

Ses Problemi Olan Hastanın Objektif ve Subjektif Yöntemlerle Değerlendirilmesi

Evaluation Of The Patient With Voice Problem By Objective and Subjective Methods

Dr. Mehmet Akif KILIÇ

ÖZET

Objektif ve subjektif ses değerlendirme yöntemlerinin ses bozukluklarının tanı ve takibinde önemli bir yeri vardır. Objektif yöntemlerle sesin akustik ve aerodinamik özellikleri ölçülürken, subjektif yöntemlerle sesin algısal özellikleri ve hastanın yaşam kalitesi değerlendirilir. Bu gözden geçirme yazısında, ses hastalıklarıyla ilgilenen KBB uzmanlarına yardımcı olmak amacıyla objektif ve subjektif değerlendirme yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aerodinamik analiz, algısal analiz, akustik analiz, yaşam kalitesi ölçümü, ses hastalıkları

ABSTRACT

Objective and subjective voice evaluation methods have important place in diagnosis and follow-up of the voice patient. Objective methods measure acoustic and aerodynamic characteristics of the voice, and subjective methods evaluate perceptual properties of the voice and quality of life of the patient. In this review, it was mentioned about objective and subjective evaluation methods to help the ENT specialists who are interested in voice disorders.

Key Words: Acoustic analysis, aerodynamic analysis, measuring quality of life, perceptual analysis, voice disorders

Curr Pract ORL 2010, 6(2): 257-265

Giriş

Ülkemizde son 10-15 yıl içinde ses hastalıklarının tanı ve tedavisine karşı ilgi artışı, bu hastalıklarda kullanılan çeşitli inceleme yöntemlerine olan ilgiyi de artırmıştır. Ses problemini değerlendirmek amacıyla kullanılan yöntemler; vibrasyon inceleme yöntemleri, larengeal EMG, objektif ve subjektif inceleme yöntemleri şeklinde dört grupta incelenebilir. Stroboskopi ve EGG gibi vibrasyon inceleme yöntemleriyle larengeal EMG bu makalenin kapsamı dışında kalmaktadır. Burada bahsedilen objektif yöntemler, akustik ve aerodinamik analiz yöntemlerini, subjektif yöntemler ise algısal değerlendirmeyi ve yaşam kalitesi ölçümünü içermektedir.

Ses hastalıklarıyla ilgilenmekte olan veya ilgilenmek isteyen pek çok KBB uzmanı, akustik ve aerodinamik ses analizi konusunda çekingen davranmaktadır. Bunun nedenleri, konunun matematiğinin çok karmaşık olması ve böyle bir analiz için pahalı cihazlar gerektiği düşüncesidir. Bunlardan birincisi doğrudur, ancak analiz yapmak için matematiksel detayların bilinmesi gerekmemektedir. İkincisi ise yanlıştır, aşağıda bahsedildiği gibi ücretsiz programlarla da pek çok analiz yapılabilmektedir. Bu makalede, önce ses kayıt standardizasyonundan, daha sonra detaylara girmeden objektif ve subjektif ses değerlendirme yöntemlerinden bahsedilecek, son olarak da uygulamaya yönelik bilgiler verilecektir.

Ses Kayıt Standardizasyonu

Gerek akustik ve gerekse algısal analiz için standartlara uygun bir ses kaydı yapılması büyük önem taşımaktadır. Aşağıda anlatılan şekilde yapılan ses kaydı üzerinde, daha sonra hem akustik analiz hem de algısal analiz yapılabilir. Standardizasyon; bilgisayar, ses kartı, mikrofon, mikrofon kablosu, kayıt ortamı ve kayıt malzemesi şeklinde altı başlık halinde incelenecektir.

Bilgisayar: Günümüzde üretilen ortalama bir bilgisayarın hızı ve kapasitesi her türlü kayıt ve analiz programını çalıştırmak için yeterlidir. Daha sessiz oldukları için dizüstü bilgisayarlar tercih edilmelidir. Kayıt sırasında başka bir program çalıştırılmamalı, otomatik çalışan programlar devre dışı bırakılmalıdır.

Ses kartı (arayüzü): Bilgisayarın elektriksel gürültüsünden etkilenmediği için harici ses kartları, daha doğru bir isimlendirmeyle ses arayüzleri tercih edilmelidir.

Mikrofon: Donanımın en önemli parçasıdır. Ses kaydı ve analizi amacıyla kullanılacak bir mikrofonun frekans aralığının en az 50-15 000 Hz olması ve sadece tek yönden gelen sesleri alması gerekir. Ses kaydı yapılan kişinin ağzı, mikrofonun diyaframına dik olmalıdır. Ağız-mikrofon uzaklığı mikrofon türüne göre değişmekle birlikte 5 cm'den az, 30 cm'den fazla olmamalıdır.

Mikrofon kablosu: Düşük gürültülü odyo kablosu kullanılmalıdır, kablunun mikrofon ucunda dişi XLR konektör bulunmalıdır. Kablunun diğer ucuna ise kullanılan ses kartına veya cihaza uygun bir konektör bağlanmalıdır.

Kayıt ortamı: Ses kaydı yapılırken ortam/elektik gürültüsünü ve reverberasyonu (çınlamayı) en aza indirmek amacıyla aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Kalabalıktan uzak, gürültüsüz bir oda seçilmeli (gürültü düzeyi < 50 dB A),
- Koridora uyarı yazıları asılarak insan gürültüsü en az düzeye indirilmeli,
- Tıbbi cihazlar, klima vs. kapatılmalı; sessiz çalışsa bile, bir cihazın ortama elektrik gürültüsü yayacağı unutulmamalı,
- Kayıt sistemi elektrik kablolarından uzak tutulmalı,
- Cep telefonları tamamen kapatılmalı,

- Kapı ve pencereler kapalı tutulmalı,
- Reverberasyona karşı önlem olarak; ortamda, halı, perde ve sesi yansıtmayacak özellikte duvar panoları kullanılmalıdır.

Kayıt malzemesi: Yukarıda bahsedilen donanım ve ortam hazırlandıktan sonra akustik ve algısal analiz için aşağıdaki noktalara dikkat edilerek ses kaydı yapılır.

- Ses kaydı, hasta dinlendikten sonra ve (stroboskopik muayene amacıyla) topik anesteziden önce yapılmalı,
- Kayıt ayarı; mono, 44 100 Hz örnekleme hızı, 16 bit çözünürlük şeklinde olmalı,
- Akustik analiz için normal konuşma tonunda ve 3 s uzunluğunda [a:] sesi kaydedilmeli,
 - Kayıt sırasında mümkün olduğunca perde ve şiddet değişikliği olmaması için hasta uyarılmalı, gerekirse kayıt birkaç defa tekrarlanmalı ve en uygun olanı seçilmeli,
 - Geçici kaydın başından ve sonundan en az 0,5 s'lik segmentler çıkarıldıktan sonra PCM wav dosyası olarak arşive kaydedilmeli,
- Algısal analiz için, Diyet Pasajı (EK-1) gibi bir metin okunurken, en az 15 s uzunluğunda konuşma sesi kaydedilmeli, PCM wav dosyası olarak arşive kaydedilmelidir.

Bu şekilde yapılan bir kaydın kalitesi akustik analiz ve algısal değerlendirme için yeterli olsa da fonetik inceleme için yeterli değildir. Konuşma sesleri üzerinde fonetik inceleme yapılması düşünülüyorsa, bunun önceden planlanması; kayıt sisteminin, ortamının ve malzemesinin planlanan çalışmaya göre belirlenmesi gerekir.

Objektif İnceleme Yöntemleri

Akustik Analiz

Kay Elemetrics firması tarafından 1990'lı yılların başında satışa sunulan, CSL (Computerized Speech Lab) sistemi ve bu sistem üzerinde çalışan MDVP (Multi-Dimensional Voice Program) yazılımı, yüksek fiyatına rağmen uzun süre büyük ilgi görmüştür. Benzer işi yapan ücretsiz yazılımların araştırmacıların kullanımına sunulması, *jitter* ve *shimmer* gibi parametrelerin güvenilir bir disfoni göstergesi olduğuna ilişkin yayınlar (Heman-Ackah *et al.*, 2002), bu algıda göreceli bir azalmaya yol açmıştır. Günümüzde, *jitter* ve *shimmer* gibi geleneksel parametrelerin yanında, temel frekans ölçümü gerektirmeyen glotal gürültü eksitasyon oranı, kepstral tepe çıkıntısı gibi modern parametreler de kullanılmaya başlanmıştır.

Akustik analiz başlığı altında parametreler sıralanırken, MDVP (KayPENTAX) yazılımı temel alınmış, bu yazılımla ölçülmeyen bazı önemli parametreler de listeye eklenmiştir.

Bu bölüm; genel olarak Hirano (1981), Baken (1987), Tiger DRS, Inc. (1998), KayPENTAX (2005), Boersma ve Weenink (2009) kaynaklarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Temel Frekans ve Temel Frekans Değişiklikleri

Bu grupta yer alan parametrelerle sesin perdesi ve perdedeki değişme miktarı ölçülür.

- Temel frekans (fundamental frequency, F0): Ses kıvrımlarının 1 s'deki titreşim sayısına eşittir, birimi Hz'tir. Normal konuşma sırasında ortalama F0 değeri, erkeklerde 100-150 Hz, kadınlarda 180-250 Hz arasındadır.
- Semiton: Ses aralığını gösteren bir müzik terimidir. Bir sesin frekansının iki katına çıkması anlamına gelen bir oktavlık aralıkta 12 semiton mevcuttur.
- Fonatuvar temel frekans aralığı: Fonasyon sırasında kişinin çıkardığı en düşük frekansla en yüksek frekans arasındaki farktır.
- Ses perdesinin standart sapması (pitch sigma): Akustik analiz için kaydedilen sesin perdesi ölçülürken bulunan standart sapma değeri olup birimi Hz veya semitondur.

Ses Şiddetiyle İlgili Ölçümler

Ses şiddetiyle ilgili en önemli ölçüm yöntemi fonetogramdır. Bu inceleme yönteminde, kişinin her frekans (daha doğrusu müzik perdesi) için çıkarabildiği en düşük ve en yüksek şiddetler ölçülerek işaretlenir; odyogramdaki gibi y ekseninde dB cinsinden ses şiddetinin ve x ekseninde Hz cinsinden ses frekansının yer aldığı bir grafik elde edilir. Sağlıklı bir ölçüm için, ağız-mikrofon uzaklığının hassas bir şekilde ayarlanması, ses şiddetinin ses düzey ölçeriyle kalibre edilmesi gerekir. Sadece yazılımla yapılabilen bir ölçüm değildir. Harici modül, özellikli bir mikrofon ve ses düzey ölçeri gibi ek donanımlar gerektirir. Fonetogram yapmak için, Voice Range Profile (KayPENTAX, sadece CSL tabanında), Dr. Speech Phonetogram (Tiger DRS, Inc.) ve LingWAVES Voice Clinic Suite Pro (WEVOSYS) gibi sistemler kullanılır.

Frekans Pertürbasyonu Parametreleri

Peş peşe gelen periyotlar arasında istem dışı ortaya çıkan frekans farklılıklarını gösterir. Pertürbasyon ölçümü için en az 100 periyot gereklidir. Buna göre, temel frekansı 100 Hz olan bir kişinin sesi üzerinde pertürbasyon ölçümü yapılacaksa en az 1 s uzunluğunda bir ses kaydına ihtiyaç vardır.

- **Mutlak jitter (Jita; Praat: jitter, local, absolute):** Analiz edilen ses örneğindeki her periyodun, kendinden sonraki periyotla farkının mutlak değerinin ortalamasına eşittir. Temel frekansa göre değişiklik gösterdiği için güvenilir bir parametre değildir.
- **Yüzde jitter: (Jitt; Praat: jitter, local):** Mutlak jitterin temel frekansa bağlı olarak değişiklik göstermesi sakıncasını ortadan kaldırmak için, mutlak jitterin ortalama periyoda bölünmesiyle elde edilir. Birimi % olup normal değeri % 1'in altındadır.
- **Rölatif ortalama pertürbasyon (Relative Average Perturbation, RAP; GHD, VoxMetria, LingWAVES: PPQ):** Kişinin kayıt sırasında sesini aynı perdede tutamamasına bağlı temel frekans değişikliklerinin, jitter değerlerini etkilememesi için üç periyotluk düzeltme uygulanır. Ardışık iki periyot arasındaki fark yerine, üç periyodun ortalaması ile bu üç periyodun ortasında yer alan periyot arasındaki fark dikkate alınır.
- **Perde pertürbasyonu bölümü (Pitch Period Perturbation Quotient, PPQ; Praat: ppq5):** RAP'den farklı olarak üç yerine beş periyotluk düzeltme uygulanır.

- **Jitter (ddp, difference of differences of periods):** Praat'a (Boersma ve Weenink) özgü bir parametre olup değeri RAP'nin üç katına eşittir.
- **Ortalama periyot korelasyonu (Mean Waveform matching Coefficient, MWC, VoxMetria: Correlation; GHD: CORR):** Hem perde hem de amplitüt pertürbasyonu parametresidir. Ardışık periyot çiftleri arasındaki uyumu gösterir. Jitter ve shimmer göre daha güvenilir bir parametredir. İki periyodun şekli tıpatıp aynıysa değeri 1'dir. Periyotlar arasındaki benzerlik bozuldukça MWC değeri azalır. (Michaelis et al., 1998) MDVP ile ölçülemeyen bu parametre, GHD (Michaelis) ve VoxMetria (CTS Informática) yazılımlarıyla ölçülebilmektedir.

Amplitüt pertürbasyonu parametreleri: Peş peşe gelen periyotlar arasında istem dışı ortaya çıkan amplitüt farklılıklarını gösterir.

- **Mutlak shimmer (ShdB; Praat: shimmer, local, dB):** Her periyodun tepe amplitüdü bir sonraki periyodun tepe amplitüdü ile karşılaştırılır, bulunan değerlerin ortalaması alınarak hesaplanır. Birimi dB'dir.
- **Yüzde shimmer (Shim; Praat: shimmer, local):** Her periyodun kendinden sonraki periyotla arasındaki şiddet farkının mutlak değerinin ortalamasını ortalama periyot şiddetine bölerek elde edilir. Normal değeri % 3'ün altındadır.
- **Üç düzeltme faktörlü shimmer (Praat: apq3; Dr. Speech: shimmer, 3pts):** Üç periyotluk düzeltme uygulanmış shimmer parametresidir. MDVP ile ölçmek için sAPQ (düzeltme faktörü kullanıcı tarafından ayarlanabilen APQ) parametresinin düzeltme faktörü 3 olarak seçilmelidir.
- **Beş düzeltme faktörlü shimmer (Praat: apq5; Dr. Speech: shimmer, APQ):** Beş periyotluk düzeltme uygulanmış shimmer parametresidir. MDVP ile ölçmek için sAPQ parametresinin düzeltme faktörü 5 olarak seçilmelidir.
- **Amplitüt pertürbasyonu bölümü (Amplitude Perturbation Quotient APQ; Praat: apq11; Dr. Speech: shimmer, 11pts):** On bir periyotluk düzeltme uygulanmış shimmer parametresidir.
- **Enerji pertürbasyonu bölümü (Energy Perturbation Quotient, EPQ):** On beş periyotluk düzeltme uygulanmış shimmer parametresidir. GHD, VoxMetria ve LingWAVES yazılımlarıyla ölçülebilen bu parametre, sAPQ için düzeltme faktörü 15 seçilerek MDVP ile de ölçülebilir.
- **Shimmer (ddp: difference of differences of periods):** Praat'a özgü bir parametre olup değeri apq3'ün üç katına eşittir.

Spektral Parametreler: İnsan sesinin içerdiği farklı frekanslar ve bunlara ait şiddetler, Fourier dönüşümü kullanılarak, perde özelliği x ekseninde, şiddet özelliği y ekseninde gösterilebilir. Bu dönüşüm, kısa süreli segmentler üzerinde ve seriler halinde uygulanırsa hızlı Fourier dönüşümü (Fast Fourier Transform, FFT), uzun bir segment üzerinde ortalama alınarak uygulanırsa uzun süreli ortalama spektrogram (Long Time Average Spectrogram, LTAS) adını alır. Spektral parametreler, bu şekilde ortaya konan farklı frekans bölgelerine ait şiddet toplamları oranlanarak hesaplanır. Bu grupta yer alan parametreler, yetersiz glotik kapanma sonucu ortaya çıkan

türbülans gürültüsü yanında, yüksek frekanslı harmoniklerin şiddetinin hipofonksiyona bağlı olarak azalmasını veya hiperfonksiyona bağlı olarak yükselmesini de gösterir.

- **Harmonik gürültü oranı (Harmonic-to-Noise Ratio, HNR):** Temel frekans ve onun katları olan harmoniklerin toplam enerjisinin gürültü enerjisine oranıdır. Birimi dB olup yüksek değerler sesteki gürültü oranının düşük olduğunu gösterir. MDVP ile ölçülmeyen bu parametre, Praat ve Dr. Speech Vocal Assessment (Tiger DRS, Inc.) ile ölçülebilmektedir.
- **Gürültü harmonik oranı (Noise-to-Harmonic Ratio, NHR):** HNR parametresinin modifiye edilmiş şeklidir. HNR'nin aksine bu parametrenin değeri, sesteki gürültü miktarıyla doğru orantılı olarak değişir.
- **Normalize gürültü enerjisi (Normalized Noise Energy, NNE):** Harmonik enerjiden toplam enerjiyi çıkarmak suretiyle elde edilir. Birimi dB olup değeri (-)'dir. Gürültü miktarı arttıkça değeri yükselerek 0'a yaklaşır. MDVP ile ölçülmeyen bu parametre, Dr. Speech Vocal Assessment ile ölçülebilmektedir.
- **Ses türbülans endeksi (Voice Turbulance Index, VTI):** Yüksek frekanslı gürültü enerjisinin toplam enerjiye oranıdır. Yüksek frekanslı gürültüyü gösteren bir parametredir.
- **Yumuşak fonasyon endeksi (Soft Phonation Index, SPI):** Düşük frekanslı harmonik enerjinin yüksek frekanslı harmonik enerjiye oranıdır. Hipofonksiyonel disfonilerde değeri yükselir.
- **Glottik gürültü eksitasyon oranı (Glottal-to-Noise Excitation ratio, GNE):** Ses kıvrımlarının titreşimiyle ortaya çıkan gürültüyle, türbülans kaynaklı gürültünün birbirine oranıdır. Genellikle 1000, 2000 ve 3000 Hz bant genişliklerinde ayrı ayrı ölçülür ve en sık üçüncüsü (GNE3) kullanılır. Soluklulukla yakından ilişkili olan bu parametre, temel frekans ölçümü gerektirmediğinden ileri derecede bozuk seslerde bile ölçülebilir. (Michaelis et al., 1998) Bu parametre, GHD, LingWAVES ve VoxMetria yazılımlarıyla ölçülebilmektedir.
- **Kepstral tepe çıkıntısı (Cepstral Peak Prominence, CPP):** Kepstrum, bir sinyalin Fourier dönüşümünün logaritmasının Fourier dönüşümüdür. Bir çeşit ters spektrumdur, bu durumu göstermek için adı da spektrum kelimesinin ilk dört harfinin tersten yazılması ile oluşturulmuştur. CPP ise, kepstrum ölçümü sırasındaki birinci spektral tepenin dB cinsinden yüksekliğidir. Değeri, sesin solukluluk düzeyiyle ters orantılı olarak değişir. (Hillenbrand et al., 1994) MDVP ile ölçülmeyen bu parametre, SpeechTool (Hillenbrand) yazılımı ile ölçülebilmektedir.
- **Spektral eğim ölçümü:** H1-H2 (1. harmonik yani F0 ile 2. harmonik arasındaki şiddet farkı) ve H1-A1, H1-A2, H1-A3 (1. harmonikle sırasıyla 1., 2. ve 3. formantın en yüksek harmoniği arasındaki şiddet farkı) gibi spektral eğimi gösteren parametreler, solukluluk göstergesi olarak kullanılabilir. (Hanson, 1997) MDVP ile ölçülmeyen bu parametreler, bir Praat eklentisi olan Akustyk (Plichta) yazılımıyla ölçülebilmektedir.

Ötüm parametreleri: Ses kırılması düzeyini gösteren parametrelerdir.

- **Ötümsüzlük derecesi (Degree of Voiceless, DUV; Praat: fraction of locally unvoiced frames):** Analiz edilen örnekteki ötümsüz segment oranını gösterir.
- **Ses kırılması derecesi (Degree of Voice Breaks, DVB):** Ötümsüz segmentler toplamının toplam süreye oranıdır.
- **Ötümsüz segment sayısı (Number of Unvoiced Segments, NUV):** Analiz edilen örnekteki ötümsüz segment sayısını gösterir.
- **Ses kırılması sayısı (Number of Voice Breaks, NVB):** Analiz edilen örnekteki ses kırılması sayısını gösterir.

Aerodinamik Analiz

Fonasyonda jeneratör görevi gören akciğerlerin fonksiyonunu ve ses kıvrımlarının kapanma yeteneğini ölçmeyi amaçlayan inceleme yöntemleridir. Vital kapasite, fonatuvar volüm, fonasyon bölümü gibi genel parametreler spirometre veya vücut pletismografi gibi cihazlarla ölçülebilir. Maksimum fonasyon süresi ve s/z oranı gibi parametrelerin ölçümü ise çok daha basittir. Bunların dışında kalan parametreler için özel olarak üretilmiş Phonatory Aerodynamic System-PAS (KayPEN-TAX) ve EVA2 (S.Q. Lab) gibi cihazların kullanılması gerekir.

Aerodinamik analiz parametrelerini iki ana gruba ayırarak inceleyebiliriz: Hava akış hızı veya volümüyle ilgili olanlar ve hava basıncıyla ilgili olanlar.

Hava akış hızı veya volümüyle ilgili olanlar

- **Vital kapasite (Vital Capacity, VC):** Maksimum inspiryumdan sonra, maksimum ekspiryumla dışarı atılan toplam hava miktarıdır. Normal değeri 3 000 ile 6 000 ml arasındadır.
- **Maksimum fonasyon süresi (Maximum Phonation Time, MPT):** Derin bir inspiryumdan sonra ölçülen en uzun fonasyon süresidir. Hastaya derin bir nefes alması ve uzun bir [a:] sesi çıkarması söylenir. Bu işlem üç kez tekrarlandıktan sonra en uzun süre MPT olarak alınır. Birimi saniye olup ortalama değer, erkeklerde 25-35 s, kadınlarda 15-25 s'dir. Glotik kapanmanın yetersiz olduğu durumlarda süre kısalmır. Ölçüm yapılırken aynı anda bilgisayarda ses kaydı yapılması, hem inspiryum zamanlaması açısından hastaya kolaylık sağlar, hem de hassas bir ölçüm yapılmasına imkan verir.
- **s/z oranı:** Maksimum [s:] süresinin maksimum [z:] süresine oranıdır. Bu süreler MPT'de olduğu gibi ölçülür. Normalde bu oran 1,3'ün altında olup glotiste hava kaçığına neden olan durumlarda [z:] süresi kısalmaya için s/z oranı büyür.
- **Fonatuvar volüm (Phonatory Volume, PV):** Maksimum fonasyon süresi ölçülürken çıkan hava miktarıdır.
- **Ortalama hava akış hızı (Mean Flow Rate, MFR):** Fonatuvar volümün maksimum fonasyon süresine bölünmesi ile elde edilir. Birimi ml/s olup normal değeri 40-200 ml/s arasındadır.

$$MFR = \frac{PV}{MPT}$$

- **Fonasyon bölümü (Phonation Quotient, PQ):** Vital kapasitenin maksimum fonasyon süresine bölünmesiyle elde edilir. Birimi ml/s olup normal değeri MFR'ye yakın olduğundan, bu parametreyi ölçme imkanının olmadığı durumlarda onun yerine kullanılabilir.

$$PQ = \frac{VC}{MPT}$$

Hava basıncıyla ilgili olanlar

- **Subglotik ve intraoral basınç (P_{sub} ve P_{io}):** Ekspiryum gücünü ve ses kıvrımlarının kapanma derecesini gösterir.
 - **Fonasyon eşik basıncı (Phonation Threshold Pressure, PTP):** Belirli bir frekansta, sürekli bir ses kıvrımı titreşimini sağlayan en düşük akciğer basıncıdır.
 - **Glottik direnç (Glottal Resistance, GR):** Subglotik basıncın ortalama hava akış hızına bölünmesiyle hesaplanır.
- $$GR = \frac{P_{sub}}{MFR}$$
- **Glottik etkinlik (Glottal Efficiency, GE):** Fonasyon sırasındaki efor düzeyini gösterir. Akustik enerjinin aerodinamik enerjiye oranıdır. Ses şiddetinin glottik dirence bölünmesiyle hesaplanır.

Subjektif İnceleme Yöntemleri

Algısal Analiz

Algısal analiz veya psikoakustik değerlendirmede sesin; kısıklık, pürüzlülük, solukluluk, düzeyleri yanında perde, şiddet ve rezonans özellikleri algısal olarak değerlendirilir. Algısal analiz sırasında değerlendirmeye alınan parametre sayısı ne kadar fazla olursa o kadar fazla bilgi verir, ancak uygulanması da o kadar güçleşir.

Akustik analiz için genellikle [a:] sesi yeterli olurken, algısal analiz için önceden belirlenmiş cümleleri veya standart bir pasajı okuma, sayı sayma ve sohbet konuşması gibi farklı konuşma materyallerine ihtiyaç duyulur. Burada, en çok kullanılan üç algısal analiz yönteminden ve içerdikleri parametrelerden bahsedilecektir.

- **GRBAS (Grade, Roughness, Breathiness, Asthenia, Strain):** Japon Logopedi ve Fonyatri Derneği tarafından geliştirilmiştir. (Hirano, 1981) Sesin algısal yönden değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen yöntemlerin en eskisidir. Bu nedenle, diğer yöntemleri GRBAS'ın modifikasyonu olarak değerlendirmek yanlış olmaz. GRBAS yönteminde yer alan beş parametreden *Grade*, genel ses kısıklığı düzeyini; *Roughness*, sesteki pürüzlülüğü; *Breathiness*, solukluluğu; *Asthenia*, zayıflığı yani hipofonksiyonu; *Strain*, zorlanmayı gösterir. Bu parametrelerin her biri; 0, normal; 1, hafif derecede; 2, orta derecede; 3, ileri derecede bozukluk şeklinde dört basamaklı ordinal skala üzerinde gösterilir.
- **RBH (Roughness, Breathiness, Hoarseness):** Nawka *et al.* (1994), GRBAS sistemini Asthenia, Strain parametrelerini çıkararak basitleştirmiştir. Derecelendirme, GRBAS sisteminde olduğu gibi dört basamaklı ordinal skala ile yapılmaktadır.

- **CAPE-V (Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice):** American Speech-Language-Hearing Association (ASHA, 2002) tarafından geliştirilmiştir. GRBAS sistemindeki parametrelerden asthenia çıkarılmış, yerine sesin perde ve şiddet özellikleri eklenmiştir. Diğer iki yöntemden farklı olarak sorunun derecesini belirtmek amacıyla 100 mm'lik vizüel analog skala kullanılır. İncelenen özellik, 100 mm uzunluğundaki bir çizgi üzerinde (0, normal; 100 çok ileri derecede bozuk) gösterilir.

Algısal Değerlendirme Amacıyla Objektif Yöntemlerin Kullanılması

Algısal değerlendirmenin sağlıklı olabilmesi için, deneyimli kişilerden oluşan bir ekip tarafından yapılması zorunludur. Hem deneyim hem de ekip gerektirmesi, algısal değerlendirmedeki en büyük zorluktur. Bu zorluğu aşmak amacıyla, geniş veritabanları üzerinde çalışılarak, ses kısıklığı düzeyiyle akustik-aerodinamik parametreler arasındaki ilişki araştırılmış, algısal değerlendirmeye yardımcı olacak yeni parametreler geliştirilmiştir.

Disfoni şiddet endeksi (Dysphonia Severity Index, DSI): Çeşitli akustik parametrelerle GRBAS sistemine göre yapılmış algısal değerlendirmenin *Grade* parametresi arasındaki ilişki araştırılarak bulunmuştur. Wuyts *et al.* (2000) tarafından tarif edilen bu göstergenin hesaplanmasında en yüksek temel frekans, en düşük ses şiddeti (bu ikisi fonetogram sırasında ölçülür), maksimum fonasyon süresi ve *jitter* parametreleri kullanılır. DSI değeri +5 ile -5 arasında değişir. Normalin alt sınırı

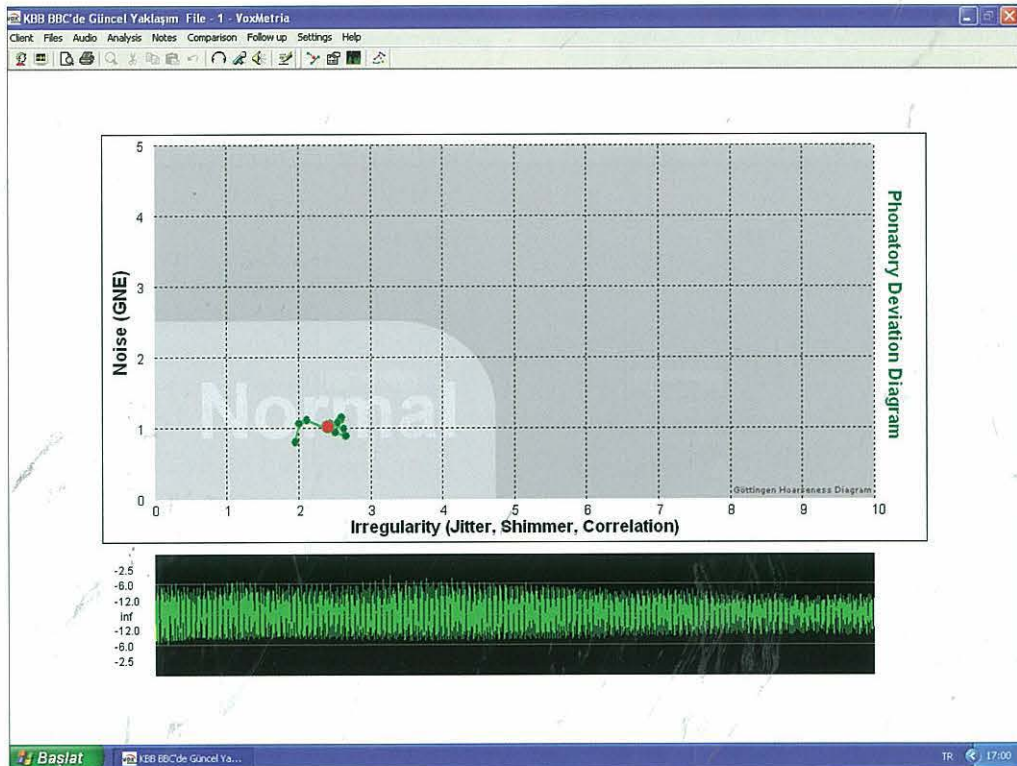
+1,6'dır, yani $DSI > +1,6$ ise G parametresi 0'dır. DSI değeri, bahsedilen dört parametrenin ayrı ayrı ölçülmesinden sonra elle hesaplanabilirse de LingWAVES analiz sistemiyle otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

Göttingen ses kısıklığı diyagramı (Göttingen Hoarseness Diagram, GHD): Michaelis *et al.* (1998) tarafından tarif edilen bir ses değerlendirme yöntemidir. İleri derecede düzensiz seslerde bile analiz imkanı veren bu yöntemde sesin kalitesi, dört akustik parametre kullanılarak iki boyutlu diyagram üzerinde gösterilir. (Resim 1)

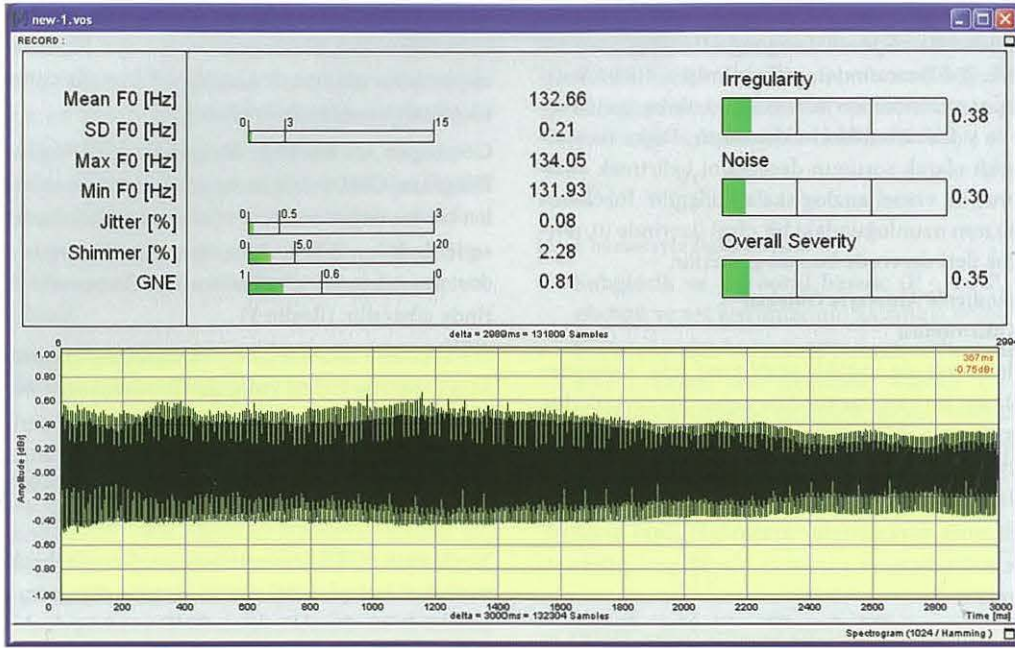
Üç düzeltme faktörlü *jitter*, 15 düzeltme faktörlü *shimmer* ve MWC parametreleri kullanılarak hesaplanan *Irregularity* değeri sesin x eksenindeki lokalizasyonunu gösterir ve pürüzlülük düzeyiyle yakından ilişkilidir. GNE kullanılarak hesaplanan *Noise* değeri sesin y eksenindeki lokalizasyonunu belirler. Sesin solukluluk düzeyiyle yakından ilişkilidir.

VoxMetria (CTS Informática) yazılımıyla hem GHD parametreleri hesaplanabilmekte, hem de diyagram çizilebilmekte. MS-DOS altında çalışan GHD yazılımıyla da sadece parametreler hesaplanabilmektedir.

Vospector: LingWAVES yazılımının Vospector modülü, RBH ölçeğini andıran bir analiz yapar. GHD'dekine benzer bir şekilde, *Irregularity* (pürüzlülük), *Noise* (solukluluk) ve *Overall Severity* (genel ses kısıklığı düzeyi) değerlendirmesi yapılmakta ve elde edilen değerler vizüel analog skala üzerinde gösterilmektedir. (Resim 2)



Resim 1. VoxMetria yazılımıyla GHD ölçümü. Sesin pürüzlülük ve solukluluk özellikleri iki boyutlu diyagram üzerinde izlenebilmektedir.



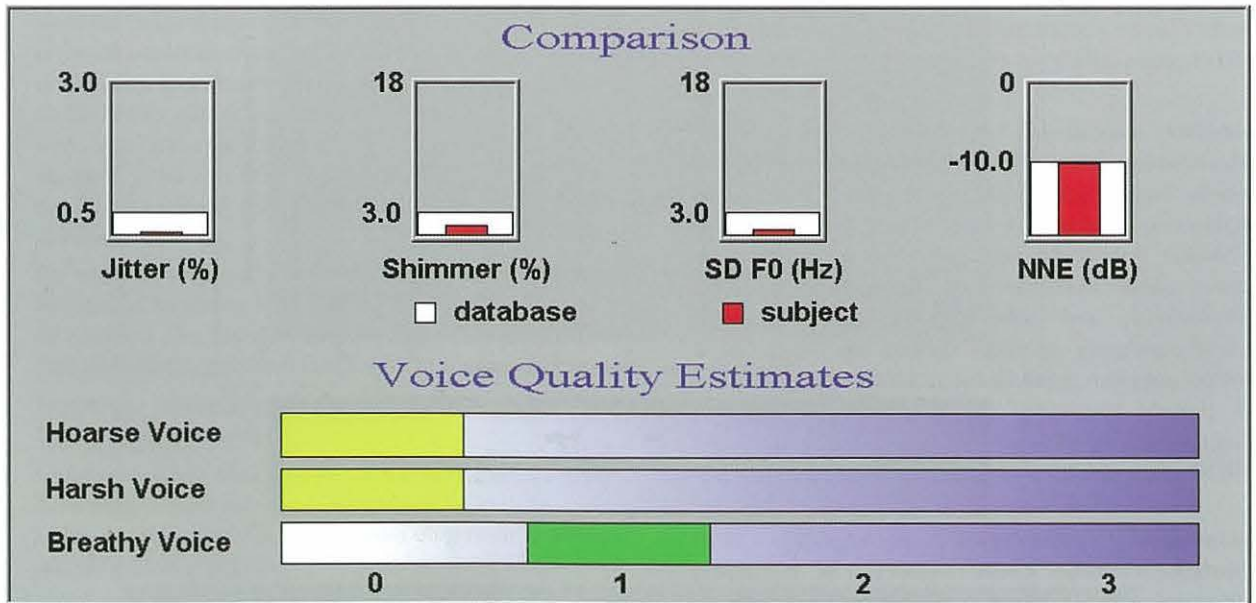
Resim 2. LingWAVES yazılımıyla yapılan RBH benzeri değerlendirmede; Irregularity parametresi Roughness'a, Noise parametresi Breathiness'a ve Overall Severity parametresi Grade'e karşılık gelmektedir.

Voice Quality Estimates: Dr. Speech Vocal Assessment yazılımının bu özelliğiyle *jitter*, *shimmer*, temel frekansın standart sapması ve NNE kullanılarak RBH sistemine benzer bir değerlendirme yapılmaktadır. (Resim 3)

Yaşam Kalitesi Ölçümü

Ses sorunu olan hastaların incelenmesinde yaşam kalitesi ölçümü amacıyla günümüzde VHI (Voice Handicap Index), V-RQOL (Voice-Related Quality of Life), VoiSS (Voice Symptom Scale), VAPP (Voice Activity and Participation Profile) ve VPQ

(Vocal Performance Questionnaire) gibi ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bunların içinde yaygın kullanılan yöntem, Kılıç *et al.* (2008) tarafından ses handikap endeksi (SHE-30) adı altında Türkçeye uyarlanan VHI'dir. Yazarlar, VHI'nın Türkçedeki güvenilirlik ve geçerlilik çalışmasını yapmışlar ve Rosen *et al.* (2004)'ün yaptığı gibi, VHI'yi Türkçe konuşan deneklerin davranışlarına göre kısaltarak Ses Handikap Endeksi - 10 (SHE-10)'ü geliştirmişlerdir. EK-2'de verilen SHE-10, gerek uygulama kolaylığı ve gerekse SHE-30'daki bazı sorunlu maddeleri içermemesi nedeniyle klinik kullanım için daha uygundur.



Resim 3. Dr. Speech Vocal Assessment yazılımında geleneksel parametreler kullanılarak RBH sistemine benzer bir değerlendirme yapılmaktadır.

Rezonansın Objektif ve Subjektif Olarak Değerlendirilmesi

Rezonans, fonasyonla ortaya çıkan bir özellik olmasa da, kalite, perde ve şiddet ile birlikte, sesin dört temel özelliğinden biri olarak kabul edilmektedir. (Wilson, 1987) Ses yolunda ortaya çıkan rezonansın, nazal ve orofarengal olmak üzere iki kaynağı vardır. Klinik açıdan çok daha önemli olduğu için, burada sadece nazal rezonansın değerlendirilmesinden bahsedilecektir.

Objektif Değerlendirme

Nazal rezonansın objektif olarak değerlendirilmesi amacıyla, günümüzde Nasometer II (KayPENTAX) ve NasalView (Tiger DRS, Inc.) gibi yazılım ve donanımdan oluşan sistemler kullanılmaktadır. Üst dudak düzeyinde yatay olarak yerleştirilen bir plaka ile bunun altına ve üstüne yerleştirilen iki mikrofona ağızdan ve burundan çıkan ses basınç düzeyleri ölçülür. Bu ölçüm değerlerinin birbirine oranına nazalans adı verilir ve nazalitenin akustik karşılığıdır.

Nazalans ölçümü sırasında kullanılan cümlelerin her dil için ayrı ayrı hazırlanarak standardize edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, biri tamamen oral seslerden oluşan (nazal ünsüz içermeyen), diğeri ağırlıklı olarak [m], [n] gibi nazal ünsüz içeren iki grup cümle kullanılır.

Objektif değerlendirme amacıyla spektrografik yöntemler de kullanılabilir. Buradaki en büyük güçlük, ağız ve yutak kaynaklı rezonansla burun kaynaklı rezonansın ayırt edilememesidir. Akustik yazılımıyla formant incelemesi sırasında ölçülen $a1-p0$ ve $a1-p1$ ($a1=1$. formantın şiddeti, $p0=1$. nazal formantın şiddeti, $p1=2$. nazal formantın şiddeti) parametreleri nazalite ile ilgilidir. (Chen, 1997)

Subjektif Değerlendirme

Bu amaçla Sweeney ve Sell (2008) tarafından geliştirilen Temple Street skalası kullanılabilir. Objektif değerlendirmede olduğu gibi burada da özel hazırlanmış cümleler kullanılır. Temple Street skalasında hipernazalite; yok, hafif (kabul edilebilir), hafif-orta (kapalı ünlülerde), orta (hem kapalı, hem açık ünlülerde), orta-ileri (bütün ünlülerde ve bazı ünsüzlerde) ve ileri (bütün ünlülerde ve ötümlü ünsüzlerin çoğunda) şeklinde sınıflandırılırken, hiponazalite; yok, hafif (kabul edilebilir), orta (bütün ünlülerde) ve ileri (nazal ünlülerin tamamen denazal olması) şeklinde sınıflandırılır. Bunun dışında nazal hava akımıyla ilgili değerlendirme de yapılmaktadır.

Ses Analizi Yapan Programlar

1. CSL / Multi-Speech (<http://www.kayelemetrics.com>): CSL sistemi, yazılım ile ses arayüzü özelliği olan harici bir modülden oluşmaktadır. Multi-Speech ise hemen hemen aynı işlevi gören, standart ses kartlarıyla uyumlu çalışan bir yazılımdır. Bu çekirdek programlarla birlikte kullanılan MDVP ile perde, *jitter*, *shimmer*, ötümlü parametreleri, spektral parametreler ölçülebilmektedir. Fonetogram için kullanılan Voice Range Profile yazılımı sadece CSL altında çalışmakta ve özel bir mikrofona kullanımını gerektirmektedir. Satış fiyatı pakete eklenen programlara göre değişmekle birlikte yüksektir. Deneme versiyonu yoktur.

2. Dr. Speech (<http://www.drspeech.com>): Bu grup içinde yer alan yazılımlar birbirine bağlı olmadığı için ayrı ayrı da satın alınabilir. Vocal Assessment yazılımıyla ses kalitesiyle ilgili, perde, *jitter*, *shimmer* parametreleri, spektral parametreler ölçülebilmekte, Voice Quality Estimates özelliğiyle algısal değerlendirme yapılabilmektedir. Ayrıca, fonetogram için bu grupta yer alan Phonetogram sistemi kullanılabilir. Vocal Assessment yazılımının deneme versiyonu olmakla birlikte fonksiyonel değildir.
3. LingWAVES (<http://www.wevosys.com>): Bu analiz sisteminin en kapsamlı olan Voice Clinic Suite Pro versiyonuyla, *jitter*, *shimmer* gibi geleneksel parametrelere ek olarak, DSI, GNE gibi parametreler de ölçülebilmekte, fonetogram yapılabilen ve ayrıca vizüel analog skala üzerinde RBH sistemine benzer bir şekilde algısal değerlendirme yapılabilmektedir. Fiyatı, pakete dahil olan modül sayısına göre değişmekle birlikte genel olarak yüksektir. Deneme versiyonunda pek çok fonksiyon kısıtlanmıştır.
4. Praat (<http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>): Özellikle fonetik incelemelere yönelik olan bu yazılım tamamen ücretsizdir. MDVP ile ölçülenlere benzer şekilde perde, *jitter*, *shimmer*, HNR gibi parametreler ölçülebilmektedir. Ücretsiz bir program olmasına rağmen, son derece güvenilir sonuçlar vermektedir. Kılıç *et al.* (2006), üç farklı analiz programı kullanarak, ortam gürültüsünün pertürbasyon analizi üzerindeki etkisini araştırmış, Praat'ın MDVP ve Dr. Speech Vocal Assessment programlarına göre ortam gürültüsünden daha az etkilendiğini bulmuşlardır.
5. Akustyk (<http://bartus.org/akustyk/>): Praat ile birlikte kullanılan ücretsiz Akustyk yazılımıyla spektral parametreler (eğim ve nazalite) ölçülebilmektedir.
6. GHD (<http://www.dpi.physik.uni-goettingen.de/~micha/hd.html>): MS-DOS altında çalışan ücretsiz bir yazılımdır. Bu yazılımla, F0, *jitter* (RAP), *shimmer* (APQ15), CORR, GNE parametreleri yanında diyagram çiziminde kullanılan *Irregularity* ve *Noise* parametreleri ölçülebilmekte, ancak diyagram çizilememektedir.
7. VoxMetria (www.ctsinformatica.com.br): Bu yazılımla GHD parametreleri ölçülebilmekte ve diyagram çizilebilmektedir. Deneme versiyonu fonksiyonel olup bir haftalık süre kısıtlaması vardır.
8. SpeechTool (<http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/>): CPP ve CPPS (düzeltilmiş CPP) analizi yapabilen ücretsiz bir programdır.

Ses Laboratuvarı

Ses hastalarının tedavi edildiği bir klinikte, ses analizi için ideal şartlar olmasa da, aşağıda önerilen sistemlerden biriyle ses kaydı yapılmalıdır. Mümkün olduğunca gürültüsüz ve yalıtımsız bir odada, iyi bir ses kayıt sisteminin varlığında ücretsiz programlar kullanarak akustik ve aerodinamik analiz yapılabilir veya kaydedilen sesler başka bir laboratuvarında incelenebilir. Ayrıca, Solunum Fonksiyon Laboratuvarlarından yararlanarak vital kapasite ve fonasyon bölümü gibi parametreler ölçülebilir.

Başlangıç düzeyinde bir ses laboratuvarı kurarken önceliğin donanımına verilmesi gerekir. Burada, donanımın en önemli iki bileşeni olan mikrofon ve ses kartı ile ilgili iki farklı öneri yer almaktadır.

1. Öneri: Mikrofon, mikrofon kablosu, ses arayüzü, GoldWave yazılımı ve ücretsiz analiz yazılımlarından oluşan çok kaliteli kayıt ve analiz sistemidir. Ücretsiz yazılımlarının da kullanımıyla pek çok kliniğin ihtiyacına cevap verebilir. Maliyeti, bilgisayar hariç 1000 TL civarındadır. Bu sistemin parçaları:
 - a) Shure SM58 mikrofon: Ses analizi amacıyla en çok tercih edilen mikrofondur. Türkiye'deki satış fiyatı, Şubat 2010 itibarıyla 400 TL civarındadır.
 - b) XLR-XLR mikrofon kablosu: Mikrofonu ses arayüzüne bağlamak için, her iki ucunda XLR konektörü bulunan düşük gürültülü odyo kablosu kullanılarak imal edilmiş mikrofon kablosu kullanılır. Fiyatı, kalitesine ve uzunluğuna göre değişmekle birlikte 20-50 TL arasındadır.
 - c) EMU Tracker Pre ses arayüzü: Preamplifikatör özelliği olan ve her çeşit mikrofonla kullanılabilen bir ses arayüzüdür. Türkiye'deki satış fiyatı Şubat 2010 itibarıyla 400-450 TL civarındadır.
 - d) GoldWave Audio Editor yazılımı: Ses kaydı ve edit işlemi için sık kullanılan programlardan biridir. Satış fiyatı 49 USD'dir.
 - e) Ücretsiz analiz yazılımları: Praat, Akustyk, SpeechTool, GHD
2. Öneri: Ses kartı içeren bir mikrofonla, ücretsiz Audacity yazılımı ve yine ücretsiz analiz yazılımlarından oluşan, oldukça kaliteli bir sistemdir. Maliyeti 250 TL civarındadır.
 - a) Samson C01U USB mikrofon + ses arayüzü: Ses kartı özelliği olan ve bilgisayara USB girişinden bağlanan bir mikrofondur. Ucuz olması yanında kolay taşınabilir olması da büyük bir avantajdır. Bu cihazın Türkiye'deki satış fiyatı Şubat 2010 itibarıyla 250 TL civarındadır.
 - b) Audacity yazılımı: Kayıt ve edit işlemleri için kullanılacak ücretsiz bir programdır.
 - c) Ücretsiz analiz yazılımları: Praat, Akustyk, SpeechTool, GHD

Kaynaklar

1. Heman-Ackah YD, Michael DD, Goding GS Jr: The relationship between cepstral peak prominence and selected parameters of dysphonia. *J Voice* 2002,16:20-27.
2. Hirano M: *Clinical Examination of Voice*. Viyana, Springer Verlag, 1981.
3. Baken RJ: *Clinical Measurement of Speech and Voice*. Needham Height, Allyn and Bacon, 1987.
4. Tiger DRS, Inc: *Vocal Assessment for Windows (v.4.30) yazılımı yardım dosyası*. Seattle, Tiger DRS, Inc.,1998.
5. KayPENTAX: *Multi-Dimensional Voice Program - MDVP (v.3.1.4) yazılımı kullanma kılavuzu*. Lincoln Park, KayPENTAX, 2005.
6. Boersma P, Weenink D: Praat (v. 5.1.04) yazılımı yardım dosyası. Amsterdam, Institute of Phonetic Sciences, 2009.
7. Michaelis D, Fröhlich M, Strube HW: Selection and combination of acoustic features for the description of pathologic voices. *J Acoust Soc Am* 1998, 103:1628-1639.
8. Hillenbrand J, Cleveland RA, Erickson RL: Acoustic correlates of breathy vocal quality. *J Speech Hear Res* 1994,37:769-778.
9. Hanson H: Glottal characteristics of female speakers: Acoustic correlates. *J Acoust Soc Am* 1997,101:466-481.
10. Nawka T, Anders LC, Wendler J: Die auditive Bewertung heiserer Stimmen nach dem RBH-System. *Sprache Stimme Gehör* 1994,18:130-133.
11. ASHA: <http://www.asha.org/uploadedFiles/members/divs/D3CAPEVprocedures.pdf>, 2002. (Erişim tarihi: 15.02.2010)
12. Wuyts FL, De Bodt MS, Molenberghs G, Remacle M, Heylen L, Millet B, Lierde KV, Raes J, Van de Heyning PH. The dysphonia severity index: An objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. *J Speech Hear Res* 2000,43:796-809.
13. Kılıç MA, Okur E, Yıldırım İ, Ögüt F, Denizoğlu İ, Kızılay A et al: Ses Handikap Endeksi (Voice Handicap Index) Türkçe versiyonunun güvenilirliği ve geçerliliği. *Kulak Burun Bogaz İhtis Derg* 2008,18:139-147.
14. Rosen CA, Lee AS, Osborne J, Zullo T, Murry T: Development and validation of the voice handicap index-10. *Laryngoscope* 2004,114:1549-1556.
15. Wilson DK: *Voice Problems of Children (3rd ed.)*. Baltimore, Williams & Wilkins, 1987.
16. Chen MY: Acoustic correlates of English and French nasalized vowels. *J Acoust Soc Am* 1997,102:2360-2370.
17. Sweeney T, Sell D: Relationship between perceptual ratings of nasality and nasometry in children/adolescents with cleft palate and/or velopharyngeal dysfunction. *Int J Lang Comm Dis* 2008,43:265-282.
18. Kılıç MA, Oğuz H, Ögüt F, Okur E, Yıldırım İ: Adverse effect of noise on voice perturbation estimates: A comparison of three voice analysis programs. 3rd World Voice Congress, 19-22 Haziran 2006, İstanbul.

EK-1

Diyet Pasajı

Dar kapısından başka aydınlık girecek hiçbir yeri olmayan dükkanında, tek başına, gece gündüz, kıvılcımlar saçarak çalışan Koca Ali, tıpkı kafese konmuş terbiyeli bir aslanı andırıyordu. Uzun boylu, iri pençeli, kalın pazılı, geniş omuzlu bir pehlivandı. On yıldır bu karanlık in içinde ham demirden dövdüğü kılıç namluları bütün Anadolu'da, bütün Rumeli'de, sınır boylarında büyük bir ün kazanmıştı. Hatta İstanbul'da bile yeniçeriler, satın alacakları kamaların, saldırmaların, yatağanların üstünde «Ali Usta'nın işi» damgasını arıyorlardı. O, çeliğe çifte su vermesini biliyordu. Uzun kılıçlar değil, yaptığı kısacık bıçaklar bile iki kat olur, yine kırılmazdı. «Çifte su vermek» sanatının, yalnız ona özgü bir sırrı idi. Yanına çırak almaz, kimse ile çok konuşmaz, dükkanından dışarı çıkmaz, durmadan uğraşır. Bekardı. Hısımlı, akrabası yoktu. Kentin yabancıydı. Kılıçtan, demirden, çelikten, ateşten başka söz bilmez, pazarlığa girişmez, müşterileri ne verirse alırdı. Yalnız savaş zamanları ocağını söndürür, dükkanının kapısını kilitler, kaybolur; savaştan sonra ortaya çıkardı. Kentte onunla ilgili birçok hikayeler söylenirdi. Kimi «cellat elinden kaçmış bir çelebi», kimi «sevgilisi öldüğü için vakitsiz dünyadan elini eteğini çekmiş bir garip» derdi. Siyah, şahane gözlerinin yüksek bakışından, soylu davranışlarından, gururlu suskunluğundan, düzgün sözlerinden onun öyle sıradan bir adam olmadığı belli idi. Ama kimdi? Nereliydi? Nereden gelmişti? Bunları bilen yoktu. Halk kendisini seviyordu. Kentte böyle tanınmış bir ustanın bulunması herkes için ayrı bir gurur kaynağıydı.

Ömer Seyfettin (Diyet)

EK-2

SHE-10

(Maddelerin başında yer alan kodlar o maddenin VHI'daki yerini ve alt grubunu göstermektedir.

E: Emosyonel, Fi: Fiziksel, F: Fonksiyonel)

- E7 Başkalarıyla konuşurken sesim nedeniyle kendimi gergin hissediyorum.
- E9 Sesimdeki sorun yüzünden sosyal ortamlara girmekten kaçınıyorum.
- Fi10 İnsanlar bana: "Sesin neden böyle?" diye sorar.
- F11 Sesimden dolayı arkadaşlarımla, komşularımla veya akrabalarımla çok az konuşurum.
- F12 Yüz yüze konuşurken insanlar söylediklerimi tekrarlamamı ister.
- E15 İnsanların sesimle ilgili çektiğim sıkıntıyı anlamadıklarını düşünüyorum.
- F16 Sesimdeki problemler kişisel ve sosyal hayatımı kısıtlıyor.
- Fi18 Düzgün çıkması için sesimi değiştirmeye çalışıyorum.
- Fi20 Konuşurken büyük çaba harcıyorum.
- E29 Sesim kendimi yetersiz hissetmeme neden oluyor.