

TIKANMAYA BAĞLI UYKU APNESİ HASTALARI VE BASİT HORLAYANLARDA HORLAMA SESLERİNİN İZGESEL ZARF İNCELEMESİ

SPECTRAL ENVELOPE ANALYSIS FOR SIMPLE SNORERS AND OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA PATIENTS

Mustafa ÇAVUŞOĞLU*, Mustafa KAMAŞAK**, Osman EROĞUL***, Tolga Çiloğlu*,
Yeşim Serinağaoğlu*, Hakan Birkent****

* Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü., 06530, Ankara

**İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul

*** Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Biyomedikal ve Klinik Mühendislik Merkezi, 06018, Ankara

**** Gülhane Askeri Tıp Akademisi, KBB Ana Bilim Dalı Başkanlığı, 06018, Ankara

ÖZETÇE

Son yıllarda tıkanmaya bağlı uyku apnesi hastalığı (“Obstructive Sleep Apnea Syndrome”, OSAS) ile horlama arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik olarak pek çok çalışma yapılmıştır. Zaman bölgesi incelemelerinden farklı olarak horlama seslerinin izgesel özelliklerinin ve şekillerinin basit horlayanlarda ve OSAS hastalarında farklı olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, horlama seslerinin izgesel zarf kestirimi ile basit horlayanların ve OSAS hastalarının ayırt edilmesine yönelik bir yöntem geliştirilmiştir. Her iki grup için formant frekansları ve band genişlikleri hesaplanarak formant dağılımlarının değişimi ve tutarlılığı incelenmiştir. 7 basit horlayan ve 7 OSAS hastasının ses kayıtlarından alınan toplam 1400 adet horlama epizodu incelenmiştir. Formant frekanslarının iki grup arasındaki değişimlerinde önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar patofizyolojik açıdan yorumlanmıştır.

Anahtar sözcükler: ses sinyali, formant, OSAS, horlama

ABSTRACT

In recent years, several studies have shown the relationship between snoring and obstructive sleep apnea syndrome (OSAS). Instead of time domain analysis of snoring signal, the spectral features and shapes of snores have been found different in simple snorers and OSAS patients. In this study, we propose a method to differentiate simple snorers and OSAS patients based on spectral envelope estimation of snoring signals. Formant frequencies and bandwidths are computed for both groups and the variation and consistency of the formant distributions are determined. A total of 1400 snoring episodes from 7 simple snorer and 7 OSAS patients were analyzed. Significant differences are found in the variation of formant frequencies of both groups. The results are interpreted from a pathophysiological view.

Keywords: audio signal, formant, OSAS, snore

1. GİRİŞ

Horlama, uyku sırasında üst hava yolunun titreşmesi sonucu oluşan solunum sesidir. Uyku sırasında kas tonusu düşer ve dokularda bir gevşeme gözlenir. Gevşeyen bu dokular üst hava yoluna tıkanıklığa neden olur. Solunum, üst hava yolundaki yumuşak doku veya dil kökü gibi gevşemiş dokuların mekanik olarak titreşmesini tetikler ve horlamaya neden olur. Horlamanın, sistemik arteriyel hipertansiyon, koroner arter hastalıkları, uyku bozuklukları ve buna benzer pek çok farklı hastalığın gelişiminde bir risk faktörü olduğu saptanmıştır [1].

Uyku sırasında solunumun en az 10 saniye süreyle durması uyku apnesi olarak tanımlanmaktadır [2]. Tıkanmaya bağlı uyku apnesi hastalığı (“Obstructive Sleep Apnea Syndrome”, OSAS) ise solunum çabası sürerken ağız ve burunda hava akımının olmamasıdır. Bu durumda hastanın özellikle üst solunum yollarında bir tıkanma olduğu düşünülür. Tıkanmayla başetmek için göğüs ve karın bölgesinde yoğun etkinlik dikkati çekmektedir [2]. Apneye neden olan tıkanmanın üst hava yolunun neresinde olduğunu belirlemeye, diğer bir deyişle horlamaya neden olan patolojiyi konumlandırmaya yönelik çalışmalar sürmektedir.

Son yıllarda, horlama ile OSAS arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik olarak pek çok çalışma yapılmıştır [3]. Bu çalışmalar, OSAS hastalarının büyük çoğunluğunun gürültülü ve ağır bir şekilde horladığını göstermiştir. Bu yüzden, horlama seslerinin incelenmesi, OSAS veya üst solunum yolları direnci sendromu gibi diğer patolojilerle ilişkili olan solunum bozukluklarının belirlenmesinde etkin bir yöntemdir. Hastanın gece uykusu boyunca horlama süresinin toplam uyku süresine oranı, en yüksek ve ortalama horlama şiddeti, horlama epizodlarının sayısı ve birbirlerine ne kadar benzedikleri (hastanın ne kadar düzenli horladığı), iki horlama epizodu arasında geçen süre gibi parametrelerin nasıl değiştiği, uykunun hangi evrelerinde horlama şiddetinin ve sıklığının arttığı gibi objektif bilgileri hekime sunmak hastanın teşhis ve tedavi sürecinde son derece önemlidir [4].

Bu amaca yönelik olarak polisomnografi altında, horlama seslerinin şiddeti belirlenmekte ve horlama sinyallerinin izgesel özellikleri ve şekilleri incelenmektedir [4,5,6]. Bu incelemeleri hızlı ve otomatik olarak yapmak ve sonuçları klinik açıdan yorumlamak için geliştirilen sistemler günümüzde kullanılmaktadırlar [6]. Bu incelemeler, OSA hastalığı olan ve olmayan grupların horlamalarının şiddetlerinde ve izgesel özelliklerinde önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır [1]. Buradan elde edilen bulgular OSAS'ın tanısında kullanılan temel parametrelerden biridir. Ancak uyku apnesinin tanısında yerleşmiş yöntem olan polisomnografi, hastanın geceyi hastanede geçirmesini ve hastaya çok sayıda elektrod bağlanmasını gerektiren pahalı ve zaman alıcı bir yöntemdir [7,8].

Horlama seslerinin frekans bölgesi incelemelerine yönelik yapılan çalışmalar temel frekans odaklı olmasına karşın izgesel zarf kestirimi, horlama seslerinin oluşumundaki basıç dürtüleri ve anatomik filtreleme özellikleri ile ilgili önemli bilgiler içermektedir [9]. Bu çalışmada, horlama seslerinin belirli bir formant yapısına sahip olması ve izgelerinin incelenmesinin, basit horlayanları ve OSAS hastalarını ayırt etmede polisomnografiye alternatif bir yöntem olarak kullanılabilceği ve horlamaya neden olan patolojinin yerinin (dil kökü / yumuşak doku) saptanması gibi klinik açıdan zor olan bir sorunun çözümüne yönelik bilgi verdiği gösterilmiştir.

2. YÖNTEM

Horlama seslerini geleneksel ses işlemede sıkça kullanılan kaynak-süzgeç model kullanılarak modellemeye çalışılmıştır. Kaynak-süzgeç modeline göre sesler, ses yolunun akustik hava basıncı ile uyarılması ile üretilir. Bu uyarılma sonucu üretilen ses sinyalleri her fonem için değişik miktarlarda periyodik sinyaller ile gürültünün birleşimidir. Horlamaya neden olan işleyiş ünlü seslerin oluşumuna benzediği için, horlama seslerinin kaynak-süzgeç modeli kullanılarak modellenmesi uygundur. Horlama ile ünlü seslerin üretilmesinin farkı kaynak kısmındadır. Ses tellerinin titreşiminin yerini gevşemiş faringal doku veya dil kökünün titreşmesi almıştır. Örneğin, horlayan kimsenin gevşeyen dokuları hava akımının olmadığı zamanlar (soluk alma ile soluk verme arasındaki zamanda) birbirine değmektedir. Soluk alma veya soluk vermenin başlamasıyla oluşan hava basıncı gevşek dokuların birbirlerinden ayrılmasında neden olmaktadır. Dokuların ayrılmasıyla hava basıncı düşmekte ve dokular yeniden bir araya gelmektedir. Bu süreç ile titreşen gevşek dokular horlamanın kaynağını oluşturmaktadır.

Farinks içerisinde titreşen dokuların yeri, tipi ve özellikleri, horlayan kimsenin yaşı ve vücut-kütle endeksi gibi özelliklerle birlikte titreşimin dinamiğini

belirlerler. Bu titreşim nedeniyle ses ve burun yollarındaki bu uyarım ağız ve burundan horlama sesi olarak çıkar.

A. Ses Kayıt Sistemi

Ses kayıtları için Sennhiser ME 64 marka 40-20000 Hz \pm 2.5 dB frekans tepkisine sahip bir mikrofon kullanılmıştır. Çevreden gelebilecek yankıları azaltmak amacı ile kardiodid örüntüye sahip bir mikrofon kullanılmıştır. Mikrofon, hasta uyurken başından 15 cm yukarıda olacak şekilde yerleştirilmiştir. Sinyal, BNC kablo ile Ediröl UA-1000 model çok kanallı veri toplama sistemine aktarılmış ve USB üzerinden kişisel bir bilgisayara kaydedilmiştir. Kayıtlardaki gürültü oranını azaltmak amacı ile bilgisayar uyku odasının dışına yerleştirilmiştir. Sinyalin örnekleme frekansı 16 KHz olup her bir örnek 16 bit ile kodlanmıştır.

B. Veri Tabanı Oluşturulması

Bu çalışma için, Gülhane Askeri Tıp Akademisi (GATA) Uyku Çalışmaları Laboratuvarı'nda, basit horlayanlardan ve OSA hastalarından alınan ses kayıtlarında horlama episoları belirlenerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı her iki gruptan 7şer hasta ve toplamda 1400 horlama epizodu içermektedir. Polisomnografi yardımı ile basit horlayanların ve OSA hastalarının ortalama Apne/Hipopne indeksleri sırası ile 4.29 ve 39.21 olarak belirlenmiştir.

Sürekli hareket eden artikülâtörler dolayısıyla durağan olmayan ses sinyallerinin aksine, horlama seslerinin durağan bir yapıda olduğu gözlenmiştir. Bu sürdürülebilir seslilerin üretimine benzemektedir.

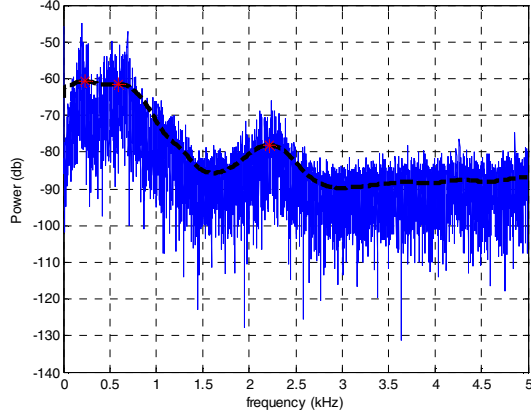
Şekil 1'de bir horlama epizoduna ait izgesel zarf kestirimi görülmektedir. Belirgin olmayan tepeler 3dB eşik değeri ile yok edilmişlerdir.

C. Formant İncelemesi

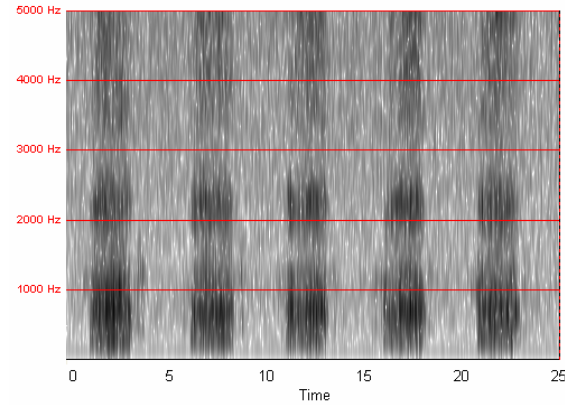
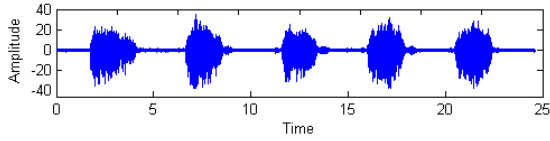
Formant frekanslarını hesaplamak için horlama epizodlarının doğrusal kestirim katsayıları hesaplanmıştır. Bu katsayılar Yule-Walker yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu katsayılar bir polinomun katsayılarına karşılık gelmektedir ve bu polinomun kökleri hesaplanarak formant frekansları elde edilmiştir.

Şekil 1, sinyalin enerjisinin büyük bir kısmının 5500 Hz'in altında olduğunu ve ana bileşenlerin 150 Hz gibi düşük frekans bölgesinde olduğunu göstermektedir. Zarfin 500 Hz, 1800Hz, 2200 Hz ve 4200 Hz frekanslarında tepe değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. İzgede temel frekans ve bir formant yapısı gözlenmektedir.

Ses işleme kapsamında formantlar, izgesel zarfın tepe oluşumları olarak tanımlanmaktadır. Formant frekansları konuşma bölgesi süzgecinin rezonant frekanslarıdır. Her formant, frekansı, band genişliği ve genlik seviyesi ile tanımlanır ve aralığı rezonant boşluğunun biçimine bağlıdır. Şekil 2’de 5 adet episod içeren bir horlama sinyalinin formant yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1- Horlama sesinin spectral zarf kestirimi



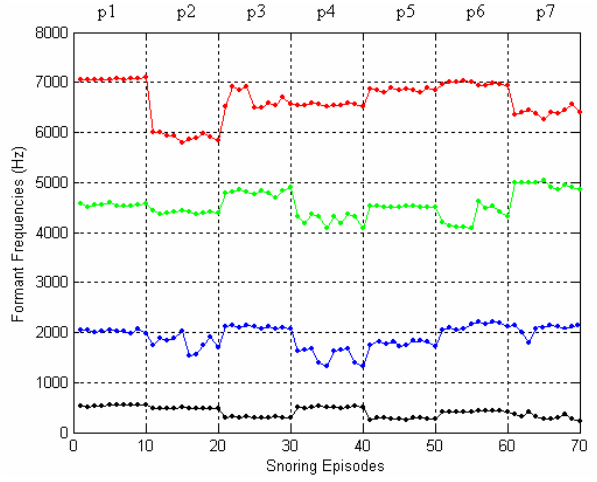
Şekil 2- Beş adet episoddan oluşan bir horlama sinyalinin formant yapısı

III. SONUÇ

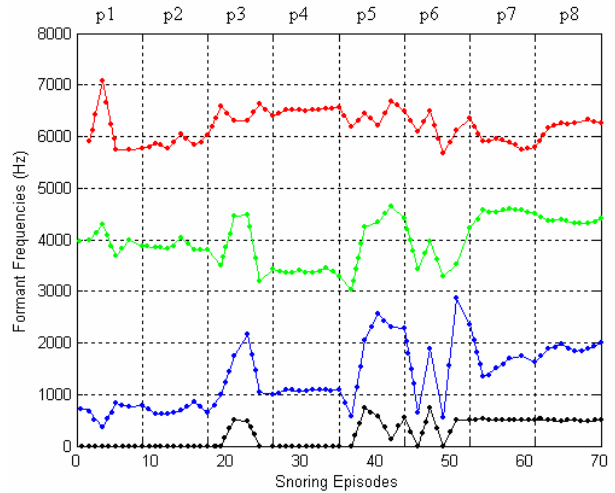
Veri tabanındaki horlama episodlarının otomatik izgesel zarf kestirimleri, formant frekanslarının ve band genişliklerinin farklı horlama episodları için hemen hemen değişmediğini göstermektedir. Bu bizi formant frekanslarının ve band genişliklerinin basit horlayanlarda ve OSAS hastalarında nasıl değiştiğini incelemeye yöneltmiştir.

Veritabanındaki hasta grubu için, aynı hastanın farklı hormala episodları ve farklı hastaların horlama episodları arasında formant frekanslarının ve band genişliklerinin değişimleri incelenmiştir. Bu değişimleri gözlemlemek için veritabanındaki 7 basit horlayan ve 7 OSA hastasının her birinden 10 adet horlama episodunu seçilerek formant frekansları hesaplanmıştır.

Şekil 3 ve Şekil 4, sırasıyla, basit horlayanlarda ve OSA hastalarında hasta-içi ve hastalar-arası formant frekanslarının değişimini göstermektedir.



Şekil 3- Basit horlayanlar için hasta içi ve hastalar arası formant frekanslarının değişimi



Şekil 4- OSAS hastaları için hasta içi ve hastalar arası formant frekanslarının değişimi

Tablo 1’de veri tabanındaki horlama episodlarının, hesaplanan ortalama formant frekansları ve karşılık gelen band genişlikleri verilmiştir.

Tablo 1. Basit horlayanlar ve OSAS hastaları için ortalama formant frekansları ve karşılık gelen band genişlikleri

Hasta	Horlama Sayısı	F1	BG1	F2	BG2	F3	BG3	F4	BG4	F5	BG5
Basit Horlayan	700	148.9	8.2	512.8	9.4	1678.2	18.6	4326.5	19.8	6728.9	28.6
OSAS Hastası	700	112.4	27.5	489.2	22.6	1386.6	64.3	4203.8	44.6	6404.2	31.9

IV. TARTIŞMA

Hastaya uygulanacak tedavi türünün belirlenmesi ile uvulopalatopharyngoplasty (UPPP) tarzı cerrahi operasyonlar göz önünde bulundurulduğunda, basit horlama/OSAS ayırımına karar vermek son derece önemlidir. Horlama seslerinin spektral zarf kestirim incelemeleri bu amaç için kullanılabilirler. Bu kullanılabilirler etkin bir yöntemdir.

Basit horlayanlarda (Şekil 3), aynı hastanın farklı horlama episodları için formant frekanslarının yerleri hemen hemen değişmezken, farklı hastaların formant frekanslarının yerlerinde kaymalar olabilmektedir. Bu kayma miktarının 1. formantta diğer formant frekanslarına göre daha az olduğu görülmektedir. Benzer şekilde formant yerlerinin hasta içindeki tutarlılığı 1. formantta daha fazladır.

OSAS hastalarında (Şekil 4), hem aynı hastanın farklı episodları arasında, hem de farklı hastalar arasında formant frekanslarının yerlerinde, basit horlayanlarda görülen tutarlılık önemli ölçüde azalmaktadır. Formantlar arasındaki değişimin ilintili olduğu göze çarpmaktadır.

Formant dağılımlarının değişiminin basit horlayanlarada OSAS hastalarına göre daha az olmasının nedeni patofizyolojik açıdan şöyle yorumlanabilir:

- i) OSAS hastalarında üst hava yolunda titreşerek horlamaya neden olan dokunun çoklu-segment yapısına sahip olması
- ii) Tıkanma eğiliminin nerede arttığı ve horlamaya neden olan dokunun yeri ile ilgili olarak üst hava yolu direncinin OSAS hastalarında basit horlayanlara göre daha az olması.

Bu çalışmada, izgesel zarf kestiriminin horlama seslerinin oluşumundaki basıç dürtüleri ve anatomik filtreleme özellikleri ile ilgili önemli bilgiler içerdiği vurgulanmıştır. Basit horlayanların ve OSAS hastalarının formant dağılımları incelenmiş ve bu dağılımlarda önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu farklılıkların OSAS'ın teşhisinde polisomnografiye alternatif olarak kullanılabilirliği gösterilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] K.Wilson, R.A. Stoohs, T.F. Mulrooney, L.J. Johnson, C.Guillemainault, Z. Huang, "The Snoring Spectrum: Acoustic assesment of snoring sound intensity in 1.139 individuals undergoing polysomnography." Chest , vol, 115:3 762-70, March 1999
- [2] H.Aydın, F.Özgen, S. Yetkin, L.Sütçigil "Uyku ve Uykuda Solunum Bozuklukları" GATA Basımevi, Ankara 2005, sayfa 17
- [3] Gavriely N: "Breath Sounds Methodology" ed. CRC Press, 1995
- [4]M.Cavusoglu, Y.Serinağaoğlu, O.Erogul, "Obstrüktif Uyku Apnesi Hastaları İçin Horlama Seslerinin Analizi", SİU2006 Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Konferansı, Antalya
- [5] J.A. Fiz, J.Abad, R. Jane, M. Riera, M.A. Mananas, P. Caminal, D. Rodenstein, J. Morera, "Acoustic Analyses of snoring sound in patients with simple snoring and OSA" European Respiration Journal, vol 9, pp 2365-2370, 1996
- [6] J.R. Perez- Padilla, E. Slawinski, L.M. Difrancesco, R.R. Feige, J.E. Remmers, W.A. Whitelaw, "Characteristics of the snoring noise in patients with and with out sleep apnea." Am Rev Respir Dis. Vol 147, 635-644, 1993
- [7]. J.H. Peter, T. Podszus, P. von Wichert, *Sleep Related Disorders and Internal Diseases*, New York: Springer-Verlag 1987, pp, 101-107
- [8]. J.W. Shepard, Jr. W.B. Geffer, C. Guilleminault, E.A. Hoffman, V. Hoffstein, D.W. Hudgel, P.M. Suratt, D.P. White, *Evaluation of the upper airway in patients with obstructive sleep apnea*, Chest 1988; 94: 87-89.
- [9] J. Sola-Soler, R. Jane, J.A. Fiz, J. Morera, "Spectral Envelope Analysis in Snoring Signals from Simple Snorers and patients with Obstructive Sleep Apnea" Proceeding of the 25th International Conference of the IEEE EMBS, Cancun, Mexico, September 17-21 2003