

Farklı Analiz Programları Kullanarak Sestin Frekans ve Perturbation Parametrelerinin Karşılaştırılması

Comparing Voice Frequency and Perturbation Parameters Using Different Analysis Programs

Dr. Selman SARICA,¹ Dr. Nagihan BİLAL,¹ Dr. Saime SAĞIROĞLU,¹ Dr. Oğuz OĞUZHAN,²
Dr. Mücahit ALTINIŞIK,³ Dr. M. Akif KILIÇ⁴

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları AD,

²Necip Fazıl Şehir Hastanesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Kliniği, Kahramanmaraş

³Ereğli Devlet Hastanesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Kliniği, Konya

⁴İstanbul Medeniyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları AD, İstanbul

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada sekiz farklı ses sistemi kullanılarak frekans ve perturbation parametrelerini ölçmek ve programları karşılaştırmak amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Ses hastalıkları polikliniğimize Ocak 2011 ile Aralık 2011 tarihleri arasında başvuran 131 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 Assessment, Praat, LingWAVES, Voxmetria, TF32, Chaos Data Analyzer ve Speech-Tool programları kullanılarak analizleri yapıldı. Ayrıca LingWAVES yazılımının Vospector modülü ve Dr Speech Vocal Assessment programlarından yararlanılarak algısal analizleri yapıldı. Çalışmada kullandığımız sekiz analiz programı ile toplam 58 aynı ve farklı gruplarda yer alan parametrelerin kendi aralarındaki korelasyon değerleri ölçüldü. **Bulgular:** Çalışma ve kontrol grubunun ses kayıtlarının 8 ayrı programda yapılan analizleri ile ölçülen temel frekans (F0) da MDVP ile Praat ve Dr Speech programları arasında çok güçlü korelasyon ($r>0,93$), Frekans perturbation parametrelerinde WoxMetria, LingWAVES, MDVP ve Praat programları arasında çok iyi korelasyon ($r>0,79$), Amplitüd perturbation parametrelerinde MDVP ile Praat, TF32 ve VoxMetria programları arasında çok iyi korelasyon ($r>83$) izlendi. Çalışmamızda afonik, ileri derecede bozuk sesleri dahil edilmediği için kaotik analiz parametreleri ile diğer parametreler arasında çok iyi uyum sağlanmadı. **Sonuç:** 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. Praat programının hasta ve kontrol bireylerdeki analiz sonuçlarının en sık kullanılan ses analiz programları ile olan yüksek korelasyon ilişkisi, programının ücretsiz oluşu ve betik dile sahip olması diğer programlara göre avantaj olarak görülmüştür.

Anahtar Sözcükler

Akustik; ses analizi; korelasyon; praat; temel frekans; jitter; shimmer; perturbation; parametre

ABSTRACT

Objective: The Aim of this study is compare the frequency and perturbation parameters of 8 different sound analysis systems. **Material and Methods:** One hundred thirty two patients referred to our voice clinic and 36 healthy volunteers between January 2011 to December 2011, were enrolled. The archived long (2 seconds) [a] vowels were analyzed by MDVP, DrSpeech, Praat, LingWAVES, VoxMetria, TF32, Chaos Analyzer and SpeechTool programs. Eight analysis programs used and total 58 parameters were measured. Correlation between the values and parameters were calculated. **Result:** The fundamental frequency (F0) measured by the analyzes of the sound recordings of the study and control groups in different programs showed a very strong correlation between MDVP and Praat and Dr Speech programs ($r>0,93$). There were very good correlation ($r>0,79$) observed in the MDVP, Praat, VoxMetria and LingWAVES in the comparison of frequency perturbation parameters and very good correlation ($r>83$) was observed amplitude parameters between MDVP and Praat, TF32 and VoxMetria programs. Chaotic analysis parameters and other parameters did not harmony because neither aphonetic nor distorted voices were included. **Conclusion:** 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. The high correlation relationship of the Praat program with the most commonly used voice analysis programs of analysis results in patient and control individuals was found to be advantageous over other programs in that the program was free and had a scripting language.

Keywords

Acoustics; voice analysis; correlation; praat; fundamental frequency; jitter; shimmer; perturbation

Çalışmanın Dergiye Ulaştığı Tarih: 17.01.2017

Çalışmanın Basıma Kabul Edildiği Tarih: 12.09.2017



Yazışma Adresi

Dr. Selman SARICA

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Kulak Burun Boğaz Hastalıkları AD, Kahramanmaraş, Türkiye
e-posta: drselman@hotmail.com

GİRİŞ

Ses, doğadaki esnek cisimlerin titreşiminden oluşan fiziki bir enerjidir ve katı, sıvı, gaz ortamlarında sıkışma-seyrelme dalgaları şeklinde ilerler. İnsan sesi ise ses tellerinin titreşimi ile ortaya çıkar ve ses yolunda işlenmesi ile de kompleks bir fonksiyon olan konuşma oluşur.¹ Konuşma yeteneği, çevre ile iletişim kurmanın ve kendini ifade etmenin sözlü bir biçimi olup insanları diğer canlılardan ayıran, en önemli özelliklerindendir.² Konuşma; fonasyon, rezonans ve artikülasyon olarak üç temel öğeden oluşur.³ Fonasyon, ses tellerinin titreşimi ile ses oluşmasıdır. Ses telleri tarafından oluşturulan sesin, ses tellerinden dudaklara kadar olan ses yolunda uzatılması, artırılması, filtrelenmesi ile rezonans ve ses yolunun dinamik hareketleri sonucu glotik sesin konuşma sesine dönüşümü ile artikülasyon oluşur.³ Ses tellerinin titreşiminde temel unsur mukozal dalgadır. Mukozal dalgalanmanın bozulmasına neden olan organik ya da fonksiyonel patolojiler sesin kalitesine zarar verir ve sesin akustik parametrelerinde değişikliğe yol açmaktadır.⁴

Geniş veri tabanları üzerinde çalışılarak ses analizinde kullanılmak üzere yeni akustik parametreler geliştirilmiştir fakat literatürde akustik parametrelerin birbiri ile korelasyonunu inceleyen çalışmalar çok az sayıdadır. Literatürdeki çalışmalar genellikle yaygın olarak kullanılan 2 veya 3 programı karşılaştırılmaktadır. Ancak bildiğimiz kadarı ile çalışmamız Ses analiz programlarının karşılaştırıldığı en kapsamlı çalışmadır.

Biz bu çalışmamızda, ses ve konuşma bozukluğu olan hastaların değerlendirilmesinde kullanılan farklı parametreler ve farklı analiz programlarını karşılaştırarak programların benzer parametreleri arasındaki korelasyon ilişkisini araştırdık

GEREK VE YÖNTEMLER

Çalışma Ocak 2011-Aralık 2011 tarihleri arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Hastalıkları Polikliniğine ses bozukluğu tanısı ile takip ve tedavi edilen 71'i erkek, 84'ü kadın toplam 155 hasta üzerinde gerçekleştirildi. Hastaların 24'ü vokal kist (%14,2), 19'u vokal nodül (%11,3), 42'si vokal polip (%25), 30'u vokal sulkus (%17,8) mevcuttu (Tablo 1). 11'i erkek, 13'ü kadın toplam 24 hasta afoni ve ileri derecede Irregülerite gibi Jitter, Shimmer ve F0 ölçümünün mümkün olmayan hastalar çalışma grubun-

Tablo 1. Çalışma gruplarının tanılarına göre dağılımı.

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

dan çıkarıldı. Çalışma için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'na başvurularak etik kurul onayı alındı (onay no 2012/03) Kontrol grubu olarak, üst ve alt solunum yolu enfeksiyonu ve ses kalitesini etkileyebilecek sistemik hastalığı olmayan, herhangi bir üst solunum yolu cerrahisi ve ses terapisi öyküsü bulunmayan, sigara ve alkol kullanmayan 18'i erkek 18'i kadın toplam 36 sağlıklı birey çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen kontrol grubundaki kişiler için onam formu doldurulmuş ve her birey için onam alınmıştır. 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 ($\pm 13,7$) kadınlar için 38 ($\pm 12,3$)'dir

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.

Kayıt Yöntemi

Ses kayıtları tipikal anestezinin etkisi olmaması için videostroboskopik muayene öncesinde, sessiz bir odada 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. Toplanan ses kayıtlarının kalitesi, MDVP (Multi-Dimensional Voice Program 2,3 versiyon), Vocal

Assessment (Tiger's Electronics, Neu-Anspach, Germany), Praat programı (versiyon 5.1.37. Boersma & Weenink 2010), SpeechTool, LingWAVES (versiyon 2,4), VoxMetria 4, TF32 (Time-Frequency analysis software, 32 bit) yazılımları kullanılarak analiz edildi. Ayrıca 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 de değerlendirildi.

167 olgunun kaydedilen sesleri sekiz ayrı analiz programının toplam 58 parametresi ile çalışıldı.

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. Değerlendirmeye Mean F0, Jitter%, RAP, PPQ, ShdB, Shimmer, APQ, NHR (Noise to Harmonics Ratio), VTI ve SPI parametreleri alındı.

Vocal Assessment (Tiger's Electronics, Neu-Anspach, Germany): Dr. Speech program grubunda yer alan bu programla *Vocal Assessment* yazılımı ile Jitter, Shimmer, Mean F0, NNE, HNR (Harmonics to noise ratio) parametreleri ölçülebildiği gibi, *Voice Quality Estimate* 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.

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. 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 parametreleri değerlendirildi.

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

LingWAVES (versiyon 2,4) ses ve konuşma analizi, biyolojik geribildirim ve dökümantasyon için kul-

lanılan bir programdır. Ses kalitesini ölçen F0, Jitter, Shimmer, Jitter, GNE gibi parametrelere ek olarak Vospektor modülü ile RBH sistemine benzer algısal değerlendirme yapabilmektedir. Algısal değerlendirmede; Irregularity parametresi Roughness'a, Noise parametresi Breathiness'a ve Overall Severity parametresi Grade'e karşılık gelmektedir.

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.

TF32 (Time-Frequency analysis software, 32 bit), programı Paul H. Milenkovic tarafından tasarlanan ses analiz programıdır. TF32 programında F0, Jitter, Shimmer, SNR parametreleri değerlendirildi .

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 değerlendirildi.

Ses Analizinde Kullanılan Parametreler^{4,6}

Temel frekans: Ses kırımlarının saniyede oluşan açılma kapanma döngü sayısıdır. Sesin kalınlık ve inceliğini bildirir.

Frekans perturbation ölçümleri Fonasyon sırasında temel frekans sabit olmayıp periyotlar arasında düzensizlik vardır. Var olan bu düzensizliğe frekans perturbationu veya jitter denir.

Jitter: Analiz edilen sesin her periyodun kendinden sonraki periyot ile farkının mutlak değerinin ortalamasıdır. Periyotlar arası değişikliği gösteren parametredir. Jitter ses tellerinin düzensizliğini yansıtır ve frekans pertübasyonu olarak da adlandırılır. Normal değeri %1'in altındadır.

Rölatif ortalama pertübasyon (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* eğrilerini etkilemesini ortadan kaldırmak için kullanılan yöntemdir.

Perde pertübasyon bölümü (Pitch Average Perturbation, PPQ; Praat: ppq5): RAP'dan farklı olarak üç yerine ardışık beş periyot kullanılır.

Amplitüt Perturbation Parametreleri: Frekans perturbationunda 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.

Amplitüt Pertübasyon Bölümü (Amplitude Perturbation Quotient, APQ; Praat: apq11) Ses şiddetinin istemli veya istemsiz artıp ve azalmasını ekarte etmek için *Jitter* ölçümlerinde de olduğu gibi düzeltme uygulanması ile elde edilir.

Enerji perturbationu 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.

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. Disfoni ile korelasyon 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.

Ses türbülansı endeksi (Voice Turbulance Index, VTI): 2800-5800 Hz arası nonharmonik enerjinin 70-4500 Hz arası harmonik enerjiye oranıdır. Ses tellerinin addüksiyonunun yetersiz olduğu durumlarda artar.

Glottik gürültü eksitasyon oranı Glottal to Noise Excitation Ratio, GNE): Ses tellerinin titreşimi ile oluşan

gürültü ile türbülans kaynaklanan gürültünün birbirine oranıdır. Solukluk ile ilişki olan GNE parametresi F0 ölçümü gerektirmediği için bozukluğu ileri derecede olan seslerde dahi ölçülebilir.

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.

Doğrusal Olmayan (Non-linear) Analiz: Ses telleri 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.

İstatistiksel Analiz

Yüz altmış yedi olgunun 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. İstatistiksel olarak korelasyon araştırıldı. Aynı grupta yer alan parametrelerin uyumuna baktık. $P < 0,01$ 'den küçük olan korelasyon değerleri (anlamlı kabul edildi) dikkate alındı.

BULGULAR

Pearson korelasyon analizi sonucu cinsiyet ve yaş ile ilişkili tek parametre F0'dı. Tüm programlarda ölçülen F0'ın 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 2) 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 2. F0'ları Çok yüksek uyumlu olan programlar.

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

Fo: Temel frekans; MDVP: Multidimensional Voice Program.

Tablo 3. Farklı programların frekans perturbation parametrelerinin korelasyon değerleri.

Parametre 1	Parametre 2	R (Korelasyon)
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

PPQ: Pitch period Perturbation Quotient; MDVP: Multidimensional Voice Program.

VoxMetria ile LingWAVES programı ($r=0,92$) ve MDVP ile Praat programlarının frekans perturbation parametreleri arasında ($r>0,75$) çok iyi korelasyon görüldü (Tablo 3). MDVP Jitter parametreleri ile Dr. Speech Jitter'i arasındaki korelasyon değeri ise diğer programlara göre daha düşük ($r=0,51$) izlendi.

Hem frekans hem de amplitüt perturbation parametresi olan ve VoxMetria programında çalışılan Correlation parametresi özellikle MDVP programının amplitüt perturbation parametreleri ($r>0,84$), frekans perturbationlarından PPQ parametresi ($r>0,78$), Praat programının frekans perturbation 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 4).

MDVP ile Praat ($r>0,80$), TF32 ($r=0,81$) ve VoxMetria ($r>0,83$), Praat ile VoxMetria programlarının amplitüt perturbation parametreleri arasında korelasyon değeri ($r>0,88$) diğer programlara göre daha yüksek idi (Tablo 5).

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 6).

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 7).

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 8).

Ses kalitesinin çok kötü olduğu veya afonik olan seslerde periyot ölçümünün 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 9).

Tablo 4. Voxmetria programı ile ölçülen Correlation parametresinin diğer programların frekans ve amplitüt perturbation parametreleri ile ilişkisi.

Parametreler	R (Korelasyon)
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

ShdB: Mutlak shimmer; APQ: Amplitude Perturbation Quotient; MDVP: Multidimensional Voice Program.

Tablo 5. Farklı programların amplitüt perturbation parametrelerinin korelasyon değerleri.

Parametre 1	Parametre 2	R(Korelasyon)
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

ShdB: Mutlak shimmer; APQ: Amplitude Perturbation Quotient

Tablo 6. Spektral parametreler arasında korelasyon değeri yüksek olan parametreler.

Parametre 1	Parametre 2	R (Korelasyon)
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

HNR: Noise-to-Harmonic Ratio; GNE: Glottal-to-Noise Excitation ratio; NHR: Noise-to-Harmonic Ratio; CPP: Cepstral Peak Prominence.

Tablo 7. Türev parametrelerinin birbiri ile ilişkisi.

Parametre 1	Parametre 2	R (Korelasyon)
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

TARTIŞMA

Konuşma yeteneği, çevre ile iletişim kurmanın ve kendini ifade etmenin sözlü bir biçimi olup insanları diğer canlılardan ayıran, en önemli özelliklerindendir.

İnsan konuşması ağız, farenks, larenks, akciğer, diyafram, boyun ve karın kaslarının koordine aktivasyonunu gerektirir. Bu koordinasyon planı motor korteksteki pre-sentral giristan başlayıp, spinal kord ve beyin sapındaki motor nükleuslarla ilgili yapılara iletilir.³

Ses, ruh ve beden sağlığının barometresi gibidir. Sesin değerlendirilmesi için eğitilmiş kulak en ayırt edici enstrumandır.⁷ 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.⁴ 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.⁸ 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.⁹ Akustik çalışmalar canlı ya da kaydedilmiş ses kullanılarak yapıldığı için girişimsel işlem değildir.

Literatürde ses analizinde kullanılan akustik parametrelerin birbiri ile korelasyonunu inceleyen çalışmalar az sayıdadır. Öne çıkan MDVP ile Praat ve Dr. Speech programları arasındaki incelemelerdir.^{4,10,11} Titze ve ark. frekans perturbation ölçümlerini örneklemme hızının kullanılan ölçüm tekniğine göre etkileyebileceğini belirtmişlerdir.¹² Gelfer ve Fendel canlı ve kaydedilmiş sesler arasında yapılan analizde parametreler arasındaki farklılıkları araştırmışlardır.¹³ Sonuç olarak F0, jitter, shimmer ve HNR parametreleri arasında anlamlı farklılık izlenmiştir. Karnell ve ark. dijital teybe kaydedilmiş sesler üzerinden DSP Sonagraf, Cspeech ve AUDED/SEG sistemlerini kullanarak yapmış oldukları çalışmada F0 değerlerinin bir biri ile uyumlu, perturbation parametreleri arasında ise uyum olmadığını gözlemişlerdir.¹¹ Kılıç ve ark. ortam gürültüsünün perturbation 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.¹⁴ Biz ise çalışmamızda bu etkileri dışlamak, örneklemme hızının ölçülen değerlerde etkisinin olmaması için bütün hastaların ses kayıtlarını Adobe Audition CS5.5 yazılımı ile 44100 Hz örneklemme hızı ile yaptık. Çalışmamızda her program için aynı ses kayıtları kullanıldığı için ses ana-

Tablo 8. Farklı programların ilgisiz parametreleri arasındaki korelasyon değerleri.

Parametre 1	Parametre 2	R(Korelasyon)
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

HNR: Harmonic-to-Noise Ratio; GNE: Glottal-to-Noise Excitation ratio; ShdB: Mutlak shimmer; NHR: Noise-to-Harmonic Ratio; CPP: Cepstral Peak Prominence.

Tablo 9. Lyapunov üsteli ile iyi korele olan parametreler.

Parametre 1	R (Korelasyon)
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

HNR: Harmonic-to-Noise Ratio; NNE: Normalized Noise Energy; GNE:Glottal-to-Noise Excitation ratio.

lizi programı dışında sonuçları etkileyebilecek faktörler ekarte edildi. Kaos analizi dışında tüm akustik analiz programlarında 44100 Hz örnekleme hızındaki ses kayıtları ile akustik analiz yaptık

Batalla ve ark. yapmış oldukları çalışmada Dr. Speech ve praat programlarını kullanarak yapmış oldukları karşılaştırmada frekans perturbationunda zayıf-orta derecede korelasyon amplitüd perturbationunda orta-güçlü

korelasyon izlenmiştir.¹⁵ Bizim çalışmamızda da literatüre uyumlu olarak Dr Speech ve Praat programları arasındaki korelasyon temel frekans da dahil olmak üzere parametreler arasındaki korelasyon diğer programlar göre düşük izlenmiştir. Kılıç ve ark. benzer bir şekilde MDVP ve Dr. Speech programları ile ölçülen F0 ve perturbation parametre değerlerinin karşılaştırılmasında F0'lar arasında çok yüksek korelasyon, amplitüd perturbation değerleri arasında yüksek korelasyon ve frekans perturbation değerleri arasında da düşük korelasyon değeri bulmuşlardır.⁴ Bizim çalışmamızda da benzer şekilde temel frekansda TF32 dışında tüm programlarda yüksek korelasyon izlenmiştir. Frekansa perturbation parametrelerinde MDVP ile Praat ($r>0,80$) ve VoxMetria ile LingWAVES ($r>0,92$) programları arasındaki korelasyon yüksek izlendi. Amplitüd perturbation parametreleri arasında Praat, MDVP, VoxMetria ve TF32 programları arasında çok yüksek korelasyon ($r>0,80$) izlendi.

Smits ve ark. 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.¹⁶ Çalışmamızda da benzer şekilde DR Speech ile CSL programları arasında F0/Shimmer ve HNR değerlerinin sırası ile korelasyonu 0,93/0,67/0,71 frekans perturbation parametrelerinde ise korelasyon değeri diğer programlara göre daha düşük izlendi (0,51).

Amir ve ark. 58 kadın ile yapmış olduğu MDVP ve Praat programlarını karşılaştıran çalışmasında, F0 değerlerini her iki programda benzer sayısal değerlere sahip olduğunu Jitter, Shimmer ve NHR parametrelerinde ise MDVP'nin Praat'tan daha yüksek değerde olduğunu gözlemişlerdir.¹⁷ İki program arasındaki parametrelerde çok yüksek korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. F0 için korelasyon $r>0,96$, perturbation 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 perturbation parametreleri arasındaki korelasyon değeri $0,75<r<0,80$, amplitüd perturbation parametreleri arasındaki korelasyon değeri $0,91>r>0,80$, spektral parametreler arasındaki korelasyon değeri 0,76 olup iki program arasında çok iyi korelasyon olduğunu bulduk.

Ayrıca hem frekans hem de amplitüd perturbationu 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 programının 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.

Farklı programların ilgisiz parametreleri arasındaki korelasyon ilişkisinde dikkat çeken lingWAVES ile VoxMetria ve MDVP ile Praat arasında korelasyon yüksek izlenmesidir ($r > 83$).

Farklı akustik analiz programlarının karşılaştırılması ile ilgili, Read ve ark., Karnel ve ark., Bielamowicz ve ark., Kılıç ve ark. çalışmalar yapmışlar ve farklı programlar arasında ayrıntılarda farklılık olmakla birlikte oldukça iyi uyum gözlemişlerdir.^{4,11,18,19} Carding ve ark. yapmış olduğu incelemede programlar arasında doğruluk, geçerlilik ve güvenilirlik açısından bir kon-

sensus olmadığını belirtmişlerdir.²⁰ 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.

SONUÇ

Çalışmamızdaki korelasyon ilişkisine baktığımızda Praat programının hasta ve kontrol bireylerdeki analiz sonuçlarının en sık kullanılan ses analiz programları ile olan yüksek korelasyon ilişkisi çalışmamızdaki dikkate değer bir sonuçtu. Praat programının ücretsiz oluşu, betik dile sahip olması, orijinal kodunun açık kaynak olup serbestçe kullanılabilirliği, kullanıcının yeteneklerine izin vermesi, yazılımı değiştirmesi özgürlüğünü sağlaması da avantajıdır.

KAYNAKLAR

1. Story BH. Mechanisms of Voice Production. In: Redford MA, eds. Handbook of speech Production. 1st ed. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing; 2015. p.34-58.
2. Leden VH. A Cultural History of the Larynx and Voice. Satalof RT, eds. Professional Voice, The Science and Art of Clinical Care. 2nd ed. London: San Diego Singular Publishing Group; 1997. p.7-86.
3. Sataloff RT, Heman-Ackah YD, Hawkshaw MJ. Clinical Anatomy and Physiology of the Voice. Otolaryngol Clin North Am 2007;40(5):909-29.
4. Kılıç MA, Okur E. CSL ve Dr. Speech ile ölçülen temel frekans ve pertürbasyon değerlerinin karşılaştırılması. KBB İhtis Derg 2001;8:152-7.
5. Özlügedik S. Ses laboratuvarı. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Seminerleri. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları 2001;2:27-38.
6. Kılıç MA. Evaluation of the patient with voice problem by objective and subjective methods. Curr Pract ORL 2010;6(2): 257-65.
7. Dejonckere PH, Obbens C, de Moor GM, Wieneke GH. Perceptual Evaluation of Dysphonia: Reliability and Relevance. Folia Phoniatr (Base1) 1993;45(2):76-83.
8. Kılıç MA. Larenksin fonksiyonel anatomisi ve ses fizyolojisi. T Klin ENT 2002;2:1-8.
9. Titze IR. Principles of Voice Production. 2nd ed. National Center for Voice and Speech, Iowa City, IA; 2000.
10. Maryn Y, Corthals P, Bodt BD, Couwenberge PV, Deliysi D. Perturbation Measures of Voice: A Comparative Study between Multi-Dimensional Voice Program and Praat. Folia Pho et Log 2009;67:217-26.
11. Karnell MP, Hall KD, Landahl KL. Comparison of fundamental frequency and perturbation measurements among three analysis sistem. J Voice 1995;9(4):383-93.
12. Titze IR, Horii Y, Scherer RC. Some technical considerations in voice perturbation measurements. J Speech Hear Res 1987;30(2):252-60.
13. Gelfer MP, Fendel DM. Comparison of jitter, shimmer and signal-to-noise ratio from directly digitized versus taped voice samples. J Voice 1995;9(4):378-82.
14. 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. Türkiye Klinikleri J Med Sci 2011;31(2):427-31.
15. Batalla FN, Marquez RG, Gonzales MB, Laborda IG, Fernandez MF, Galan MM. Acoustic Voice Analysis Using the Praat Programme: Comparative Study With the Dr.Speechs Programme. Acta Otorrinolaringol Esp 2014;65(3):170-6.
16. Smits I, Ceuppens P, De Bodt MS. A Comparative study of acoustic voice measurements by means of Dr. Speech and Computerized Speech Lab. J Voice 2005;19(2):187-96.
17. Amir O, Wolf M, Amir N. A clinical comparison between two acoustic analysis softwares: MDVP and Praat. Biomedical Signal Processing and Control 2009;4(3):202-5.
18. Read C, Buder EH, Kent RD. Speech analysis systems: an evaluation. J Speech Hear Res 1992;35(2):314-32.
19. Bielamowicz S, Kreiman J, Gerratt BR, Dauer MS, Berke GS. Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement. J Speech Hear Res 1996;39(1):126-34.
20. Carding PN, Wilson JA, MacKenzie K, Deary IJ. Measuring voice outcomes: state of the science review. J Laryngol Otol 2009;123(8):823-9.