

Arş. Gör. Kutlucan GÖRUR¹,
Doç. Dr. M.Recep BOZKURT²,
Yrd. Doç. Dr. M. Serdar BAŞÇIL¹,
Yrd. Doç. Dr. Cahit BİLGİN³,
Prof. Dr. Feyzullah TEMURTAŞ¹

¹ Bozok University Electric
Electronic Engineering Departmant,
Yozgat

² Sakarya University Electric Electro-
nic Engineering Departmant Sakarya

³ Sakarya University Medical School
Departmant Sakarya

**Yazışma Adresleri /Address for
Correspondence:**

Dr. Kutlucan GÖRUR
Bozok Üniversitesi Elektrik Elektronik
Mühendisliği Fakültesi, Yozgat

Tel/phone: +90 444 91 82

E-mail: kutlucan.gorur@bozok.edu.tr

Anahtar Kelimeler:

Bruxism, EEG, EMG,
Sinyal İşleme

Keywords:

Bruxism, EEG, EMG,
Signal Processing

Bruxism, EEG-EMG İlişkisi Bruxism, EEG-EMG Relationship

Öz

Bruxism, kişide uyku esnasında periyodik olarak oluşan ve kayıt altına alınabilen temporomandibular bozukluktur. Uyku esnasında dişlerin parafonksiyonel olarak istem dışı olarak kasılması ve aşırı gıcırdatma şeklinde karakterize edilebilir. Eğer tedaviden yoksun bırakılırsa geri dönülmez olarak dişin periodontium ve eklem yüzeylerinde hasarlara neden olur. Uyku Bruxismi kişide genel olarak bitkinliğe, düşük uyku kalitesine, baş ağrısına ve mandibular kaslarda ağrıya neden olur. Kronik etkileri yapısal periodontium hasarları, temporomandibular eklem bozuklukları ve dişlerde kırılmalara varan diş hasarlarıdır. Toplum içindeki yaygınlık oranı yaşa bağlı olarak değişse de 5-36% civarındadır. Genel olarak diş hekimlerinin, psikiyatrların ve uyku bozukluğu olması açısından göğüs hastalıklarının çalışma konusu olan Bruxism mühendislik yaklaşımları ve çözümleri açısından oldukça bakir bir alandır. Bu noktada bu çalışmadaki amacımız mühendislik yaklaşımları ve yöntemlerini kullanarak EEG ve EMG gibi biyolojik sinyalleri analiz etmek suretiyle hastalığı teşhis etmek ve tedaviye katkıda bulunabilecek literatürde yapılmış olan mühendislik içeren tekniklerden kısaca bahsetmektir. Bilindiği üzere EEG sinyalleri beyinde nöronlarda oluşan elektriksel aktivitelerden kaynaklanan doğası gereği lineer olmayan ve dinamik olan sinyallerdir. Bu özelliğinden dolayı anlamlı ve ilişkilendirilebilir bilgileri çıkarmak zordur. EMG sinyalleri ise kas sinyallerinden ortaya çıkan istemli olarak yapılabilen sinyaller olması nedeniyle anlamlı bilgileri çıkarmak EEG sinyallerine göre daha kolay bir karaktere sahiptir. Mühendislikte kullanılan gürültü giderme, özellik çıkarma ve sınıflandırma algoritmaları en temel sinyal işleme yöntemleri olması açısından Bruxismi teşhis etmede oldukça kullanışlı olacağı düşünülmektedir ve bu çalışmada bu metotlar ve kavramlar literatürle ilişkilendirilerek anlatılacaktır.

Abstract

Bruxism is a temporomandibular disorder that occurs periodically during sleep and can be recorded. During sleep, teeth may be characterized by parafunctional involuntary contraction and excessive grinding. If left untreated, irreversibly causes damage to the periodontium and joint surfaces. Sleeping Bruxism in general leads to fatigue, low sleep quality, headache and pain in the mandibular muscles. Chronic effects are structural periodontium injuries, temporomandibular joint disorders, and tooth injuries with broken teeth. The prevalence rate in the society varies depending on age, but it is around 5-36%. In general, Bruxism, which is a study of dentists, psychiatrists and chest diseases because of sleep disorders, is a very virgin field in terms of engineering appro-

aches and solutions. At this point, our goal in this study is to briefly describe engineering techniques that have been done in the literature to diagnose the disease by analyzing biological signals such as EEG and EMG using engineering approaches and methods. As is known, EEG signals are non-linear and dynamic signals that are inherent in electrical activity that occurs in neurons in the brain. Due to this feature it is difficult to produce meaningful and associative information. However, EMG signals are voluntary signals generated from muscle signals hence it is easier to make meaningful information than EEG signals. It is thought that noise elimination, feature extraction and classification algorithms are the most basic signal processing methods in engineering and could be very useful for diagnosing Bruxism. And these methods and concepts will be explained in relation to the literature in this study.

Giriş

Uyku Bruksizmi (Sleep Bruxism-SB) istemsiz ritmik veya spazmodik fonksiyonel olmayan öğütme ya da uyku esnasında dişlerin tutulması olarak bilinen bir rahatsızlıktır. Birçok insan Bruxism olduğundan habersizdir (1). Bruxism, toplumun, yetişkin bireyleri arasında %8' inde görülürken, çocuklarda %14 civarında görülebilmektedir. Yine de yaşa bağlı olarak azalan bir eğilim göstermektedir. 60 yaş üstü bireylerde %3 dolayında görülebiliyorken, yine başka bir çalışmada SB'nin yaygınlık oranı %25 (2) ve % 6-20 oranında görülmektedir (3).

Bruxism hastaları genelde dişin yaygınlık aşınmaları, kırık dişler, orofasiyal (orofacial) ağrılardan şikayetçi olurlar. Bazı araştırmalarda Bruxism devam etme süreleri 300ms kadar sürdüğü rapor edilmiştir. Bruxism ile ilişkili patolojik problemlerin başında şunlar gelmektedir: dişlerde anormal aşınma ve kırılma, periodontal hastalıklarda artma, temporomandibular bozuklukları da içeren orofasiyal bölgede kronik ağrılı problemler olarak sıralanabilir. Bruxism ile ilgili bu özellikler diş kayıplarına ve diş tedavisine uygun olduğundan dişçilik bilim dalı ile yakından ilgilidir (1).

1960 ve 1970'lerde ilk polisomnografi ile ilgili çalışmalar SB'nin patafiziyojik yapısı ile ilgili diş hekimlerinin o güne kadar henüz tanımlayamadığı sonuçları ortaya koymuştur. Özellikle taşınabilir portatif kayıt cihazlarının gelişmesi uyku ile ilişkili çene kas hareketlerinin, SB'nin doğasını ve fiziyojik özelliklerini anlamada diş hekimleri için oldukça önemli sonuçları ortaya koymuştur.

Bu noktada polysomnografi ile kayıt altına alınabilen EEG-EMG sinyalleri, Bruxismi mühendislik yaklaşım ve yöntemlerini kullanarak teşhis ve hatta tedavi yöntemleri sunmada doktorlara ve diş hekimlerine farklı bir bakış açısı getirmektedir. Özellikle doktora, tanısında yardımcı olan karar destek sistemleri içinörüntü tanımları algoritmalarından

olan Yapay Sinir Ağları (NN-Neural Network), Karar Ağaçları (DT-Decision Trees), Destek Vektör Makineleri (SVM-Support Vector Machine), En Yakın Komşuluk (kNN-k Nearest Neighbor) ve Lineer Ayırıştırma Analizi (LDA-Linear Discriminant Analysis) gibi yöntemler literatürde oldukça sık kullanılmaktadır ve bu çalışmanın Bruxism'in EEG-EMG sinyalleri üzerinden sınıflandırılması yönüyle temel bir amaç oluşturmaktadır (4,5,6).

Gereç ve Yöntem

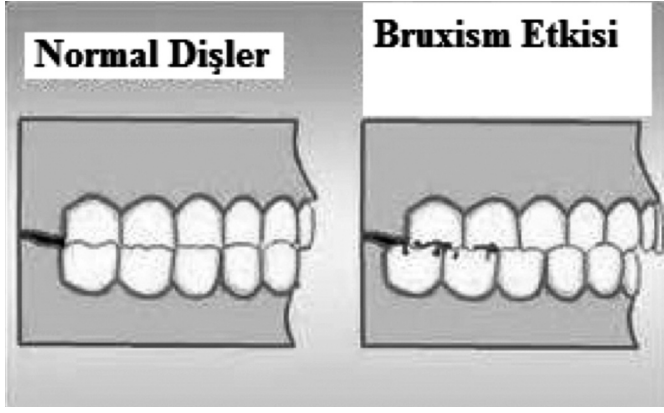
1. Bruxism Nitelikleri

Bruxism'in literatürde geçen genel niteliklerine baktığımızda şu özellikleri görmekteyiz.

- Uyku esnasında Nocturnal Bruxism durumunda 7-9 saat aralığında toplamda 8 dakikalık temas oluşmaktadır (3).
- Bruxism 3'er saniyelik ritmik ataklarla 0.25-2 saniyelik periyotlarda oluşmaktadır (7).
- Ritmik Çiğneme Kas Aktivesi (Rhythmic Masticatory Muscle Activity-RMMA) duruma bakarak Bruxism oluşan kişiler<2.3 atak/saat (hafif), 2.3-5.3 atak/saat (ılımlı) ve >5.3 atak/saat (sert) olarak kategorize edilmektedir (7).
- Bruxism anında dişe 1100 N'luk bir kuvvet uygulanabilirken (8), başka bir çalışmaya göre 520-800 N'luk kuvvet uygulanmaktadır (3). Dişin zarar görmesi için yeter ve gerek basınç ise 4000N/cm2 olarak tanımlanmıştır (2).
- Bruxism, 81 çeşit uyku hastalığından birisi olarak kabul görürken, ilgili nitelikler Amerikan Uyku Hastalıkları Tıp Akademisi (American Academy of Sleep Medicine-AASM) tarafından Uluslararası Uyku Bozuklukları Sınıflandırma (The International Classification of Sleep Disorders-ICSD) dergisi kriterlerinde belirtilmiştir (8).
- Bruxism, (REM,S1,S2,S3,S4) uyku evrelerinden hafif uyku evreleri diye isimlendirilen S1,S2 evrelerinde en fazla görülmektedir (9).
- Bruxism, EEG yükselme değişimleri (EEG Arousal Events), Uyku Esnasında Görülen Periyodik Uzun Hareketleri (PLMS-Periodic Leg Movements during Sleep) ile doğrudan bağlantılı olduğu gibi (10), kalp atım değişimi (HRV-Heart Rate Variability) ile de doğrudan bir ilişkiye sahip olduğu literatürde yer almıştır (11,12). Örnek bir sağlıklı-hasta kişi için Bruxism diş etkileri görülmektedir.(Bkz: Şekil-1)

2. EEG-EMG Sinyalleri İçin Genel Nitelikler

EEG sinyalleri, beyin içerisinde oluşan aktivitelerin EEG cihazı ile kafa tası üzerinden kaydedilen biyolojik bir sinyaldir. EEG sinyalleri, düşünme ve motor aktiviteler gibi iç etkilerin yanında ses-ışık gibi dış etkilere bağlı olarak da değişebilmektedir (14). EEG sinyalleri genel olarak 5 frekans bandına ayrılmıştır. Bunlar ; delta (0-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (13-30 Hz), gamma (30-60 Hz) frekans



Şekil 1. Sağlıklı ve Bruxism'in etkisi altındaki dişler için bir gösterim [13]

bantlarıdır (15). EEG sinyallerinin genlik seviyeleri birkaç yüz mikro-volttur.

EMG sinyalleri ise kaslarda oluşan yüzey potansiyeline bağlı istemli olarak yapılabildiğinden EEG sinyallerine göre daha lineer bir karakteristiği mevcuttur. Sinyal frekans aralıkları 500 Hz'e kadar çıkarken genliği birkaç yüz mikro-volttan birkaç mili-volta kadar çıkabilmektedir.

Özellikle son yıllardaki çalışmalarda görüldüğü üzere EEG sinyallerinin kullanım alanı engelli insanların hayatlarını kolaylaştıran yardımcı cihazlar (Assistive Devices) (16) ve Epilepsi (15) ve Parkinson gibi hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılmaktadır.

3. Sinyal İşleme

Bruxism'i teşhis etmek için kullanılacak EEG-EMG biyolojik sinyalleri zengin bilgiler içerir. Bu noktada EEG-EMG biyolojik sinyallerinden anlamlı bilgiler çıkarmak için sinyal işleme metodları uygulanmaktadır. Hastalık teşhisi ve sinyal işleme ile ilgili en temel adımlar şunlardır ve Şekil-2'de görülmektedir:

- Veri Elde Edinimi (Data Acquisition) (17)
- Veri Ön İşleme (Data Preprocessing) (17)
- Veri Bölümleme (Data Segmentation) (17)
- Özellik Çıkarımı (Feature Extraction) (17)
- Boyut Azaltımı (Dimension Reduction) (17)
- Sınıflandırma (Classification) (17)

3.1. Veri Elde Edinimi

Bruxism için veri elde edinimi PSG (Polisomnografi) cihazı ile ölçümü alınan EEG-EMG sinyallerinin kayıt altına alınması işlem basamağını ifade eder. PSG cihazı ile ya-

pılan ölçümlerin SB'yi teşhis etmede doktorlar için altın bir standart olduğu bilgisi de yine literatürde mevcuttur (18).

3.2. Veri Ön İşleme

Veri ön işleme adımı olarak bilinen bu işlem basamağında, EEG-EMG biyolojik sinyalleri üzerinde başta şebeke frekansı olmak üzere çeşitli sebeplerle var olan bozulma ve gürültüleri (artifacts) gidermek amacıyla kullanılan filtreleme işlemlerine veri ön işleme denir. Filtreleme işlemi uygulamadaki amaç sayısal veri olan biyolojik işaretlerin sonraki işlemlerde özellikle veri sınıflandırma işleminde daha başarılı bir örüntü tanıma işlemi gerçekleştirmesi içindir. Filtreleme işleminde ilk olarak 50-60 Hz şebeke frekansını yok etmek için Çentik Filtre (Notch Filter) kullanılması esastır. Bununla birlikte var olan diğer gürültüler için literatürde şu sinyal işleme yöntemleri oldukça sık kullanılmaktadır :

- Sayısal Filtreler (IIR-FIR)(Düşük Geçiren- Yüksek Geçiren- Bant Geçiren-Bant Durduran) (19)
- Wavelet (20)
- ICA (Independent Component Analysis-Bağımsız Bileşenler Analizi) (21)
- Filtre Bankaları (Filter Bank) (22)

3.3. Veri Bölümleme

Veri bölümleme işlemi, 8-9 saatlik uyku esnasında kaydedilen sayısal bir dizi olan EEG-EMG sinyallerinin özellik çıkarımı işleminden önce 30ms'lik epoklara (Epoch) bölünmesi adımı içerir (23).

3.4. Özellik Çıkarımı

Özellik çıkarımı, ham sayısal sinyalleri özellik vektörüne dönüştüren işlemleri içerir. Özellik çıkarımı işlemi zaman alanında, frekans alanında ve zaman-frekans alanında olmak üzere 3 alandaki metodları içeren işlem adıdır. EEG-EMG sinyalleri için literatürde sıkça kullanılan özellik çıkarımı işlem adımları Tablo 1'de gösterilmiştir.

3.5. Boyut İndirgeme

Boyut indirgeme yöntemi, özellik vektörü içinde gereksiz ve/veya fazlalık verileri yok ederek işlem yükünü azaltan sinyal işleme basamağıdır. Boyut indirgeme yöntemi olarak en fazla kullanılan yöntem Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis-PCA) yöntemidir (6).

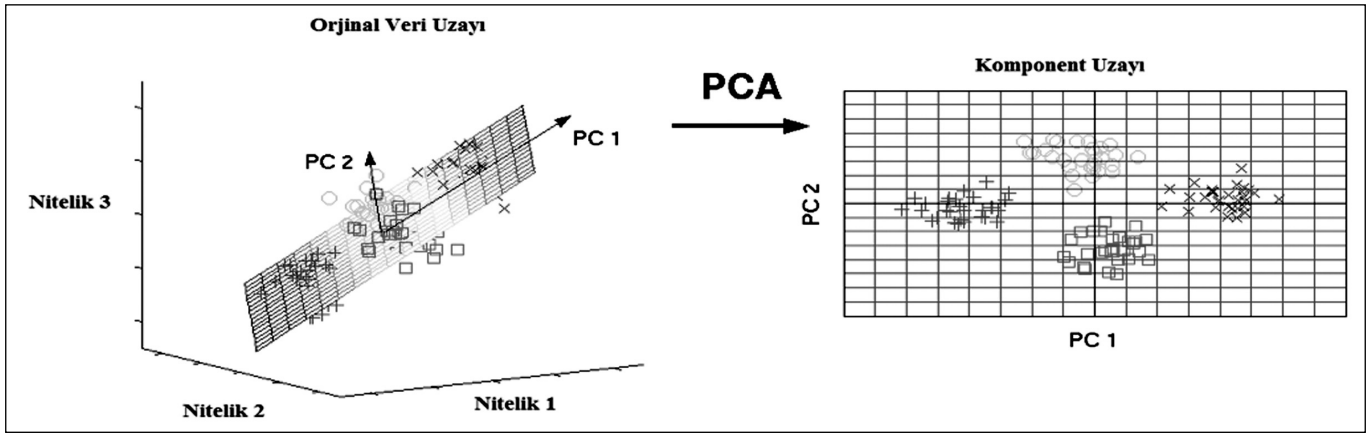
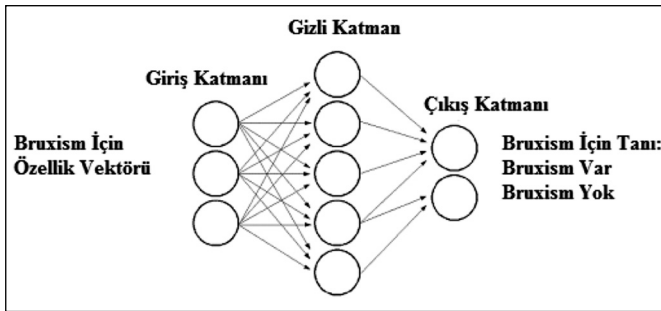
PCA, ilgili özellik vektörü matrisindeki değişimin en faz-



Şekil 2. Biyomedikal Sinyal İşleme Adımları [17]

Tablo 1. EEG-EMG sinyalleri için bazı özellik çıkarma metotları [17]

Zaman Alanı (EMG)	Frekans Alanı (EMG)	Zaman-Frekans Alanı (EMG)	Zaman Alanı (EEG)	Frekans Alanı (EEG)	Zaman Frekans Alanı (EEG)	Uzamsal Alan (EEG)
Ortalama Mutlak Değer (MAV) Dönüşümü	Otoregresif Katsayıları (AC)	Kısa Zaman Fourer (STFT)	Ortalama Değer	Otoregresif Katsayıları (AC)	Kısa Zaman Fourer Dönüşümü (STFT)	Genel Ortalama Referans (CAR)
Kök Kare Ort. (RMS)	Frekans Orta Değeri (FMD)	Wavelet Dönüşümü (WT)	Standart Sapma	Güç Spektrum Yoğunluğu (PSD)	Wavelet Dönüşümü (WT)	Laplacian Metodu
Varyans (VAR)	Frekans Ortalaması (FMN)	Wavelet Paket Dönüşümü (WPT)	Maksimum Tepe Değeri	Güç Bandı		Genel Uzamsal Örüntü (CSP)
Sıfır Geçiş (ZC)	Frekans Oranı (FR)		Çarpıklık	Asimetri Oranı		
Eğim İşaret Değişimi (SSC)			Kurtosis			

**Şekil 3.** PCA ve Veri Uzayı Dönüşümü [24]**Şekil 4.** Temel Bir Yapay Sinir Ağı Modeli Gösterimi [25]

la olduğu temel bileşenleri, kovaryans matrisindeki özdeğer ve özvektörleri kullanarak hesaplar (Bkz. Şekil-3).

3.6. Sınıflandırma

EEG-EMG verilerinden özellik çıkarma ve boyut indirgeme işleminden sonra uygulanacak olan işlem, sınıflandırma işlemidir. Özellik vektörüne bağlı olarak eğitim seti içinde eğitilen veriler için uygulanacak olan sınıflandırma algoritmaları test seti için de denenerek algoritmanın başarısına, hassasiyetine, özgüllüğüne bakılır. Böylece Bruxism

teşhisinde uygulanacak olan algoritmanın hangisinin en başarılı sonuç ürettiği ortaya konmuş olur (17).

Sinyal işlemede kullanılan sınıflandırma metotları genelde şunlardır:

- Yapay Sinir Ağları (Neural Network-NN) (17)
 - Bayes Sınıflandırıcı (Bayesian Classifier) (17)
 - Fuzzy Lojik (Fuzzy Logic) (17)
 - Lineer Ayrıştırma Analizi (Lineer Discriminant Analysis-LDA) (17)
 - Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine-SVM) (17)
 - Saklı Markov Modelleri (Hidden Markov Models-HMM) (17)
 - k-En Yakın Komşuluk (k-Nearest Neighbor-kNN) (17)
- 1-Bruxism ve İlgili Literatür Çalışmasına Birkaç Örnek Bruxism'in ana çalışma olan Dişçilik üzerine literatürde birçok yayın mevcuttur. Diş hekimleri diş yüzeyinde ve

Tablo 2. Bruxism ve EEG-EMG İlişkili Literatür Özeti

Yayın İsmi	Yayın İçerik Özeti
Monitoring Bruxism P.Stock and N.C.Clark 1983 [26]	Bruxism teşhisi için Mikrodenetleyici ve Typewriter ile EMG ölçümleri alınmış. Sınıflandırma için Masseter Kaslardaki EMG eşik seviyesine bakılmış.
Acquisition and Analysis of Electromyograms of the Human Masseter Muscle J.L. Ruhland ve Ark. 1988 [27]	Çalışmaya 19 katılımcı katılmış. EMG sinyallerinden bruxism olup olmadıklarına incelenmiş.Sinyallerin şu özelliklerine bakılmış: RMS Sinyal Gücü, Maximum Sinyal Gücü, Güç Spektral Yoğunluğu, Ortalama Güç Frekansı , Spektral Sapma ve Sinyalin Dağılımı.Bruxism olup olmadıklarına yukarıdaki özellikleri, spektral teknik kullanılarak tespit edilmeye çalışılmış.
An Example of System On Chip Design for Biomedical Application: Bruxism Therapy A. Palumbo ve Ark. 2007 [28]	Çalışmada Bruxism terapi cihazı tasarımı yapılmaya çalışılmış.CY (C29466 Embedded) cihaz kullanılmış. Cihaz EMG sinyallerini alıyor, ADC ile analog dijital sinyal çevirimi yapıyor. Sinyal belirli bir eşik seviyesi üstünde ise beeper (çalar saat benzeri cihaz) ile ses üretip hastanın uykudan uyanmadan kasların gevşemesi sağlanmaya çalışılmış.
Instrumented Splint for the Diagnosis of Bruxism. Pilar Lafont Morgado 2008 [29]	Çalışmada piezoelektrik materyal ile gömülü bir Bruxism telemetri sistemi yapılmaya çalışılmış.Üretilen piezoelektrik materyalin simülasyonu matlabta yapılmış.Splint denilen diş-çene arasına konulan sistem tasarlanmış. Bruxism EEG üzerinden ölçülüyormuş. Her Bruxism Epsodu 7sn kadar sürüyormuş.
Polymeric Piezoelectric Sensors and Remote Communication for Detection of Bruxism Alexander Martínez ve Ark. 2010 [30]	Çalışmada polymeric piezoelektrik sensor geliştirilmiş ve Bruxism için uzaktan veri alınan bir sistem ile birleştirilmiş.
Development of bite guard for wireless monitoring of bruxism using pressure-sensitive polymer Jung Ho Kim1 ve Ark. 2010 [31]	Çalışmada “wireless pressure bite guard ” tasarımı yapılmış. Tasarımda PIC mikrodenetleyici olarak kullanılmış.Dişe konulan kap(guard) içinden kablosuz olarak veri göndermek suretiyle,Alıcı Devre-Verici Devre-PC şeklinde bir sistem mevcutmuş.PC’ye RS232 ile veri aktarılmış.
Electrical stimulation of mental nerve to produce inhibitory action in bruxism treatment P. Aqueveque ve Ark. 2013 [32]	Çalışmada şakak kemikleri üzerinden EMG sinyali alınıyor ve uyarıcı tarafından uA ve birkaç yüz frekansında sinyal üretilip çeneye veriliyor. Böylece çene kasları gevşemek suretiyle hasta uykudan uyanmadan tedavi olabiliyor. Buna bio-feedback diyorlarmış.
Use of Electromyographic and Electrocardiographic Signals to Detect Sleep Bruxism Episodes in a Natural Environment Tommaso Castorflorio ve Ark.2013 [33]	EMG ve ECG verilerini birlikte kullanmak suretiyle YSA ile Bruxism olup olmadığını incelemeye çalışılmış. 21 sağlıklı ve 21 Bruxism Hasta Katılımcı mevcutmuş.EMG sinyali maximum %10’dan fazla ise ve ECG sinyali attırımı 1s içinde %25 fazla ise normal eşik seviyesinden, Bruxism otomatik olarak tespit ediliyormuş. 3 kanallı BruxOff (Portable Device) cihazı kullanılmış. İlgili cihaz verileri 800 Mhz ve 8 Bit örnekleme yaptıktan sonra MicroSD kartta saklanabiliyormuş. 2 kanal EMG için, 1 kanal da ECG için kullanılmış. Spearman Correlation testi uygulanmış hastalara.YSA olarak MLP kullanılmış.Yalnızca EMG-YSA başarı oranı %68 iken EMG-ECG-YSA başarı oranı %80 olarak bulunmuş. İstatistiksel analiz yöntemi olarak Mann-Whitney yöntemi kullanılmış. Kontrol grubu ve Bruxism grup arasındaki ilişkiye bakılmış.
An EMG Instrument Designed for Bruxism Detection on Masseter Muscle Nantawachara Jirakitayakom 2014 [34]	Çalışmada 20 katılımcının EMG verileri kaydedilmiş ve “MVC (Maximum Voluntary Contraction) of masseter muscle “ keşfedilmeye çalışılmış.MVC ölçümleri Bruxism için önemli bir parametre imiş. EMG ölçümü almak için elektronik devre tasarımı yapılmış.
Warning and Rehabilitation System Using Brain Computer Interface (BCI) in Cases of Bruxism César Augusto Peña-Cortés3 2014 [35]	BCI-EEG sinyallerinden Bruxism tespit edilmeye çalışılmış. Emotiv Headset kullanılmış.
Multi-sources data analysis with sympatho-vagal balance estimation toward early bruxism episodes detection. S Kostka P. 2015 [36]	Çalışmada ECG,EMG sinyali kullanılarak Bruxism olma durumuna bakılmış. Bruxism olmadan hemen önce ve sonraki ECG, EMG seviyelerine bakıp incelenmiş.

TMJ eklemlerinde oluşan bozulmalarla ilgilendirler. Bruxism’in teşhisi ile ilgili mühendislik yaklaşımlarını ve EEG-EMG sinyalleri ile ilişkisini inceleyen çalışmalar bu konuda yapılan literatür özetinde görüleceği üzere çok fazla değildir. Önemli görülebilecek bazı çalışmalar ve içerikleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tartışma

Bu çalışmamızda Amerikan Akademisi Uyku Rahatsızlıkları (American Academy of Sleep Medicine-AASM) topluluğu tarafından bir çeşituyku hastalığı olarak tanımlanan Bruxism ile EEG-EMG biyolojik sinyalleri arasındaki ilişki ve tespit-tedavi yöntemlerine yönelik mühendislik yak-

laşımı olan biyomedikal sinyal işleme yöntemleri-kavramları ve literatür özeti yapılmaya çalışılmıştır.

Sinyal işleme yöntemleri ve mühendislik yaklaşımları, başta uyku apnesi olmak üzere uyku ile ilgili biyolojik sinyal işlemede uzun yıllardır kullanılan bir alan olmasının yanında diş ve çene eklemlerini etkileyen Bruxism gibi uyku hastalığı üzerine yaklaşım ve yöntemler açısından bakir bir alan olduğu görülmektedir.

Kaynaklar

1. T. Kato, "Overview of sleepbruxism: history and on the way we are", 2nd WASM World Congress, Bangkok, 4-8 February 2007 / Sleep-Medicine 8 Suppl. 1 (2007) S11-S47
2. Martinaz A. ve arkadaşları, "Polymeric Piezoelectric Sensors and Remote Communication for Detection of Bruxism", Industrial Technology (ICIT), 2010 IEEE International Conference on, 268-273, 2010
3. Toledano M. ve arkadaşları, "Effect of in vitro chewing and bruxism events on remineralization, at the resin-dentin interface", Journal of Biomechanics, Vol:48, Sayfa:14-21, 2015
4. Minakuchi H. ve arkadaşları, Multiple sleep bruxism data collected using a self-contained EMG detector/analyzer system in asymptomatic healthy subjects" Sleep Breath, Vol:16, Sayfa: 1069-1072, 2012
5. Xiao D. ve Ark., "Classification of motor imagery EEG signals based on energy entropy", 2009 International Symposium on Intelligent Ubiquitous Computing and Education, 61-64
6. Başçıl.M.S.2014, "Beyinde Üretilen Yöne Bağlı EEG Sinyallerinin Öznitelik Çıkarımı Yardımıyla Sınıflandırılması", Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
7. Minakuchi H. ve arkadaşları, "Multiple sleep bruxism data collected using a self-contained EMG detector/analyzer system in asymptomatic healthy subjects" Sleep Breath, Vol:16, Sayfa: 1069-1072, 2012
8. Thorpy M.J ve arkadaşları, "Classification of Sleep Disorders", Neurotherapeutics, Vol: 9, Sayfa: 687-701, 2012
9. Tomoeda K. ve arkadaşları, "Sleep bruxism needs deep sleep stages and seems to reduce psychological stress", J. Stomat. Occ. Med, Vol:4, Sayfa:54-58, 2011
10. Zaag J. ve arkadaşları, "Time-linked concurrence of sleep bruxism, periodic limb movements, and EEG arousals in sleep bruxers and healthy controls", Clin Oral Invest, Vol:18, Sayfa:507-513, 2014
11. Deregibus A. ve arkadaşları, "Reliability of a portable device for the detection of sleep bruxism", Clin Oral Invest, Vol: 18, Sayfa: 2037-2043, 2014
12. Gorur K.ve Ark., "Literatür Özeti: Bruxism", Electronic Letters on Science & Engineering 1-2016, 11-16
13. <https://www.medicalmarijuana.com/medical-marijuana-treatments-cannabis-uses/cannabinoids-alleviate-symptoms-of-bruxism/>, (Son Erişim Tarihi: 27.02.2017)
14. İto S.ve Ark., "A Feature Extraction of the EEG During Listening to the Music Using the Factor Analysis and Neural Networks", Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, 2003.2263-2267.
15. Adeli H.ve Ark., "A Wavelet-Chaos Methodology for Analysis of EEG and EEG Sub-bands to Detect Seizure and Epilepsy", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 54, NO. 2, 2007
16. A.Lebhedev. M. ve Ark., "Brain-machine interfaces: past, present and future", Trends in Neurosciences Vol.29 No.9, 536-546
17. Janet R.R.E.ve Ark., "Bio-signal based control in assistive robots: a survey", Digital Communications and Networks (2015) 1, 85-101
18. Deregibus A.ve Ark., "Reliability of a portable device for the detection of sleepbruxism", Clin Oral Invest (2014) 18:2037-2043
19. O.Regan S.ve Ark., "Multimodal detection of head-movement artefacts in EEG", Journal of Neuroscience Methods 218 (2013), 110-120
20. Sammaiah A. ve Ark., "On The Performance of Wavelet Transform Improving Eyeblink Detections for BCI", Proceedings of Ictect, 2011, 800-804
21. Vučković A.ve Ark., "A two-stage four-class BCI based on imaginary movements of the left and the right wrist", Medical Engineering & Physics 34 (2012) 964-971
22. Wu S.L.ve Ark.ve Ark., "Fuzzy Integral with Particle Swarm Optimization for a Motor-Imagery-based Brain-Computer Interface", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2016, 1-8
23. Salih Güneş, Kemal Polat, Mehmet Dursun, Şebnem Yosunkaya, "EEG, EOG ve Çene EMG Sinyallerinin Zaman Domeni Özelliklerinin Uyku Evreleri ile İlişkinin İncelenmesi" BİYOMUT-2009, İzmir (2009).
24. Scholz M. 2006 "Approaches to analyse and interpret biological profile data", Ph.D. thesis, University of Potsdam, Germany
25. http://docs.opencv.org/2.4/modules/ml/doc/neural_networks.html (Son Erişim Tarihi : 27.02.2017)
26. Stock P. ve arkadaşları, "Monitoring bruxism", Med. & Biol. Eng. & Comput, Vol :21, Sayfa: 295-300, 1983
27. Ruhland J.ve arkadaşları, "Acquisition and analysis of electromyograms of the human masseter muscle", IEEE Engineering in Medicine & Biology Society 10th annual international conference, Sayfa: 1-2, 1988
28. P.A ve arkadaşları, "An example of System on Chip design for biomedical applications: bruxism therapy", Instrumentation and Measurement Technology Conference - IMTC 2007 Warsaw, Poland, Sayfa: 1-3, 2013
29. Morgado ve P. ve arkadaşları, "Instrumented Splint for the Diagnosis of Bruxism", First International Conference on Biomedical Electronics and Devices, Portugal, Sayfa: 216-221, 2008
30. Martinaz A. ve arkadaşları, "Polymeric Piezo electric Sensors and Remote Communication for Detection of Bruxism", Industrial Technology (ICIT), 2010 IEEE International Conference on, 268-273, 2010
31. Kim H.J. ve arkadaşları, "Development of bite guard for wireless monitoring of bruxism using pressure-sensitive polymer", International Conference on Body Sensor Networks, Sayfa: 109-116, 2010
32. Aqueveque P. ve arkadaşları, "Electrical Stimulation Device as Possible Treatment for Nocturnal Bruxism: Preliminary results", 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Japan, Sayfa: 3571-3573, 2013
33. Castrolorio T. ve arkadaşları, "Use of Electromyographic and Electrocardiographic Signals to Detect Sleep Bruxism Episodes in a Natural Environment", IEEE Journal Of Biomedical and Health Informatics, Vol. 17, Sayfa: 994-1001, 2013
34. Jirakittayakom N. ve arkadaşları, "An EMG Instrument Designed for Bruxism Detection on Masseter Muscle", Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), Sayfa: 1-5, 2014
35. Peña-Cortés C.A. ve arkadaşları, "Warning and Rehabilitation System Using Brain Computer Interface (BCI) in Cases of Bruxism", Ing. Univ. Bogotá (Colombia), Vol:18 1, Sayfa: 177-193, 2014
36. S Kostka P. ve Ark., "Multi-sources data analysis with sympatho-vagal balance estimation toward early bruxism episodes detection.", Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2015, 6010-6013