, Overall Severity-Shimmer korelasyon değeri  $r=-0.01$  olarak izlendi.

Ses kalitesinin çok kötü olduğu veya afonik olan seslerde Jitter, Shimmer gibi periyot ölçümüne dayalı parametreleri ölçmek mümkün olmadığı için periyot ölçümüne bağlı kalmayan akustik analiz yapan non-lineer dinamik analiz parametresi olan Lyapunov üsteli de çalışılmıştır. Çalışmamızda afonik, ileri derecede bozuk sesleri dahil etmediğimiz için Lyapunov üsteli ile diğer parametreler arasında çok iyi uyum elde edilemedi. Fakat geleneksel parametreler kullanılarak RBH sistemine benzer değerlendirme yapan Dr. Speech vocal assessment (Hoarse Voice, Harsh Voice, Breathy Voice), LingWAVES (Irregularity, Noise, Overall severity), VoxMetria (Irregularity) parametreleri ile Spektral parametrelerden HNR (Praat, Dr. Speech), NHR (Dr. Speech), NNE (Dr. Speech) iyi derecede koreledir. Bununla birlikte Praat, MDVP, Dr. Speech, VoxMetria, LingWaves ve TF32 programlarının Jitter ve Shimmer parametreleri korelasyonunda P değeri  $< 0.001$  olarak izlenmiştir.

Farklı akustik analiz programlarının karşılaştırılması ile ilgili, Read ve ark (80), Kanel ve ark (87), Bielamovicz ve ark (91), Kılıç ve ark (74) çalışmalar yapmışlar ve farklı programlar arasında ayrıntılarda farklılık olmakla birlikte oldukça iyi uyum gözlemişlerdir. Ses analizlerinde kayıt için kullanılan yazılım ve donanımın farklı olması ölçülen sonuçların farklı çıkmasında önemli bir etkidir. Standart bir donanım ve yazılımı kullanılarak kaydedilen ses üzerinde ölçüm yaparak bu sakınca ortadan kaldırılmış, programlar arasındaki farklılık ön plana çıkarılmıştır. MDVP ve Praat programlarının pek çok parametrede birbiri ile uyumlu olması ölçümlerin tutarlı olduğunu göstermektedir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Leden VH. A Cultural History of the Larynx and Voice. Ed: Satalof RT, Professional Voice, The Science and Art of Clinical Care. 2nd Edition, pp.7-86. San Diego Singular Publishing Group, London, 1997.
2. Sataloff RT, Heman-Ackah YD, Hawkshaw MJ. Clinical Anatomy and Physiology of the Voice. Otolaryngology Clinics of North America 2007; 40(5): 909-27.
3. Yılmaz N. Solunum sistemi Morfolojisi. s.3-14, Cilt 1, İstanbul Üniversitesi C.T. Fakültesi yayınları, İstanbul. 2001.
4. Aronson AE, Bless DM. Klinik Ses Bozuklukları (Çev: Kılıç MA, Oğuz H) s. 326-344, Nobel Tıp Kitabevleri, Adana, 2012.
5. Cevanşir B, Gürel G. Foniatri Sesin Oluşumu, Bozuklukları ve Korunmasında Temel İlkeler. İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi 1982.
6. Balcı K. Göğüs Hastalıkları. s 3-45, 3. Basım, Atlas Kitapevi, Konya, 1993.
7. Hixon TJ, Golman M, Mead J. Kinematics of the chest Wall during speech production. J Speech HearRes 1973;16:78-115.
8. Meller SM. Functional anatomy of the larynx. Clin North Am 1984;17 (1):3-12.
9. Marchant W. Anatomy of the larynx trachea and bronchi. Anaesthesia & intensive care medicine 2005;6 (8):253-55.
10. Reidenberg JS, Laitman JT. Morphophysiology of the larynx. Ed: Water TV, Staecker H, Basic Science and Clinical Review For Otolaryngology. pp. 505-15, Thieme Medical Publishers, New York, 2005.
11. Tucker HM. Anatomy of the larynx. Ed: Tucker HM, the Larynx. 2nd Edition, pp. 1-18, Thieme medical publishers Inc, New York, 1993.
12. Kılıç MA. Larenksin fonksiyonel anatomisi ve ses fizyolojisi. T Klin ENT 2002;2:1-8.
13. Sasaki CT and Kim YH. Anatomy and physiology of the larynx. Ed: Ballenger JJ, Snow JB, Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery. 16th Edition, pp. 1090-1109, BC Decker Inc, Hamilton, 2003.

14. Naito A, Nimi S. The larynx during exercise. *Laryngoscope* 2000;10:1147.
15. Koç C; Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. s. 1183-1216  
1.Baskı, Güneş Kitapevi, Ankara, 2003.
16. Maue WM, Dickinson DR. Cartilages and ligaments of the adult larynx. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1971; 94: 432-9.
17. Burdett E, Mitchell V. Anatomy of the larynx, trachea and bronchi. *Anaesthesia & Intensive care medicine* 2008; 9(8):329-333.
18. Janfaza P. Montgomery WW. Baş ve boynun cerrahi anatomisi (Çev: Cansız H, Yüksel S) s. 629-74, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul, 2002.
19. Yanagisava E, Voo P. The larynx. Ed: Lee K. J, Lee Essential Otolaryngology Baş ve Boyun Cerrahisi. Sixth ed. pp. 793-795, McGraw-Hill, Newyork, 2004.
20. Kaya S. Larenks hastalıkları. s. 19-57, Bilimsel Tıp Yayınevi, Ankara, 2002.
21. Rosen C.A, Simpson C.B. Operative Techniques In Laryngology. pp. 3-8, 1st Edition, Siproinger, Heidelberg, 2008.
22. Fink BR, Demerest RJ. Laryngeal Biomechanics, Harvard University pres, Cambridge, 1978;134.
23. Hirano M. Clinical Examination of Voice. Siproinger, New York, 1981.
24. Dere F. Anatomi atlası ve ders kitabı, cilt 2, 5.Basım, Nobel Tıp Kitapevi, Adana, 1999.
25. Mutlu V. Klimiğimizde Larejektomi ve Boyun Diseksiyonu Yapılan Hastalarda; Larinksteki Primer Tümörün Lokalizasyonu, Büyüklüğü, Evresi ve Histopatolojisi İle Boyun Metastazı Arasındaki İlişkinin Retrospektif Olarak İncelenmesi, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, KBB, Uzmanlık Tezi, Erzurum 2008.
26. Kepekçi H. Larenks Anatomisi. Ed: Ömür M, Önder D, Kaleli Ç. Larenks Kanseri ve Boyun. ss. 1-7, Haseki Hastanesi Vakfı Yayını, İstanbul, 1992.
27. Arıncı K, Elhan A. Anatomi. s. 367-76, Cilt 1, Güneş Kitabevi, Ankara 1997.
28. Holinger LD. Pharyngoceles, laryngocelesandsaccülercist. Ed: English GM. Otololaryngoloji. Vol 3. JB Lippincott, 1993.

29. Becker W, Neumann HH, Pfaltz CR. KBB Hastalıkları El Kitabı (Çev: Cevanşir B) s. 386-427, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Erişkin Ve Çocuk KBB Hastalıkları, Baş Boyun Cerrahisi ve İletişim Bozuklukları Derneği Yayını, İstanbul, 1993.
30. Yelken MK. Farklı Müzik Türlerinde Eğitim Gören Öğrencilerin Seslerinin Akustik Analiz İle Karşılaştırılması. TC Sağlık Bakanlığı Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi KBB Kliniği Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2005.
31. Sancak B, Cumhuriyet M. Fonksiyonel Anatomi. s. 105-14, 3. basım, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2004.
32. Aronson AE, Bless DM. Klinik Ses Bozuklukları (Çev: Kılıç MA, Oğuz H) s. 355-376, Nobel Tıp Kitabevleri, Adana, 2012.
33. Hollinshead WH. The Pharynx and Larynx. Ed: Hollinshead WH, Anatomy for surgeons, The head and neck. 3th Edition, pp.389-441, Lippincott, Philadelphia 1982.
34. Woodson GE. Larengeal ve Faringeal Fonksiyon. Ed: Cummings CW, Flint PW, Harker LA, CummingsOtolaringoloji Baş ve Boyun Cerrahisi (Çev: Özcan İ, İkinciogulları A. Çeved Koç C) s.1963-74, 4. Basım, Güneş Tıp Kitapevi, Ankara, 2007.
35. Özlügedik S. Ses laboratuvarı. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Seminerleri. Ankara, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıp Fakültesi Yayınları, 2001;2:27-38.
36. Özgür İ. Konuşma Bozuklukları ve Sağaltımı. Nobel Kitapevi, Adana 2003;1-9.
37. Loucks TMJ, Poletto CJ, Simonyan K. Human Brain Activation During Phonation and Exhalation: Common Volitional Control for two Upper Airway Function. Neuro image Elsevier 2007;36(1):131-41.
38. Başer N, Ertaş B. Disfoni nedenleri. Klinik gelişim 2005;18(1) 22-6.
39. Köse M. Vokal kord paralizilerinin Larengeal Elektromyografi ve Objektif Ses Analizi ile Değerlendirilmesi. Gülhane Askeri Tıp Akademisi KBB Uzmanlık Tezi, Ankara, 2002.

40. Van de Berg JW. Myoelastic Aerodynamic-Theory of Voice Production, J Speech Hear Res 1958; 1: 227-44
41. Blevins RD. Flow-induced vibration. 2nd edition. Van Nostrand Reinhold, 1990.
42. Uğurtay Ö. Ses kısıklığı yakınması olan hastalarda tedavinin etkinliğinin değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2006.
43. Samian RA. Ses analizi. Ed: Cummings CW, Flint PW, Harker LA ve ark. Cummings otolaringoloji baş ve boyun cerrahisi. (Çev: Koç C.) s. 2008-25, Cilt 3, 4. Basım, Güneş Tıp Kitabevi, Ankara, 2007.
44. Minifie Fd. Disorders of Voice, Speech and Language. Ed Ballenger JJ, Snow JB, Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery. 16th Edition, pp. 1118-1150, BC Decker Inc, Hamilton, 2003.
45. Aronson AE, Bless DM. Klinik Ses Bozuklukları (Çev: Kılıç MA, Oğuz H) s. 134-165, Nobel Tıp Kitabevleri, Adana, 2012.
46. World Health Organization. International classification of impairment, disability and handicap, World Health Organization, Genave, 1980.
47. Amir O, Ashkenazi O, Leibovitzh T. Applying the Voice Handicap Index (VHI) to Dysphonic and Non dysphonic Hebre 3w Speakers. J Voice 2006;18:71-82.
48. Kılıç MA, Okur E, Yıldırım İ. Ses Handikap Endeksi Türkçe Versiyonun Gevenilirliği ve Geçerliliği. KBB ihtisas derg 2008;18(3):139-47.
49. Deconkere PH an others. Perceptual Evaluation of Dysphonia: Reiability and Relevance. Folia Phoniatr (Base1) 1993;45:76.
50. Laver J, Mackenzie-Beck J. Vocal profile analysis. Edinburgh, university of edinburgh, Queen Margaret College, 1991.
51. Kosckee DL, Rammage L. Voice Care in the Medical Setting. Singular Publishing Group. San Diego,1997.
52. Kılıç MA. Evaluation of the patient with voice problem by objective and subjective methods. Curr Pract ORL 2010; 6(2): 257-265.
53. Michaelis D, Fröhlich M, Strube HW. Selection and combination of acoustic features for the description of pathologic voices. J Acoust Soc Am 1998,103:1628-39.

54. Wuyts FL, De Bodt MS, Molenberghs G. The dysphonia severity index: An objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. *J Speech Hear Res* 2000;43:796-809.
55. Plant R.I, Salman R.A. Larinks Görsel Dökümantasyonu. Ed: Cummings CW, Flint PW, Harker LA, Cummings Otolaringoloji Baş ve Boyun Cerrahisi (Çev Özcan K.M. Çeved Koç C) s.1989-2008, 4. Basım, Güneş Tıp Kitapevi, Ankara, 2007.
56. Rammage L. Morrison M. Nichol H. Management of the Voice and its Disorder. 2 nd Edition, San Diego Singular Publishing Group, 2001.
57. Hirano M, Bless DM. Vocal Cord Vibration, Video stroboscopic Examination of the Larynx. Singular Publishing Groups, San Diego, California, 1993; 23-30.
58. Hirano M, Yoshida Y, Yoshida T. Stroboscopik Video Recording of Vocal Cord Vibration. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1985;94: 588-90.
59. Tatlıpınar A.U, Dursun G. Videolarenstroboskopinin Ses Hastalıklarının Tanı ve Tedavisindeki Klinik Önemi. *K.B.B ve Baş Boyun Cerahisi Dergisi*, 2000;8(3):195-201.
60. Sato K, Umeno H, Nakashima T. Stroboscopicobservation of vocal fold vibration with the videoendoscope. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2003;112: 965-972.
61. Bless DM, Hirano M, Feder R. Videostroboscopik Evaluation of theLarynx. *Ear Nose Throat J*, 1987;66:48.
62. Titze I. Phonation Threshold Pressure: a missing link in glottal aerodynamics. *J Acoust Soc Am*,1991; 91:2926.
63. Titze IR, Jiang JJ, Hsiao TY. Measurement of Mukozal Wave Propagation and Vertical Phase Difference in Vocal Fold Vibration, *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1993;102:58.
64. Biever DM, Bless DM. Vibratory Characteristics of the Vocal Fold in Young Adult and Geriatric Vomen. *J Voice*, 1989;3: 120.
65. Bless DM. Stroboscopic, Acoustic, Aerodynamic and Perceptual Attributes of Voice Production in Normal Speaking Adults. Ed: Titze IR, pp. 121-134, National Center for Voice and Speech, Progres Report 4, Lowa City, 1993.
66. Farnsworth D. High-speed Motion Pictures of the Human Vocal Cords. *Bell Telephone Records*, 1940;18:203-8.

67. Hertegard S. What Have we Learned About Laryngeal Physiology from High-Speed Digital Videoendoskopi?. *Curr Opin in Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005;13:152-6.
68. Hertegard S. Larsson H. Wittenberg T. High-Speed Imaging Applications and Development. *Logoped phoniatr Vocol*, 2003;28:133-9.
69. Metin E. Vokal Kord Nodüllü Kadın Hastalarda Ses Kalitesi ve Kişilik Yapısının İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü KBB AD Odyoloji, Ses ve Konuşma Bozuklukları Yüksek Lisans Programı Tezi, Ankara 2009.
70. Dejonckere P.H. Perceptual and laboratory assesment of dysphonia. *Otolaryngologic Clinics Of North America*, 2000; 33(4): 731-50.
71. Giovanni A, Revis J, Triglia JM. Objective aerodynamic and acoustic measurment of voice improvement after phono surgery. *Laryngoscope*, 1999;109:656-60.
72. Smitheran JR, Hikson TJ. A Clinical Method for Estimating Laryngeal Airway Resistance During Vowel Production, *J Speech Hear Disord* 1981;46:138.
73. Baken RJ, Orlikoff RF. *Clinical Measurement of Voice and Speech*, 2nd Edition, San Diego, Singular Publishing Group 2000
74. Kılıç MA, Okur E. CSL ve Dr.Speech ile ölçülen temel frekans ve pertürbasyon değerlerinin karşılaştırılması. *KBB İhtisDerg* 2001;8:152-157
75. Nyquist H. Certaintopics in telegaph transmission theory. *Prooc IEEE* 1928;47:617-44.
76. Shannon CE. Communication in the presence of noise. *Proc Instittute Radio Eng.* 1949;37:10-21.
77. Titze IR. Workshop on Acoustic Voice Analysis. Summary Statement. National Center for Voice and Speech, Lova City, 1995.
78. Titze IR. Acoustic voice analysis: summary statement. Iova City, IA: National Center for Voice and 1995.
79. Scherer RC. Laryngeal Function During Phonation. Ed: Satallof RT, *Diagnosis and Treatment of Voice Disorders*, pp.86-104, Igaku-Shoin Medical Publishers, New York, 1995.
80. Read C, Buder EH, Kent RD. Speech analysis systems. *J Speech Hear Res* 1992;35:314-32.

81. Titze IR, Liang H. Comparison of F0 extraction methods for high-precision voice perturbation measurements. *J Speech HearRes* 1993; 36: 1120-33.
82. Giovanni A, Ouaknine M, Triglia JM. Determination of largest Lyapunov exponents of vocal signal: application to unilateral laryngeal paralysis. *Otolarygol Head Neck Surg* 1999;120:153-8.
83. Koca Ö. Boyacı Z. Spektogram ve Fonetik Analiz In Ses ve Ses Hastalıkları, Oğuz A. Demireller A. Ekin Tıbbi Yayın, İstanbul 1996: 53 – 54.
84. Baken RJ. Dynamical disorders of voice: a chaotic perspective on vocalir regularities. Ed: J. Rubin S, Sataloff RT, Korovin GS, *Diagnosis and treatment of voice disorders*. 2nd Edition, Thomson Learning, Clifton Park, NY 2003.
85. Titze IR, Horii Y, Scherer RC. Some technical considerations in voice perturbation measurements. *J Speech HearRes* 1987; 30:252-60
86. Gelfer MP, Fendel DM. Comparison of jitter, shimmer and signal-to-noise ratio from directly digitized versus taped voice samples. *J Voice*. 1995;9:378–382.
87. Karnell MP, Hall KD, Landahl KL. Comparison of fundamental frequency and perturbation measurements among three analysis siystem. *Journal of Voice* 1995;9:383-93
88. Kılıç MA, Oğuz H, Ögüt F, Okur E, Yıldırım İ. Adverse effect of noise on voice pertürbation estimates: A comparison of three voice analysis programs 3rd World Cngres, 19-22 Haziran 2006, İstanbul
89. Smits I, Ceuppens P. A Comparative study of acoustic voice measurements by means of Dr. Speech and CSL. *Journal of Voice* 2005;19(2):187-196.
90. Amir O, Wolf M, Amir N. A clinical comparison between MDVP and Praat soft wares: Is There Diffrence?. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2009;4(3):202-205. ([http://www.isca-speech.org/archive/maveba\\_2007](http://www.isca-speech.org/archive/maveba_2007))
91. Bielamowicz S, Kreiman J, Gerratt BR, Dauer MS, Berke GS. Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement. *J Speech HearRes*. 1996;39:126–134.



## 8. SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Lig: Ligaman

dB: Desibel

VHI: (Voice Handicap Index) Ses Handikap Endeksi

GRBAS: (Grade, Roughness, Breathness, Asthenicity, Strained) Disfoni derecesi, Pürüzlülük, Solukluluk, Zayıflık, Gerginlik

RBH: (Roughness, Breathiness, Hoarseness) Pürüzlülük, Solukluk, Kısıklık

CAPE-V: (Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice) Sesin İşitsel Algısal Değerlendirmesi Uzlaşısı

VPA: (Voice Profile Analysis) Vokal Profil Analizi.

GHD: (Göttingen Hoarseness Diagram) Göttingen Ses Kısıklığı Diyagramı

DSI: (Dysphonia Severity Index) Disfoni Şiddet Endeksi.

MDVP: Multidimensional Voice Program

VLS: Videolarenostroboskopi

F0: Temel Frekans

LR: Larengeal Rezistansı

MPT: (Maximum Phonation Time) Maksimum Fonasyon Zamanı

RAP: (Relative Average Perturbation) Rölatif Ortalama Pertürbasyon

PPQ: (Pitch period Perturbation Quotient) Perde Pertürbasyon Bölümü

APQ: (Amplitude Perturbation Quotient) Amplitüt Pertürbasyon Bölümü

HNR: (Harmonic-to-Noise Ratio) Harmonik Gürültü Oranı

NHR: (Noise-to-Harmonic Ratio) Gürültü Harmonik Oranı

NNE: (Normalized Noise Energy) Normalleştirilmiş Gürültü Enerjisi

VTI: (Voice Turbulance Index) Ses Türbülans Endeksi

SPI: (Soft Phonation Index) Yumuşak Fonasyon Endeksi

GNE: (Glottal-to-Noise Excitation ratio) Glotik Gürültü Eksitasyon Oranı

NSH: Subharmonik Segment Sayısı

DSH: Subharmonik Derecesi

CPP: (Cepstral Peak Prominence) Kepstral Tepe Çıkıntısı.

FFT: (Fast Fourier Transform) Hızlı Fourier Dönüşümü

LTAS: (Long Time Average Spectrogram) Uzun Süreli Ortalama Spektrogram

VRP: (Voice Range Profile) Ses Genişliği Profili

## 9. ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Trakeanın ön ve arkadan görünümü.....	4
Şekil 2. İstirahat ve fonasyon halindeki solunum eğrileri.....	7
Şekil 3. Diyafram ve göğüs kafesinin solunum sırasındaki hareketi.....	7
Şekil 4. Larengeal iskeletin önden, arkadan, dış yandan.....	9
ve iç yandan görünümü	
Şekil 5. Larenksin intrinsek kasları.....	17
Şekil 6. Larenksin internal anatomisi.....	20
Şekil 7. Larenksin inervasyonu.....	22
Şekil 8. Bernolli etkisi.....	28
Şekil 9. Ses kıvrımı vibrasyonları ve glotik döngünün şeması.....	29
Şekil 10. Ses kıvrımının histolojik yapısının şematik görünümü.....	33
Şekil 11. Ses kıvrımlarının vibratuvar örüntüleri; A: falseto,.....	36
B: modal ya da göğüs rejisteri, C: gıcırta sesi	
Şekil 12: Vokal kisti olan 12 yaşında erkek hastaya ait olan.....	61
MDVP ile yapılan örnek analiz	
Şekil13: Vocal Assement (Dr. Speech).....	62
Şekil14: Voice Quality Estimate.....	62
Şekil 15: Praat programı ile ses analizi.....	63
Şekil 16: SpeechTool programı ile ses analiz.....	64
Şekil17: LingWAVES geleneksel ve RBH benzeri değerlendirme.....	65
Parametreleri	
Şekil 18:VoxMetria programı ie GHD ölçümü.....	66
Şekil19: TF32 programı ile ses analizi.....	66
Şekil 20: Lyapunov Exponents parametresi.....	67

## 10. TABLOLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1: Çalışma ve kontrol grubunun yaş gruplarına ve cinsiyetine.....68 göre dağılımı	68
Tablo 2. Çalışma grubunun tanılarına göre dağılımı.....68	68
Tablo3: F0'ları çok yüksek uyumlu olan programlar.....69	69
Tablo 4. Farklı programların frekans pertürbasyon parametrelerinin.....69 korelasyon değerleri	69
Tablo5. VoxMetria programı ile ölçülen Correlation parametresinin diğer.....70 programların frekans ve amplitüt pertürbasyon parametreleri ile ilişkisi	70
Tablo 6. Farklı programların amplitüt pertürbasyon parametrelerinin.....70 korelasyon değerleri	70
Tablo7. Spektral parametreler arasında korelasyon değeri yüksek.....71 olan parametreler	71
Tablo 8. Türev parametrelerin birbiri ile ilişkisi	
Tablo 9. Farklı programların ilgisiz parametreleri arasındaki korelasyon.....72 değerleri	72
Tablo 10. Lyopunuov üsteli ile iyi korele olan parametreler.....75	75

T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu  
ARAŞTIRMA BAŞVURUSU İZİN VE ONAY FORMU

BAŞVURU BİLGİLERİ	Araştırmanın Başlığı	"Ses Analizinde Kullanılan Akustik Parametreler"
	Sorumlu Araştırmacı	Prof. Dr. Mehmet Akif KILIÇ
	Protokol No	01
	Başvuru Tarihi	09.01.2012

DEĞERLENDİRİLEN İLGİLİ BELGELER	Belge Adı	Dili
	Başvuru Formu	Türkçe
	Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu	Türkçe

KARAR BİLGİLERİ	Oturum No: 2012/03	Karar No: 9	Tarih: 12.01.2012
	Yukarıda bilgileri verilen klinik araştırma başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan Etik Kurul üyelerin oy birliği ile karar verilmiştir.		

<b>KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU</b>	
ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesi, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI	Doç. Dr. Metin KILINÇ

Unvanı /Adı/Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma İle İlişki		Katılım *		İmza
			E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Metin KILINÇ Başkan	Tıbbi Biyokimya	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Hasan Çetin EKERBİÇER Üye	Halk Sağlığı	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Mustafa GÜL Üye	Tıbbi Mikrobiyoloji	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Harun ÇIRALIK Üye	Tıbbi Patoloji	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Yusuf ERGÜN Üye	Tıbbi Farmakoloji	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Tufan MERT Üye	Biyofizik	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Mehmet DAVUTOĞLU Üye	Çocuk Sağ. ve Hast.	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Nimet ŞENOĞLU Üye	Anest. ve Rea.	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Gürkan ACAR Üye	Kardiyoloji	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Vedat BAKAN Üye	Çocuk Cerrahisi	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Ramazan KARANFİL Üye	Adli Tıp	KSÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Mehmet Emin DARENDELİ Üye	Avukat	Serbest	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	KATILMADI
Mustafa CANSARAN Üye	Ziraat Mühendisi	İl Gıda, Tarım ve Hay. Müd.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	KATILMADI
Turan YILDIZ Üye	Öğretmen	Özel Ali KENGER Anadolu Lisesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	KATILMADI

\* :Toplantıda Bulunma

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR  
ETİK KURULU BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU**

Sizi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Hastalıkları Anabilim Dalı tarafından yapılmakta olan 'Ses analizinde kullanılan akustik parametreler' başlıklı çalışmaya davet ediyoruz.

Çalışma için üç saniyelik 'a' sesi bilgisayara kaydedilip kayıt üzerinden ses analizi yapılacaktır.

Çalışmaya katılmak gönüllülük esasına dayanmakta olup herhangi bir ücret talep edilmeyeceği gibi ödemedede yapılmayacaktır

**Katılımcının beyanı:**

**Gönüllünün**

**Adı:**

**Soyadı:**

**Tarih:**

**İmza:**

**Araştırmacı Doktor**

**Adı:** Selman

**Soyadı:** SARICA

**Tarih:** 17/01/2012

**Tel:**05057556654

**Adres:** Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB AD

**İmza:** 