

ELEKTRONİK STETOSKOPUN AKCİĞER OSKÜLTASYON YETENEĞİNİN İNCELENMESİ VE AKCİĞER SESLERİNİN SPEKTRAL ANALİZİ

Hüseyin POLAT*, Mete DARILMAZ**

*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

**Gazi Üniversitesi Mediko Sosyal Birimi
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Akciğer hastalıklarının tanısında yeni enstrümanlar ve akciğer ses analizleri klinik uygulamalarda hala yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu çalışmada solunum problemine sahip 48 hastanın oskültasyonu deneyimli bir doktor tarafından elektronik stetoskop (Littmann Electronic Stethoscope Model 4000) kullanılarak yapıldıktan sonra akciğer sesleri stetoskoba kaydedilmiş ve bu sesler doktorun hastaya ait yorumları ile beraber hastanın sürekli takibi amacıyla bilgisayara bir hasta veritabanı olarak kaydedilmiştir. Ayrıca stetoskopta bulunan sesler bilgisayara uygun ses formatında da kaydedilerek daha sonra akustik analizi için olanak sağlanmıştır. Böylece hem gerçek zamanlı dinleme hem de bilgisayar akustik analiz metodlarının kullanılması ile akciğer seslerindeki değişimler, doktorlara normal ve anormal solunum sesi bilgisini sağlamış ve daha kolay teşhis imkanı oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: Elektronik stetoskop, Akciğer sesleri, Spektral analiz

INVESTIGATION OF LUNG AUSCULTATION CAPABILITY OF ELECTRONIC STETHOSCOPE AND SPECTRAL ANALYSIS OF LUNG SOUNDS

ABSTRACT

New developments and instruments such as lung sound analysis have not still been widely used in clinical applications of lung disease diagnosis. In this study, an expert physician using an electronic stethoscope (Littmann Electronic Stethoscope Model 4000) recorded auscultations of 48 patients with respiratory problems, and further, these lung sounds together with the physicians comments related to the patient are entered into computers as the database. The sounds previously recorded by the stethoscope reloaded into the computer with an appropriated voice format, and then used for acoustic analysis. Consequently, the variations on the lung sounds both by real time hearing and by using computerized acoustic analysis methods provides necessary information in normal and abnormal respiratory sounds for physicians, and therefore allows easier and more practical diagnosis.

Key Words: Electronic stethoscope, Lung sounds, Spectral analysis

1. GİRİŞ

Stetoskop solunum sistemi sağlığının değerlendirilmesi için bir doktorun en temel teşhis araçlarından biridir. Herkes klasik stetoskopun ne ölçüde güvenilir olduğu konusunda aynı fikirde olmamasına rağmen hastalıklı akciğerlerde belirlenen sesler çoğu doktor tarafından önemli teşhis değeri olan bilgiler olarak algılanmaktadır(1).

Klasik stetoskopun kullanılması basit ve ucuz bir yöntem olmasına rağmen harici parazit seslere maruz kalabilmekte, 120 Hz üzerindeki ses bileşenlerini zayıflatmakta, oskültasyonda vücuttaki ilgilenilen ses frekanslarında filtreleme yapamamakta ve hastalıkların seyrinin izlenmesinde kalıcı kayıtlar oluşturamamaktadır.(2) Hastalıkların doğru teşhisi de tıbbi personelin oldukça deneyimli olmasını gerektirmektedir. Bu yüzden karar vermede doktora yardımcı olacak enstrümantasyon ve sistemleri kullanmak önemlidir. Böylelikle, stres, yorgunluk ve yoğun şartlarda çalışan bir doktora pratik olarak katkı sağlanacaktır(3).

Akciğer oskültasyonu sırasında stetoskop yoluyla duyulabilen akciğer sesleri hiçbir solunum problemi olmadığı zaman oluşan normal solunum sesleri ve problem olduğunda oluşan anormal solunum sesleri olarak iki gruba ayrılabilir. Normal solunum sesleri hem içsoluma hem de dışsolumayla ilgilidir. Bunlar düzenli nefes alma işlemi sırasında havanın göğüsten içeriye ve dışarıya girip çıktığında oluşur. Normal sesler sesin duyulduğu yere ve sesin karakterine göre sınıflandırılırlar. Bu seslerin şiddeti, ölçülen bölgeye ve kişiye göre değişir(4).

Normal solunum seslerinin üç tipi vardır : *bronchial*, *vesicular* ve *bronchovesicular*. Anormal sesler normal nefes alıp verme sırasında beklenmedik bir şekilde oluşan seslerdir. Bronşial ve bronchovesicular doğasındaki sesler eğer vesicular seslerin duyulabildiği bölgelerde işitilirse anormal olarak düşünülebilir. Farklı bireyler arasında akciğer seslerinin karakterinde değişiklikler olması bazen sesin anormalliği konusunda emin olmayı zorlaştırır.

Genel olarak anormal solunum sesleri olarak iki tipte ek ses vardır bunlar sürekli ve geçici ek seslerdir. Sürekli ek sesler arasında *rhonchi*, *wheezes* ve *stridor* bulunmaktadır. En yaygın sürekli olmayan ek sesler ise *crackles* ve *squawks* dır(5).

stetoskoplara göre 18 defa(25 dB)sesleri yükseltmekte ve kalp ile akciğer oskültasyonu için uygun frekans modlarına sahiptir(çan modu 20-200 Hz, diyafram modu 100-500 Hz ve genişletilmiş mod 20-1000 Hz).

Hastaların göğüs duvarından belirlenen böl-

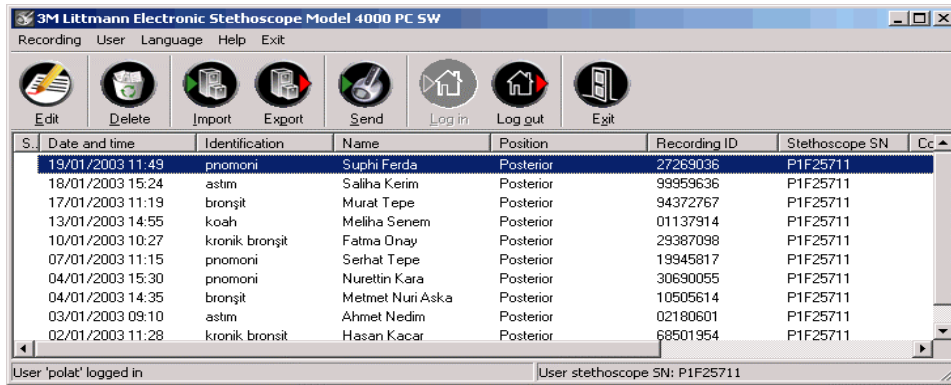
Tablo 1 : Akciğer sesleri ve buna ilişkin bazı hastalıklar

Hastalık	Tanımı	Akciğer Sesleri
Atelektazi	Akciğer dokusunun çökmesi. Sığ nefes alma ile oluşur (ağrısız)	Bronchial, Fine crackles(ince çıtırtı)
Pnömoni(Zatürre)	Hava hücrelerinin iltihaplanması	Fine crackles(ince çıtırtı)
Üst Solunum Yolu Tıkanması	Larinks'in veya Trakea'nın dışardan bir madde tarafından veya hastalıklı üst solunum yolları tarafından tıkanması	Stridor
Kronik Bronşit	Bronş tüplerinin iltihaplanması	Rhonchi, coarse crackles(kaba çıtırtı)
Bronşial Astım	Spazm ve bronş yollarının sıkışması	Wheezes (ıslıklar)

2. MATERYAL VE METOD

Solunum problemlerine sahip 48 kişiye hastalıklarının sürekli takibi ve akciğer seslerinin bilgisayarla analizi için uzman bir doktor tarafından elektronik stetoskop (Littmann Electronic Stethoscope Model 4000) ile oskültasyon yapılmıştır. Bu amaçla kullanılan elektronik stetoskop

gelerden doktor tarafından akciğer sesleri stetoskoba kaydedildikten sonra bu sesler, stetoskoptan bilgisayara, hastalara ait bilgilerle beraber stetoskobun özel yazılımı ile aktarılmıştır. Ses dosyaları stetoskop yazılımının özel dosya formatında(.e4k) kaydedilmektedir ve hastaların akciğer seslerini ileride tekrar bilgisayardan stetoskopa aktararak dinleme imkanı mevcuttur.



Şekil 1. Stetoskop bilgisayar programı

her biri 8s süresinde olmak üzere 6 ses kaydı yapılabilmektedir. Daha sonra bu sesler hem hastaları sürekli izleme için veritabanı oluşturmada hem de stetoskop ile ileride tekrar dinlenebilmesi için bilgisayara kaydedilebilmektedir. Stetoskobun bilgisayarla bağlantısı kızılötesi bağlantı ile gerçekleştirilmektedir. Kullanılan elektronik stetoskop akciğer seslerinin daha iyi duyulması için klasik

Aynı zamanda hastalara ait bilgiler de kaydedildiği için hastaların zaman içerisinde takip ve hastalık seviyeleri kontrol edilecektir. Stetoskop bilgisayar programı Şekil 1. de gösterilmiştir.

Sadece doktorun elektronik stetoskolla akciğer seslerini dinlemesi ve hastalara ilişkin verileri bilgisayarda tutması ile yetinilmemiş olup akciğer seslerinin görsel olarak ta incelenmesinin tanı için

daha da katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Bu amaçla elektronik stetoskopa kaydedilen seslerin mikrofon ve ses kartı kullanılarak kişisel bilgisayarda uygun ses dosyası formatında sayısal hale dönüştürülmesi de gerçekleştirilmiştir. Sesler 5500 Hz ve 16 bit kuantalama ile örneklenecek kaydedilmiştir. (6) Akciğer sesinin bant genişliği yaklaşık 80-2000 Hz arasındadır her ne kadar bazı crackles sesleri 2500 Hz'e uzansa da bu çalışmada ilgilenilen frekanslar 2000 Hz in aşağısındadır. (7) Çalışmada akış verisi mevcut değildir ve analiz için solunum seslerinin evrelerini ayırma manual olarak yapılmıştır. Solunum evrelerinde genellikle dışsolumadan sonra ve içsolumadan önce bir dinlenme süresi vardır ve ses dalga şekilleri incelendiğinde içsolumadan dolayı yoğunluğun kademeli artışı işitilebilir ve gözle görülebilir biçimdedir. Ayrıca içsolumadan dışsolumaya doğru ses geçişi olduğunda yoğunluk hemen azalmaktadır(8). Bu şekildeki akciğer sesleri zaman frekans alanında incelenerek seslerdeki değişimleri gözlemek mümkün olmuştur.

2.1. Akciğer Seslerinin Spektral Analizi

Hızlı Fourier Dönüşümü(HFD) metodu

Akciğer seslerini analiz etmek için yapılan çalışmalardan çok azı zaman alanı içerisinde yapılmaktadır. Frekans alanı analizi ise genelde Fourier dönüşümü kullanarak uygulanmaktadır.

Fourier dönüşümünün faydası, zaman tanım kümesindeki bir işaretin frekans içeriğini analiz etme kabiliyetinde yatar.

Ayrık Fourier dönüşümü ;

$$X(k) = \sum_{n=1}^N x(n) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} nk\right) \quad (1)$$

ile verilir.

Burada X(k) ayrık fourier katsayıları, N elde edilen verinin uzunluğu ve X(n) zaman alanındaki giriş işaretidir. HFD ile işaretin frekans spektrumunu bulmak için ayrık Fourier katsayılarının mutlak değerlerinin logaritmaları alınır.

$$P(k) = 10 \log|x(k)|^2 \quad (2)$$

HFD metodlarından biri olan periodogram spektral kestirimi ise güç yoğunluk spektrumuna bağlıdır ve

$$\hat{P}_{PER}(f) = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=1}^N x(n) \exp(-j2\pi fn) \right|^2 \quad (3)$$

şeklinde verilir.

Ancak Fourier sinüs ve kosinüs fonksiyonları uzayda sınırlı değildirler yani HFD nin zamanda yerseme sağlayamaması gibi bir dezavantajı vardır. HFD metodunun frekans çözünürlüğü, verinin karakteristiğinden bağımsız olarak elde edilen verinin uzunluğu ile sınırlıdır. Bu sınırlamalardan dolayı HFD metoduna göre daha iyi bir başarımla sağlayan Kısa Zamanlı Fourier Dönüşüm metodu(KZFD) ile de spektral analiz incelenmiştir.

Kısa zamanlı Fourier Dönüşümü(KZFD)

Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü zamanda kayan bir pencere yardımıyla bölütlenen sinyalin Fourier dönüşümü alınarak elde edilmektedir. İncelenen sinyalin, pencere ile bölütlenen kısmının durağan kaldığı varsayılarak spektrum kestirimi yapılmaktadır. Ayrık zamanlı bir x(n), n = 0, 1,...,N-1 sinyalinin KZFD şu şekilde verilmektedir [10].

$$x(n, k) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m) w(n-m) e^{-j \frac{2\pi k}{N} m} \quad (4)$$

$$= \sum_{m=0}^{N-1} x_n(m) e^{-j \frac{2\pi k}{N} m} \quad (5)$$

Burada $x_n(m)$ pencerelenmiş yani kısa zamanlı işareti göstermekte olup $w_k=2\pi k/N$ ve $w(n)$ sinyali yerel olarak incelemek amacıyla kullanılan penceredir. $x(n)$ işaretinin spektrogramı ise

$$S_{KZFD}(n, k) = \frac{1}{N} |X(n, k)|^2 \quad (6)$$

olarak hesaplanır.

Pratikte karşımıza çıkan birçok sinyal (ses, müzik, biyolojik, sismik, vs.) zamanla değişen frekans özellikleri gösterir ve böyle sabit band genişliği ile analiz edilmeye uygun değildir. Analiz edilmekte olan sinyalin zamanda bölütlenmesi sonucunda, sinyalin spektrum özellikleri pencerenin özellikleri ile değişim gösterecektir. Zamanda yüksek bir analiz çözünürlüğü için dar bir pencere, frekansta yüksek bir çözünürlük için de geniş bir pencere kullanılmalıdır. Fakat KZFD'nün de aynı anda hem zaman, hem de frekans çözünürlüğü yüksek yapılamamaktadır.

3. ANALİZ SONUÇLARI VE İRDELEME

Akciğer sesleri hem oksültasyon sırasında hem de sonradan tekrar steteskopta kayıtlı halinde

dinlenmiş, ayrıca bilgisayara kaydedilerek bilgisayarda dalga şekilleri ve frekans analizleri de yapılarak incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda elektronik stetoskopun kliniksel performansı ve yeteneği de değerlendirilmiştir. Oskültasyonda kullanılan elektronik stetoskobun (Littmann Electronic Stethoscope Model 4000); klasik stetoskoplara göre sesleri yükselterek daha iyi bir duyma sağlaması, değişik oskültasyonlar için uygun frekans modlarının bulunması, sesleri üzerine kaydederek tekrar dinlemeye olanak vermesi, hasta verilerinin ve seslerinin bilgisayara kaydedilerek ileride tekrar stetoskopa aktarılıp dinlenebilmesi ve hastaların zaman içinde takip ve izlemesinde kolaylıklar sağlaması, klasik stetoskoplar ile çoğu ek sesleri doktorlar ayırt etmede zorluk çekerken elektronik stetoskop ile ek seslerin tespiti ve duyulmasının daha kolay olduğu gibi etkenleri avantajlı tarafları olarak görülmektedir.

Bunun yanında, çalışmada kullanılan stetoskop yazılımının, sesleri kendi özel dosya formatında bilgisayara aktarması ve diğer dosya formatlarına dönüştürme imkanı vermemesi ve akciğer seslerinin bilgisayarda akustik analizlerinin yapılması için, stetoskoptaki seslerin uygun dosya formatı ile bilgisayara kaydında fazladan işlemler gerektirmesi, çalışma sırasında dezavantaj olarak görülmüştür.

Elektronik stetoskopun klasik stetoskopa göre oldukça tatminkar bulunmasına rağmen görsel bir içeriği olmamakta sadece kulağa hitap etmektedir. Dolayısıyla akciğer seslerinin bilgisayardaki görsel akustik analizlerinin sonuçlarının da akciğer seslerinin tanısına katkıda bulunacağı düşünülmüştür. Seslerin zaman frekans analizleri de yapılarak incelenmiştir.

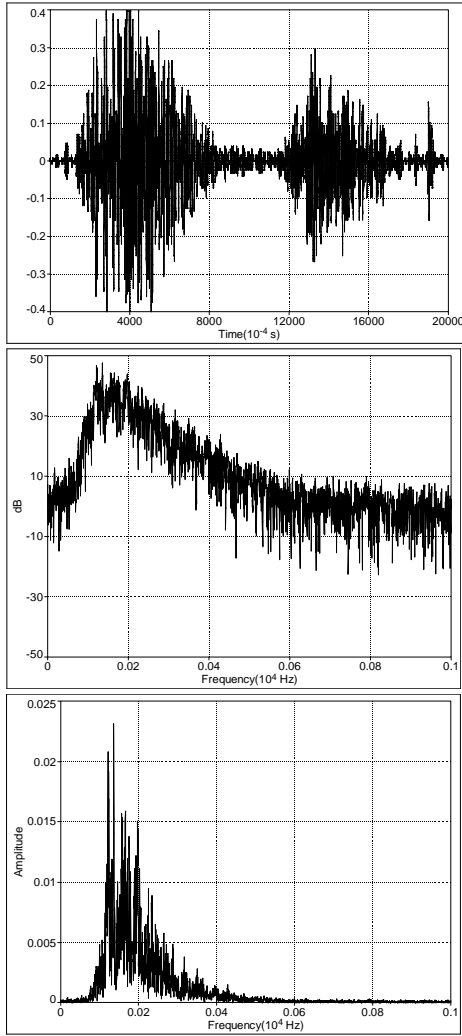
Sağlıklı bir kişinin akciğer seslerinin Şekil 2. (a) da HFD dalgabiçimi ve spektrumları, (b) de ise KZFD spektrumları görülmektedir. Normal akciğer sesleri görüleceği gibi 100-400 Hz aralığında yoğunlaşmaktadır. Fakat çalışmalar da göstermiştir ki sağlıklı kişilerde göğüs duvarı bir alçak geçiren

Bronşial astımlı bir hastanın akciğer seslerinin de Şekil 3. (a) da HFD dalgabiçimi ve spektrumları, (b) de ise KZFD spektrumları görülmektedir. Wheeze(ıslık) sesleri 250msn den daha uzun sürmektedir, yüksek vurgulu, 400Hz veya daha üst frekanslarda egemen olmaktadır. Akciğer seslerinin güç spektrumlarındaki çıkışlara bakarak wheeze seslerinin fark edilmesi kolay olmaktadır. Wheeze'nin zayıf halde duyulabilir olması bunun ayırt edilmesini zorlaştırmaktadır. Fakat işaretlerin sonogramları akustik bilgiyi düşük yoğunluktaki wheeze de bile görsel teşhis yapabilmemizi sağlayan grafik şekillere dönüştürebilmektedir.

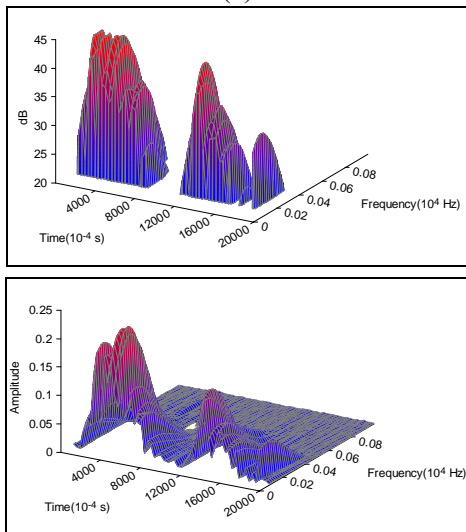
Şekil 3. (a) ve (b) de ise zatürel bir hastanın dalga şekilleri ile frekans spektrumları görülmektedir. Buna göre Crackle(çıtırtı) sesleri belirgin patlamalı ve müzikal olmayan sesler olarak ortaya çıkmaktadır ve genelde 10msn'den daha kısa olmaktadır. Bunlar 200Hz ile 2000 Hz arasındaki geniş spektrumlu frekansları olan kısa ve kesik kesik seslerin sıralaması şeklinde olmaktadır. Zatürel bir hastadan alınan akciğer sesi dalga biçimi ve spektrumu sağlıklı bir kişiden kaydedilen akciğer sesi dalga biçimi ile karşılaştırılacak olursa zatürrenin belirtilerinden biri olan crackle sesleri zaman dalga biçiminde açıkça görülmektedir. Ayrıca sağlıklı sesin spektrumu 100-400 Hz arasında sınırlı kalırken, zatürel hastanın spektrumu yaklaşık 1600 Hz ye kadar yüksek frekans bileşenleri içermektedir.

Sonuç olarak, akciğerlerin ses repertuarı klasik stetoskop yoluyla dinlendiğinde gerçekten kısıtlı olabilir ama elektronik stetoskopların kullanılması doktorlar açısından bazı engelleri ortadan kaldırmaktadır. Akciğerler seslerinin bilgisayarda sayısal olarak analiz edilmesi ile de çok daha çeşitli bilgi içeriği görülebilmektedir. Bilgisayar analizi artık insan kulağının kapasitesinden daha öteye gidebilmektedir. Böylece yeni enstrumantasyonlar ve bilgisayar analizleri akciğer seslerinin teşhisini kolaylaştırmada yardımcı olmaya olanak sağlamaktadır.

filtre gibi davranmaktadır ve solunum sesleri 600 Hz civarında zayıflamaktadır. Buna göre sağlıklı bir kişinin durumu kolayca izlenmektedir.

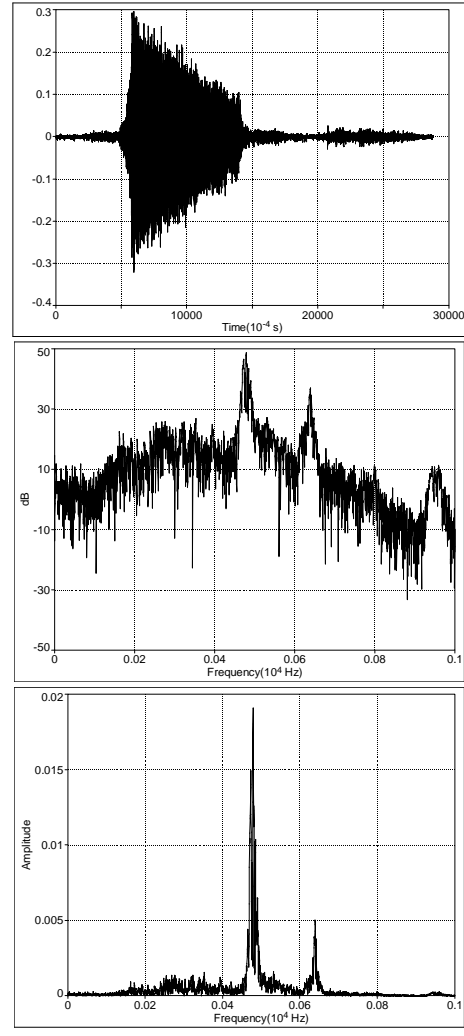


(a)

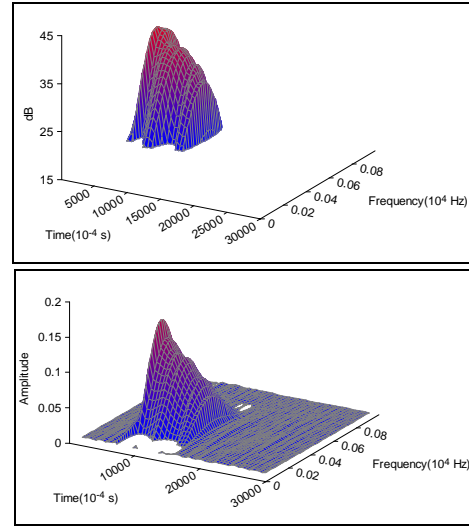


(b)

Şekil 2.(a) Sağlıklı bir kişinin akciğer sesi dalga biçimi ve HFD spektrumları
(b) Sağlıklı bir kişinin akciğer sesi KZFD spektrumları

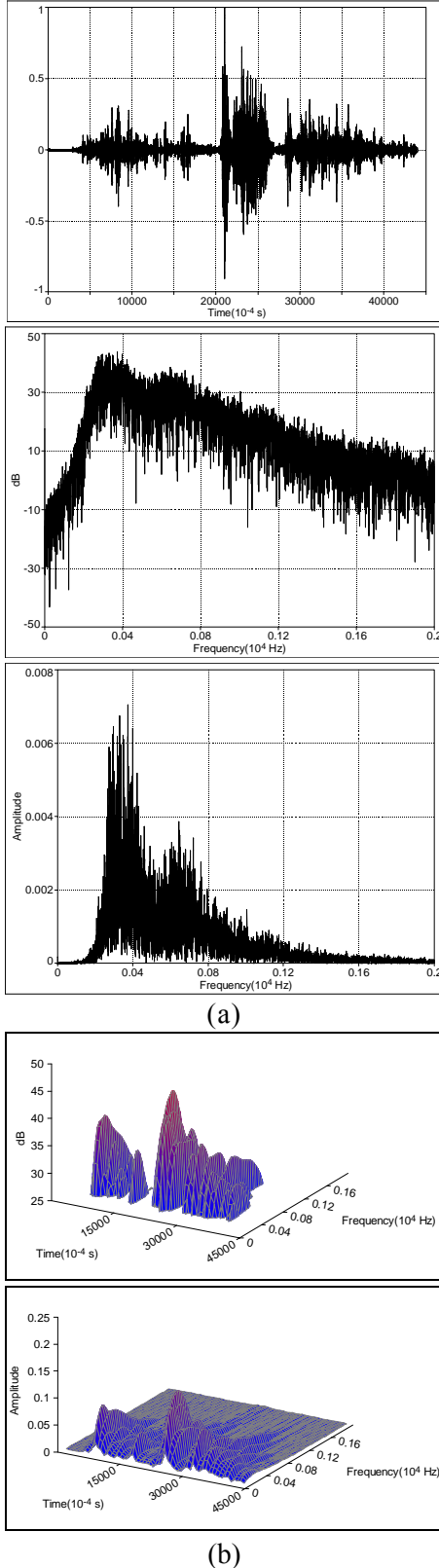


(a)



(b)

Şekil 3.(a) Wheeze(ıslık) sesleri içeren astımlı bir kişinin akciğer sesi dalga biçimi ve HFD spektrumları
(b) Wheeze(ıslık) sesleri içeren astımlı bir kişinin akciğer sesi KZFD spektrumları



Şekil 4.(a) Crackle(çıtırtı) sesleri içeren zatürreli bir hastanın akciğer sesi dalga şekli ve HFD spektrumları
(b) Crackle(çıtırtı) sesleri içeren zatürreli bir hastanın akciğer sesi KZFD spektrumları

KAYNAKLAR

1. Pasterkamp, H.; Kraman, S. S.; Wodicka, G. R. "Respiratory Sounds – Advances Beyond the Stethoscope", *Am. J. Respir. Crit. Care Med*, v. 156, p. 974-987, 1997.
2. Abella M., Formolo J. "Comparison of Acoustic Properties of Six Popular Stethoscopes", *J Acoust Soc Am*, vol. 91(4), p. 2224-2228, 1992.
3. Hasse Melbye MD, "Auscultation of the lungs, still a useful examination?", *Tidsskr Nor Laegeforen* 121: 451-4, 2001.
4. Gavriely, N. et al. "Spectral characteristics of chest wall breath sounds in normal subjects", *Thorax*, v. 50, p. 1292-1300, 1995.
5. Lehrer S. "Understanding lung sounds", Philadelphia, PA:W.B. Saunders Company, 1984.
6. Vannuctini L, Earis JE, Helistö P, et al. "Capturing and preprocessing of respiratory sounds", *Eur Respir Rev*, 10: 77, 616-620, 2000
7. Sovijärvi ARA, Malmberg LP, Charbonneau G, Vanderschoot J, Dalmasso F, Earis JE. "Characteristics of breath sounds and adventitious respiratory sounds", *Eur Respir Rev*, 10: 77, 591-596, 2000
8. Z. Moussavi, M. Leopando, H. Pasterkamp and G. Rempel, "Computerized acoustical respiratory phase detection without airflow measurement", *Medical & Biolog Eng. & comp*, Vol 38 (2):198:203, 2000.
9. J.G. Proakis, D.G. Manolakis, "Digital Signal Processing Principles, Algorithms, and Applications", Prentice Hall, New Jersey, 1996.
10. Cohen, L., "Time-Frequency Analysis", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.

