

Uyku Bozukluklarının Araştırılmasında Biyomedikal Mühendislik Yaklaşımları

Tuncay BAYRAK

Biyomedikal Mühendisi
tbayrak@baskent.edu.tr

Onur KOÇAK

Biyomedikal Yüksek Mühendisi
okocak@baskent.edu.tr

Aykut ERDAMAR

Dr. Fizik Yüksek Mühendisi
aerdamar@baskent.edu.tr

Uyku

Uygunun gizemli doğasına duyulan ilgi tarih boyunca var olmuştur. Ampirik çalışmalar öncesinde de insanların uykusu sırasındaki solunumu, kalp atımı, hareketleri konusunda gözlemler yapılmıştır. Zaman içinde, bilimdeki gelişmelerin de katkısıyla, insanlar üzerinde yapılan çalışmalar ile polisomnografinin temelleri atılmıştır. Daha sonraki aşamada, uykuda periyodik olarak ortaya çıkan, hızlı göz hareketleri (Rapid Eye Movement-REM) ve hızlı göz hareketlerinin olmadığı (N-REM) tanımlamalarıyla, bu dönemlerin biyolojik ve psikolojik bileşenleri tanımlanmıştır. Sonraki dönemlerde, süren araştırmalarla birlikte, uykunun nasıl oluştuğu, uykuda meydana gelen değişimler, narkolepsi ya da epilepsi gibi tanımlı uyku çalışmaları ile konulabilen, uyku apnesi gibi uykuda ortaya çıkan hastalıklar tanımlanmıştır. Yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra, bu çalışmalar “uyku tıbbi” başlığı altında toplanmıştır (Erdamar, 2007). Uykunun nedenleri için bilim adamları tarafından geliştirilen birçok teori vardır. Uyku kişinin çevresindeki olaylara tepkisiz kalarak uyanıklıktan ayrılan kolaylıkla tersinir davranışsal bir durumdur. Bu tersinebilme uykuyu, koma durumu veya anestezi gibi tepkisizlik hallerinden farklı kılar. Uykunun pasif teorisi, yorgunluğu gidermek için veya sensörel uyarılmalar sonucu uyuduğumuza dayanır (Duman, 2005).

Polisomnografi

Günümüzde uyku sürecinde birçok fizyolojik aktivitenin meydana geldiği bilinmektedir. Bu amaçla da fizyolojik değişimleri gözlemek için beynin ve ilgili organların elektriksel aktivite kayıtları kullanılmaktadır. Polisomnograf, uyku esnasında meydana gelen fiziksel aktiviteleri sayısal ifadelerle dönüştürmeye yarayan bir cihazdır. Polisomnografi kavramı ise, uyku esnasında, uykunun yapısı ve fizyolojik değişimlerinin araştırılmasıdır. Polisomnografi ile uykunun yapısını, uykudaki psikolojik, biyolojik ve patolojik deği-

şimleri, uyku dönemleri ile ilişkili olarak incelemek mümkündür (Erdamar 2007). Geçmişte uyku kaydının alınmasında analog yöntemlerin yerini gelişen teknoloji ile sayısal sistemler almıştır. Bu durum analog sistemlerin hatalarının azalmasını sağlamıştır (Eroğul, 2008).

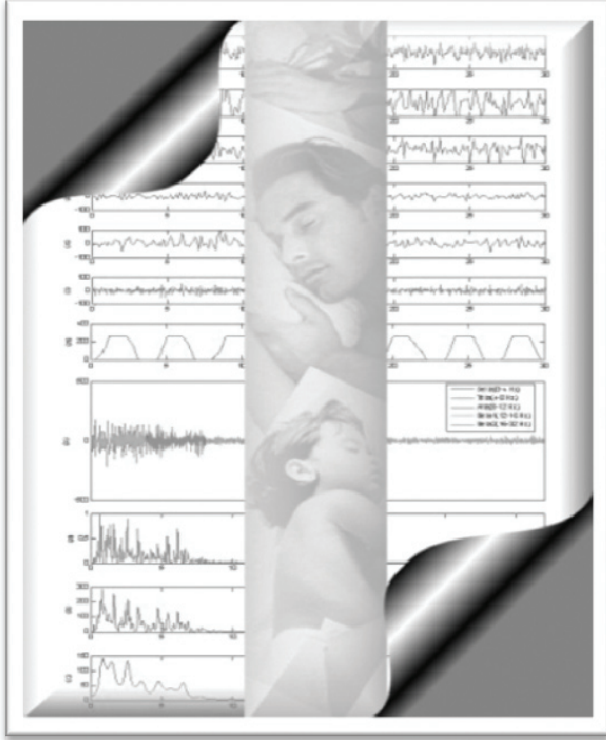
Polisomnografi Kalibrasyonu; Polisomnografi kaydında, beynin elektriksel aktivitesini tespit eden elektroensefalogram (EEG), göz kası hareketlerini algılayan elektrookülogram (EOG), kas aktivitesini algılayan (EMG) ve kalbin elektriksel aktivitesini algılayan elektrokardiyogram (EKG) kaydı yanında, çalışma protokollerine göre, hava yolu, solunum eforu, oksijen saturasyonu gibi değişkenler de kaydedilebilmektedir. Her kanaldan gelen sinyaller, bir yükselteç aracılığı ile sisteme aktarılır ve sinyallerin hassasiyet, kazanç, polarite ve filtre düzenlemeleri yapılarak analog veya sayısal ortamda görüntülenip kaydedilebilmektedir.

Uyku Kaydı İçin Hastaların Hazırlanması;

Uyku çalışmasında alınan kaydın incelenebilmesi için hastanın gece boyunca sağlıklı bir uyku uyuması gerekir. Aksi takdirde çalışmanın tekrarı gerekebilir. Bu nedenle, çalışmadan önce hastaya, yapılacak işlemler hakkında bilgi verilmelidir. Hastaya, günlük yaşam biçimini bozmaması ve uykuyu etkileyebilecek maddelerden (alkol, kafein v.b.) sakınması belirtilmelidir.

Uykuda Solunum Bozuklukları; Uykuda solunum bozuklukları araştırmalarının başlamasıyla, daha önceleri nedeni bilinmeyen ani ölümler ve hastalıkların anlaşılmasında büyük aşama kaydedilmiştir. Geçmişte özellikle bebek ve yaşlılarda, uykuda ani ölüm vakaları görülmüştür. Günümüzde bu ölümlerin büyük bir kısmının nedeninin uyku apnesi olduğu bilinmektedir. Bunun yanında, gündüz uyku hali, yorgunluk, gece horlaması, okul yaşındaki çocukların başarısızlıkları gibi durumların, uyku apnesi ile direkt veya doğrudan ilişkili olduğuna dair bulgular vardır (Erdamar, 2007).

Uyku Apnesi; Uyku esnasında meydana gelen solunumun en az 10 sn durması ‘uyku apnesi’ olarak



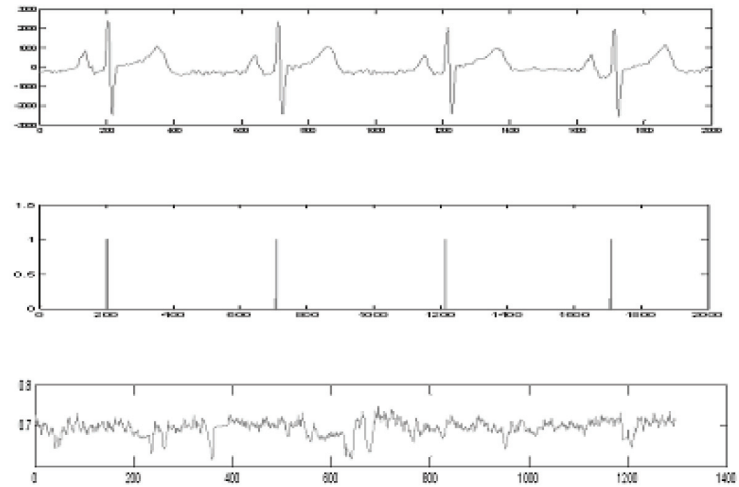
tanımlanır. Uyku apnesi sendromuna sahip olan hastalar, nefes durması nedeniyle gece uykusu sırasında sık sık uyandıklarından uyku kaliteleri bozulmakta ve günün çoğunda uykulu durumda bulunmaktadır. Apnelerin rastlanma sıklığı; obez kişilerde ve üst solunum yolları dar olan ve horlayan bireylerde artmaktadır (Erdamar, 2007). Üç tip uyku apnesi vardır: solunum çabasının sürmesine rağmen ağız ve burunda hava akımının olmaması “Obstrüktif”, solunum çabası ve hava akımının birlikte olmaması “Santral”, başlangıçta santral tipte olan apnenin solunum çabası başlamasına rağmen devam etmesi “Mikst” olarak adlandırılmaktadır. Apneler sıklıkla (%90-95) obstrüktif tiptedir (Aydın et al.,2005).

Uyku Çalışması Tekniği

Uyku çalışmaları, gece boyunca süren, hasta uyurken polisomnografi kaydının alındığı uyku laboratuvarlarında gerçekleştirilmektedir. Uyku laboratuvarlarının mümkün olduğu kadar ev ortamına benzemeleri, odaların ses, ısı ve elektromanyetik izolasyonlarının yapılmış olması gerekmektedir (Aydın et al.,2005). Uyku çalışması sırasında ölçülen temel parametreler aşağıda verilmiştir (Erdamar, 2007). EEG: En az bir kanalda yapılır ve uyku çalışmasında kullanılan bağlantı C3-A2 dir. EOG: Gözlerdeki aktiviteyi elde edebilmek için iki kanal kullanılır (sağ ve sol göz). Referans elektrotları çapraz mastoid bölgedeki elektrotlardır. EMG: Çene

kası üzerine yerleştirilmiş elektrotlarla kas aktivitesi kaydedilmektedir. Bunlara ek olarak yapılacak çalışmanın niteliğine göre alınan veri zenginleştirilebilir.

Uyku Apnesinin Tespiti ve İncelenmesinde Mühendislik Yaklaşımı; Uyku bozukluklarının en önemli örneklerinden biri olan apne hastalığının tespit edilmesi, sınıflandırılması ve fizyolojik parametrelerle ilişkisinin araştırılmasına yönelik literatürde birçok çalışma mevcuttur. Uyku apnesi çalışmalarında ortaya konulan yaklaşımlarda en fazla EEG ve EKG fizyolojik sinyalleri kullanılmaktadır. EKG sinyallerinin işlenmesinde en sıklıkla kullanılan yöntem kalp atım hızı değişkenlik sinyalinin (KAHD) zaman ve frekans düzleminde incelenmesidir. Bunun için öncelikle R dalgası tespiti tüm hasta kaydı üzerinden gerçekleştirilir



Şekil1. a. EKG Sinyali, b. R dalgası tespiti c. KAHD Sinyali

Türev tabanlı (teager enerji operatörü gibi) veya dalgacık dönüşüm algoritmaları en sık kullanılan R tespit yöntemleridir. KAHD sinyali, kalp atım noktaları arasındaki zaman farkının değişkenliğine dayandığından, frekans içeriği kalbin çalışma hızını ifade etmektedir. KAHD sinyalinin parametrik (Yule-Walker v.b.) veya parametrik olmayan (Welch, hızlı fourier dönüşümü-FFT v.b.) bir yöntem ile güç spektral yoğunlukları oluşturulmaktadır. Güç spektral yoğunluğu, çok düşük frekans (VLF), düşük frekans (LF), yüksek frekans bölgelerinden oluşmaktadır. OSA tanısı konmuş hastalarda KAHD güç spektral yoğunluğundaki düşük frekans bölgesinin toplam enerjisi daha büyüktür ve buna bağlı olarak LF/ HF oranları büyük çıkmaktadır. Bu şekildeki belirgin bir değişim, uyku apnesinin tespit edilmesinde

önemli görülmektedir. KAHD sinyali spektral analizleri 5 dakikalık (kısa dönem) EKG kayıtları üzerinden yapılmaktadır. Buna karşın, zaman düzlemi analizleri 24 saatlik uzun dönem hasta kayıtları üzerinden yapılmaktadır.

EEG sinyali üzerindeki bu çalışmaların dışında frekans düzleminde bir takım yaklaşımlar da mevcuttur. EEG sinyali uyku esnasında delta ağırlıklı olarak delta ve teta aktivitesi göstermektedir. Bu durum uyku siklusunun NREM3 ve NREM4 evrelerine karşılık gelir. uyku apnesi sendromu bulunan kişinin kan pH'ı düşüktür ve bunun sonucunda santral sinir sistemi kemoreseptörler aracılığıyla hastanın uyanması emrini iletmektedir. Kişi solunum güçlüğü sebebiyle uyanmış olur ve sonra tekrar uykuya dalar. Bu durum gece boyunca kendini tekrarlar. Beyin derin uykuya dalamadığından delta aktivitesini içermez ve bu durum EEG sinyalinin frekans spektrumundan kolaylıkla anlaşılmaktadır. Alt bantlara inildiği zaman kişinin beyin aktivitesi açıkça görülebilmektedir. Bu tür yaklaşımlarda dalgacık dönüşümü, fouirer dönüşümü veya diğer spektral analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

Sonuç ve Yorum

EKG sinyalleri kardiyovasküler sistemin çalışmasının bir sonucudur. Kardiyovasküler sistem solunum ile iç içedir ve solunumun frekansına göre kanın kısmi oksijen basıncından dolayı değişimler gösterir. Şöyle ki, solunum güçlüğü çeken bir hastanın kanındaki oksijen saturasyonu düşer ve buna bağlı olarak kalp, az oksijenlenmenin kompanze edilmesi için atım hızını yavaşlatır. Bu durum KAHD düşük frekans bölgesi enerjisinde artış meydana getirir ve sinyal işleme teknikleri ile bu değişim belirlenebilmektedir. Mühendislik yaklaşımları da bunun gibi ön görülere dayanılarak ortaya konulmaktadır.

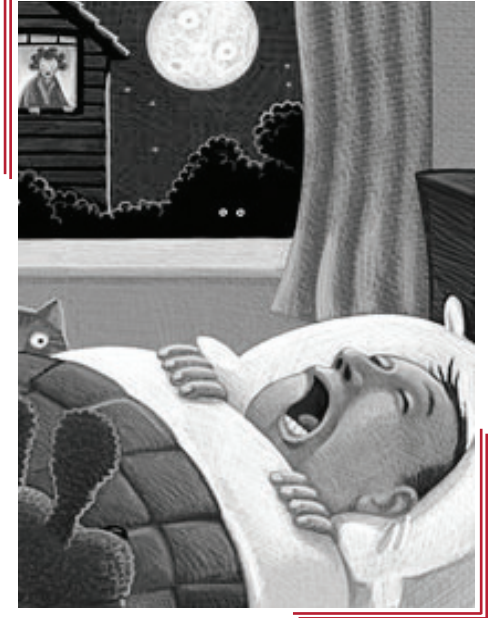
Uyku apnesinin tespit edilmesinin yanı sıra, tedavi yöntemlerinin de başarımının değerlendirilmesi de mühendislik nicel yöntemleri açısından önemlidir. Solunum güçlüğü çeken bir insanın tedaviden sonraki fizyolojik parametrelerinde belirgin değişimlerin görülmesi muhtemeldir.

Örneğin, solunumu düzenlenen hastanın KAHD sinyali yüksek frekans bölgesinde bir enerji artışı beklenmektedir. Bu değişim LF/ HF oranını azaltmaktadır. Bunun yanında sadece solunum sinyalinde bile belirgin genlik değişimi gözlemlenebilir. Uyku apnesi başta olmak üzere, uyku bozukluklarında ortaya konulan mühendislik yaklaşımları nicel gözlemlere dayanmaktadır. Nicel olarak uyku apnesinin tespit edilmesi, sınıflandırılması

ve tedavisindeki başarımının ölçülmesi mühendislik çalışmalarının temeli oluşturulmaktadır. Uyku konusundaki çalışmalar, herhangi bir sendromun araştırılmasından ziyade, uyku kalitesinin artırılmasındaki parametrelerin tümüne aynı pencereden bakabilme ihtiyacına sahiptir. Bu ihtiyacın karşılanması gene mühendislik ön görü ve metotlarının ışığında mümkün görülmektedir.

Yapılan sinyal işleme çalışmalarından elde edilen sonuçların incelenmesi için istatistiksel yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Örneğin iki hasta değerleri arasındaki istatistiksel fark onların farklı sendromlar taşıdığına bir göstergesi olabilmektedir. OSA ile CSA'nın birbirinden ayrılması ve bunların normal bireylerden ayrılabilmesi istatistiksel metotların sonucunda mümkündür.

Uyku apnesi gibi spesifik bir rahatsızlığının incelenmesinden ziyade tüm uyku parametrelerine bir bütün şeklinde bakarak, uyku konforunun sağlanmasına yönelik araştırmalar önümüzdeki yıllarda daha popüler bir çalışma alanı olabilir.



Kaynaklar

- Akşahin, M.F. (2010). Uyku Apnesi Çeşitlerinin Sınıflandırılması, Başkent Üniversitesi Doktora Tezi, Ankara, Turkey
- Aydın, H., Özgen, F., Yetkin, S. ve Sütçigil, L. (2005). Uyku ve Uykuda Solunum Bozuklukları, GATA Basımevi.
- Duman, F. (2005). EEG Sinyallerinin Analizi ile Uyku Durumunun Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara: 58.
- Erdamar, A. (2007). Uyku Apnesinin Öngörülmesi Ve Dil Kasının Uyarılması İçin Model Geliştirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Doktora Tezi, Ankara, Türkiye
- Eroğul, O. (2008). Uyku Çalışmalarında Mühendislik Yaklaşımları, 9. Uyku Tıbbı Kongresi, Aydın, Türkiye, 2008