EEG ÜZERİNDE ORTAYA ÇIKAN BEYİN DALGALARININ ÇENE HAREKETLERİ İLE İLİŞKİ

The Relationship Between Brain Waves Based on EEG Signals And Jaw Movements

Muhammet Serdar BAŞÇIL (0000-0002-6327-854X)

Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yozgat

Muhammet Serdar BAŞÇIL, Dr. Öğr. Üyesi

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, SAM32RFO Elektroensefalografi (EEG) cihazı ve 10/20 sistemine sahip EEG kepi kullanılarak, 10 katılımcıdan belli bir düzen içerisinde kayıtlanmış olan EEG üzerinde ortaya çıkan beyin sinyallerinin çene hareketleri ile ilişkisinin değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır.

Gereç-Yöntem: Çalışma 03/09/2018-03/10/2018 tarihleri arasında üniversitemiz Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde, 10 katılımcıdan (3 kadın, 7 erkek) EEG sinyallerinin kayıtlanarak bilgisayar ortamına aktarılması ile tamamlanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde, standart sapma değişimlerinden faydalanılarak olasılıksal sinir ağı modeli (PNN) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar yüzde olarak sunulmuştur.

Bulgular: 21-35 yaş aralığındaki sağlıklı katılımcıların, her bir döngüsü 10 saniye süren ve bu süre boyunca (dudaklar kapalı, diş gıcırdatma ve vücut hareketi olmaksızın) yaklaşık 20 kez sağa ya da 20 kez sola doğru çene hareketleri yapabildiği görülmüştür. Çıkarılan tüm özelliklerin bilgisayar ortamındaki makine öğrenme algoritmaları yardımıyla incelenmesi sonucunda, sağ ve sol çene hareketleri sırasında beyinde oluşan iki farklı EEG sinyalinin, birbirlerinden %90,14 oranında farklı olarak belirlenebildiği bulunmuş ve beyin haritalama üzerindeki çıkarımlarda bu oranı desteklemiştir. Çenenin sağa veya sola hareketi ile oksipital, frontal ve temporal loblarda delta dalgalarına rastlanmıştır.

Sonuç: Literatürde EEG üzerinde ortaya çıkan beyin dalgaları ile çene hareketleri arasındaki ilişkinin incelendiği ilk çalışmadır. EEG üzerinde parazit (artifakt) oluşturduğu düşünülen bu hareketlerin, delta frekans bandı üzerinde anlamlı bilgiler taşımakta olduğu anlaşılmıştır. Elde edilen sonuçların bilgisayar ara yüzüne aktarılması ile de, tetraparezi olan hastalara çevrelerindeki cihazları açıp/kapatmak gibi basit günlük aktivitelerde yardımcı olunması ile onların yaşam kalitesi arttırılabilir.

Anahtar kelimeler: *EEG; Beyin; Çene; Makine öğrenmesi*

ABSTRACT

Objective: This study was carried out to evaluate on the relationship between jaw movements and brain waves based on EEG signals recorded in a certain order from 10 participants using SAM32RFO device and the EEG cap with the international 10/20 electrode placement system.

Material and Method: EEG signals of ten participants (3 female, 7 male) were recorded and stored at the Department of Electric and Electronics Engineering of Bozok University between 3 September 2018 and 3 October 2018. In the evaluation of the data, probabilistic neural network model (PNN) was used combining with standard deviation changes. The results are presented as percentage.

Results: Healthy participants with ages in the range of 21-35 years were succeeded roundly 20 times right and 20 times left jaw movements during each of the 10 seconds (closed lips, no teeth grinding and no body movement). It was determined that long-term raw EEG signals recorded during jaw movements can be obtained as a single feature thanks to standard deviation variable. As a result of the computer-aided machine learning algorithms, it was found that two different EEG signals that occur in the brain during right and left jaw movements can be determined as 90.14% different from each other and it was understood that the brain mapping results are support this conclusion. The right or left movements of the jaw showed delta waves in the occipital, frontal and temporal lobes.

Conclusion: This is the first study to investigate the relationship between brain waves on EEG and jaw movements in the literature. It is understood that these movements known as noise (artifact) on EEG, carry significant information on delta frequency band. The quality of life of the patients with tetraparesis can be increased by assisting in simple daily activities such as turning on/off the devices around them through a computer interface.

Keywords: *EEG; Brain; Chin; Machine learning*

İletişim:
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Serdar BAŞÇIL Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yozgat
Tel: 05434311654
e-mail:
serdar.bascil@bozok.edu.tr

Geliş tarihi/Received: 27.12.2018
Kabul tarihi/Accepted: 19.03.2019
DOI: 10.16919/bozoktip.503623

Bozok Tıp Derg 2019;9(3):45-9
Bozok Med J 2019;9(3):45-9

Bozok Tıp Derg 2019;9(3):45-9
Bozok Med J 2019;9(3):45-9

GİRİŞ

Günümüzde, biyoelektrik işaretler ile yapılan çalışmalar giderek artan oranlarda devam etmekte ve insan-makine etkileşimleri üzerine şekillendirilmektedir. Bu yolla yapılmış olan çalışmalar engelli kişilerin hayatlarını kolaylaştırmayı amaçlamakta olup, bu kişiler için bir bilgisayar imlecini yada bilgisayarı kontrol etme, beyin sinyalleri sayesinde elektrikli sandalye kullanabilme veya bilgisayarlı heceleyiciler ile istenilen kelimelerin ekrana yazdırılması yada mekanik bir kolun kontrol edilebilmesi ve hatta sinirsel protez cihazlarının etkin kullanılabilmesi gibi avantajlar oluşturmakla birlikte, onların rehabilite olmalarını sağlamayı da hedeflemektedir. Bu tür çalışmaların nerdeyse hepsinde, elektromiyogram (EMG) ya da elektrookülogram (EOG) sinyallerinden faydalanıldığı (1-4), bazılarının da elektroesefalogram (EEG) ve EMG sinyallerini birlikte kullandığı görülmektedir (5-7). Bu çalışma ile yalnızca EEG sinyali üzerinde oluşan sağ/sol çene hareketlerinin biyoelektrik sinyaller üzerinden çıkarılması amaçlanmıştır. Bu anlamda literatürde, çene hareketlerinin EEG sinyalleri üzerindeki beyin dalgalarında meydana getirdiği etkinliğin araştırılmasına dair herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Literatüre kazandırılan yeni bir bilgi ve ileriye dönük geliştirilebilir bir çalışma olması hedeflenmektedir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmada, 21-35 yaş aralığında 10 (3 kadın, 7 erkek) sağlıklı katılımcı yer almıştır ve kayıtlar 03/09/2018-03/10/2018 tarihleri arasında Bozok Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Kurum izni ve Bozok Üniversitesi Etik Kurulundan, gerekli izinler alınmış olup katılımcılara ait, EEG kaydındaki sinyaller üzerinde yatay çene hareketlerinin etkileri incelenmiştir.

Katılımcılardan, belirli süre aralıklarında LCD ekran üzerinde gösterilen yönergeler doğrultusunda, çenelerini sağa ve sola doğru (dudaklar kapalı, diş gıcırdatma ve vücut hareketi olmaksızın) hareket ettirmeleri istenmiştir.

Sinyal kayıtlanma süreci, LCD ekranda gösterilen yön ifadeleri yardımıyla 10 saniye boyunca çenenin sağa veya sola doğru sürekli olarak yönlendirip bırakılması ve bu 10 saniye sonrasında 5 saniye dinlenme periyodu olacak şekilde oluşturulmuştur.

Katılımcılara, çene hareketlerini yapmaları için sağdan sola ve soldan sağa doğru olmak üzere toplam 2 deneme yaptırılmıştır. Her deneme içerisinde 4 sağ ve 4 sol hareket bulunmakta olup, 2 deneme süresince tüm katılımcılara, 8 defa sağ ve 8 defa sol çene hareketi yaptırılmıştır. Bir sağ veya bir sol çene hareketinin tamamlanması 10 saniye sürmüş ve bu süre içerisinde katılımcılar sağ veya sol çene hareketini 20 kez tekrarlamıştır. Toplamda, her katılımcı için 160 farklı sağ ve 160 farklı sol çene hareketi bilgisini taşıyan 320 adet EEG veri kaydı elde edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde, standart sapma değişimlerinden faydalanılmış olup, başarım oranı için olasılıksal sinir ağı modeli (PNN) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar yüzde olarak sunulmuştur. Ayrıca işaret işleme ve analizi için MATLAB programı kullanılmıştır.

BULGULAR

Çalışmaya katılan tüm katılımcılara ait sağ ve sol çene hareketleri sırasında kayıtlanan iki faklı EEG sinyalindeki başarım oranları yüzde olarak gösterilmiştir (Tablo 1). İstatistiksel bir ölçüm olan standart sapma değeri, olasılık dağılım değerlerini ifade etmekte olup ortalamaya göre sinyalde ne kadar değişim olduğunu gösterir (8, 9). PNN ise her katılımcı için kayıtlanan EEG sinyallerindeki başarı yüzdelerinin elde edilmesini bildirmektedir (10). Bu çalışmada da sinyallerin değerlendirilmesinde PNN modeli kullanılmıştır. Tablo 1 incelendiğinde en yüksek ortalama sınıflandırma sonucuna %90,14 ile 8. katılımcının ulaştığı görülmektedir ve bu katılımcı en başarılı katılımcı olarak değerlendirilmiştir. En düşük performans ise %81,81 ile 3. katılımcıya aittir ve bu katılımcıda en başarısız katılımcı olarak nitelendirilmiştir.

Tabloda gösterilen diğer istatistiksel parametreler olan TPR (True Possitive Rate-Doğru Saptanan Sonuç Değeri Oranı) ve FPR (Falsse Possitive Rate-Yanlış Saptanan Sonuç Değeri Oranı) oranları da, katılımcılar için elde edilen yüzde doğrulukları desteklemektedir. Ayrıca, sonuçları değerlendirebilmek adına bu iki katılımcının, sağ ve sol çene hareketi için elde edilmiş olan beyin haritalama sonuçları ayrı elde edilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).

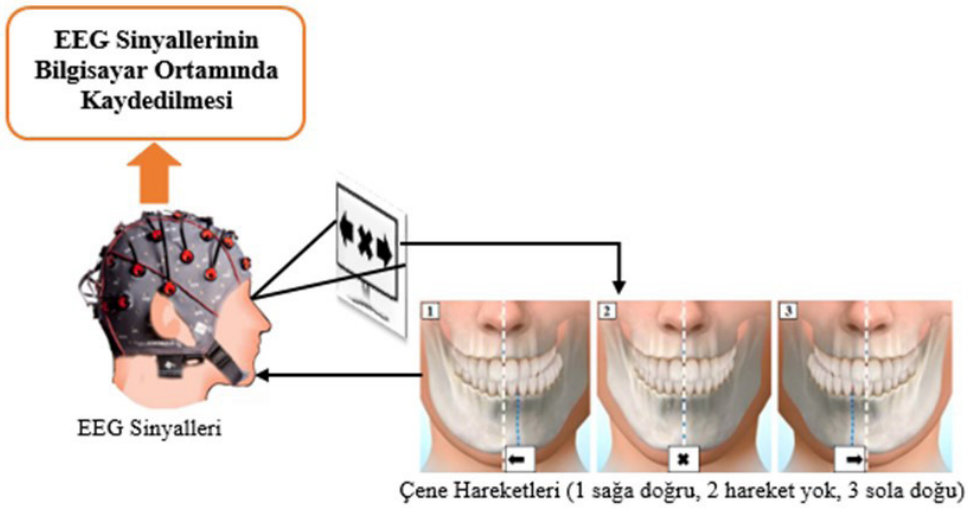
Şekil 3-a) en başarılı katılımcıya ait sağ çene hareketleri esnasında meydana gelen EEG değişimlerini gösterirken, Şekil 3-b) de sol çene hareketleri sırasında oluşan EEG değişimlerini göstermektedir. Beyin haritalama çizimlerinde çene hareketlerinin, EEG sinyallerindeki delta frekans bandı (0,5Hz-3,5Hz) üzerinde baskın olarak ortaya çıktığı saptanmıştır. Şekil 3'ten de açıkça görüldüğü gibi sağ çene hareketi sırasında beyinin sol yarı kısmının, sol çene hareketi esnasında sağ yarı kısmının aktif olduğu belirlenmiştir. Bu bulguda serebral lateralizasyonu doğrular bir sonuçtur. Hem oksipital hem de frontal lobda, düzenli ve baskın delta frekanslarının varlığı saptanmıştır.

Şekil 4-a) en başarısız katılımcıya ait sağ çene hareketleri esnasında meydana gelen EEG değişimlerini gösterirken, Şekil 4-b) de sol çene hareketleri sırasında oluşan EEG değişimlerini göstermektedir. Bu katılımcı en düşük performans sergilemesine rağmen burada da diğer katılımcı ile paralel şekilde oksipital lob üzerinde delta frekans değişimleri gözlenmiştir. Ayrıca frontal ve temporal loblara doğru yayılım gösteren delta frekansları da tespit edilmiştir.

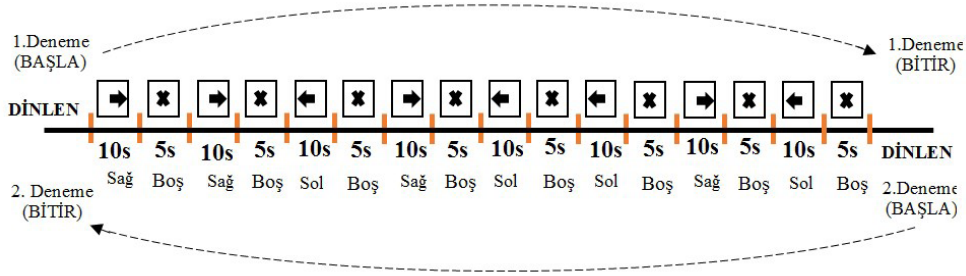
Tablo 1. Her Katılımcıya Ait Sınıflandırma Doğrulukları

Yöntem		1. Kişi	2. Kişi	3. Kişi	4. Kişi	5. Kişi	6. Kişi	7. Kişi	8. Kişi	9. Kişi	10. Kişi	Ortalama
S. SAPMA + PNN	Doğruluk (%)	85.05	89.18	81.81	87.87	88.94	84.47	86.11	90.14	83.22	88.45	86.52
	TPRs (%)	89.12	93.45	85.14	91.76	93.11	88.22	90.87	94.02	87.05	92.77	90.55
	FPRs (%)	8.57	5.94	13.66	7.66	6.85	9.14	8.06	5.65	9.94	7.05	8.25

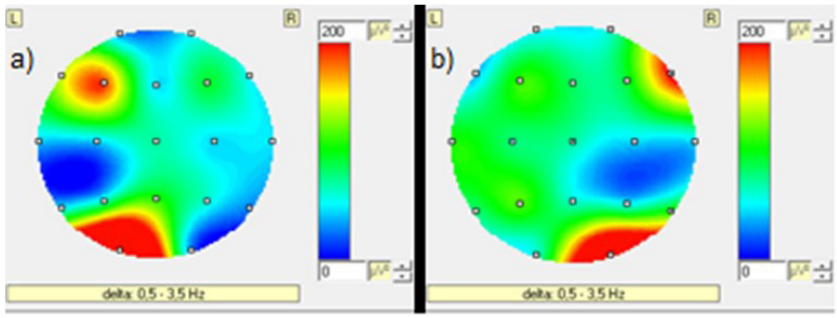
S. SAPMA : Standart sapma değeri, PNN : Olasılıksak sinir ağı modeli, TPRs : Doğru saptanan sonuç değeri oranları (True Positive Rates), FPRs : Yanlış saptanan sonuç değeri oranları (False Positive Rates).



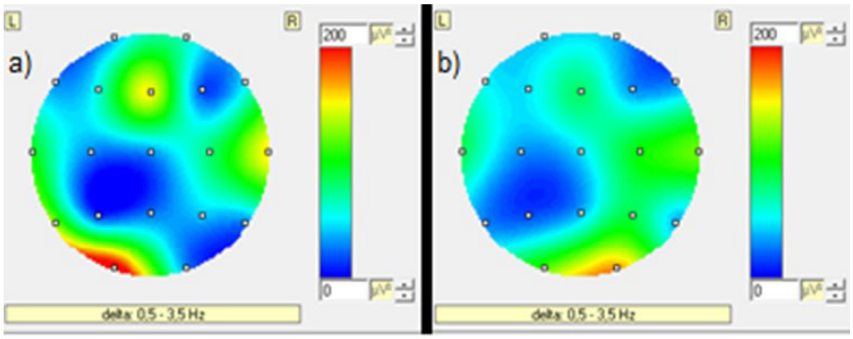
Şekil 1. Çene Hareketleri Esnasında Oluşan EEG Sinyallerin Bilgisayar Ortamında Kayıtlanması



Şekil 2. Çene Hareketlerinin Deneysel Düzeni



Şekil 3. 8. Katılımcının Çene Hareketleri sırasında kayıtlanan EEG sinyallerine göre elde edilmiş olan Beyin Haritalama Çizimleri (a-Sağ Çene hareketi, b-Sol çene hareketi)



Şekil 4. 3. Katılımcının Çene Hareketleri sırasında kayıtlanan EEG sinyallerine göre elde edilmiş olan Beyin Haritalama Çizimleri (a-Sağ Çene hareketi, b-Sol çene hareketi)

TARTIŞMA

Bilim insanları son elli yıldır insan-bilgisayar etkileşim teknolojisi üzerine çalışmaktadır. Özellikle felç gibi duyu ve motor aktivitelerin bozulduğu, hastalıklarda başkalarına bağımlılığı azaltmak, çevreyle etkileşimi arttırmak ve felç sonrası kas deformitelerini düzeltebilmek amacıyla rehabilitasyonu da kapsayan insan bilgisayar arayüz teknolojileri ile ilgili çalışmalar yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmada da elde edilen sinyallerin standart sapma değerleri, bilgisayarlı öğrenme yöntemi olan PNN ağı yardımıyla sınıflandırılarak yüzde doğrulukları çıkarıldı. 8. katılımcının en başarılı ve 3. katılımcının da en başarısız katılımcı olduğu saptanarak ve her iki katılımcıya ait EEG sinyalleri ile oluşturulan beyin haritalama çizimleri elde edilmiş ve yüzde doğruluklarla kıyaslanmıştır. Çalışmada katılımcılardan elde ettiğimiz EEG kayıtlarında özellikle frontal ve oksipital lobda delta dalgaları dikkat çekmiştir.

Literatürdeki bazı çalışmalarda (11-14), diş sıkma, diş gıcırdatma ve çene hareketlerinin baskın bir şekilde EEG sinyalleri üzerinde artifakt oluşturduğu söylenmekteyken, son yapılan çalışmalarda (15-20) çene ve hatta dil hareketlerinin parazit sinyaller olmadığı ve delta frekans bandı üzerinde anlamlı bilgiler taşımakta olduğu bildirilmiştir. Yapılan bu çalışmada, hem Tablo 1 verileri hem de beyin haritalama çizimleri incelendiğinde çene hareketlerinin delta frekans bandı üzerinde anlamlı sinyaller meydana getirdiğini göstermekte olup literatürde yapılmış son çalışmalarla uyumludur.

En başarısız katılımcıya ait kayıtlarda temporal loblar üzerindeki delta değişimleri frontal loblardakine yakın bulunmuştur. Bu da katılımcının, konsantre olamadığı ve deney sırasında çevresel seslerden veya uyarıcılardan etkilenmiş olduğunu düşündürmüştür.
Çalışmada daha fazla katılımcıdan EEG sinyallerinin

kayıtlanması ve katılımcıların deneysel düzeni gerçekleştirmeleri konusunda önceden eğitilmeleri, elde edilen sonuçları daha da iyileştirebilir. Ayrıca, ilerleyen çalışmalarda kayıtlanan verilerin hasta katılımcılar üzerinden alınması da, araştırmanın çok daha verimli olmasını sağlayabilir.

SONUÇ

Çalışmada, 10 katılımcıdan çene hareketleri esnasında kayıtlanan EEG sinyallerindeki beyin dalgalarının birbirlerinden farklılığı araştırılmış ve hem Tablo 1'de elde edilen yüksek sınıflandırma sonuçları, hem de Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilen beyin haritalama sonuçları bu farklılığı destelemiştir. EEG sinyalleri üzerinde artifakt oluşturduğu düşünülen çene hareketlerinin, delta frekans bandı üzerinde anlamlı bilgiler taşımakta olduğu anlaşılmıştır. Bu sayede, tetraparezi olan kişilerin yeni bir bilgisayar arayüzü yardımıyla, çevrelerindeki cihazları açıp/kapatabilme gibi basit eylemleri yapabilmelerinin mümkün olabileceği ve böylece yaşam kalitelerinin arttırabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmanın daha önce araştırılmamış bir konu olması da literatür açısından önemlidir.

Diğer dikkat çekici bir sonuç ise normalde derin uykuda ve derin anestezi altında görülen delta dalgalarının çene hareketleriyle ortaya çıkmasıdır. Bu ikisi arasındaki mekanizmalarında sonraki çalışmalarda incelenmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada, deneysel düzen üzerinden yatay çene hareketleri sırasında EEG sinyallerinin kayıtlanması amacıyla gönüllü olarak katılıp destek vermiş olan Bozok Üniversitesi personellerine teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Wei L, Hu H, Yuan K. Use of forehead bio-signals for controlling an intelligent wheelchair. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2008 22; 108:113. doi:10.1109/ROBIO.2009.4912988

2. Wei L, Hu H, Lu T, Yuan K. Evaluating the performance of a face movement based wheelchair control interface in an indoor environment. IEEE International Conf. on Robotics and Biomimetics, 2010 14; 387:392. doi:10.1109/ROBIO.2010.5723358

3. Jeong JW, Yeo WH, Akhtar A, Norton JJ, Kwack YJ, Li S, et al. Materials and Optimized Designs for Brain-Machine Interfaces Via Epidermal Electronics. Advanced Materials. 2013; 25: 6839-6846.

4. Paul GM, Cao F, Torah R, Yang K, Beeby S, Tudor J. A smart textile based facial EMG and EOG computer interface. IEEE Sensors Journal. 2014; 14: 393-400.

5.Wei L, Hu H. A hybrid brain-machine interface for hands-free control of an intelligent wheelchair. International Journal of Mechatronics and Automation. 2011; 1: 97-111.

6. Rechy-Ramirez EJ, Hu H. Bi-modal human machine interface for controlling an intelligent wheelchair. IEEE Fourth International Conference on Emerging Security Technologies, 2013 9; 66-70. doi:10.1109/EST.2013.19

7. Costa A, Hortal E, Ianez E, Azorin JM. A supplementary system for a brain–machine interface based on jaw artifacts for the bidimensional control of a robotic arm. PLoS One. 2014; 9:e112352.

8. Linden M, Habib T, Radojevic V. A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities. Biofeedback and self-regulation. 1996; 21: 35-49.

9. Azami H, Sanei S, Mohammadi K. A novel signal segmentation method based on standard deviation and variable threshold. Journal of Computer Applications. 2011; 34: 27-34.

10. Specht DF. Probabilistic neural networks. Neural Networks. 1990; 3: 109-118.

11. Pérez A, Carreiras M, Duñabeitia JA. Brain-to-brain entrainment: EEG interbrain synchronization while speaking and listening. Scientific Reports. 2017; 7: 4190.

12. Estepp JR, Christensen JC, Monnin JW, Davis IM, Wilson, GF. Valid

13.ation of a dry electrode system for EEG. Proceedings of the Brain Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 2009; 53: 1171-1175.

14. Kappel SL, Looney D, Mandic DP, Kidmose P. Physiological artifacts in scalp EEG and ear-EEG. Biomedical Engineering Online. 2017; 16: 103.

15. Yong X, Ward RK, Birc GE. Facial EMG contamination of EEG signals: Characteristics and effects of spatial filtering. IEEE 3rd International Symposium on Communications, Control and Signal Processing. 2008 March 12; 729-734. doi:10.1109/ISCCSP.2008.4537319

16. Xiao D, Hu J. Identification of motor imagery EEG signal. International Conference on Biomedical Engineering and Computer Science (ICBECS). 2010 May 6; 546-550. doi:10.1109/ICBECS.2010.5462405

17. Huo X, Park H, Kim J, Ghovanloo M. A Dual-Mode Machine computer interface Combining Speec and Tongue Motion for People with Severe Disabilities. IEEE Trans. on Neural. Syst. and Reha. Engin. 2013; 21: 979-991.

18. Nam Y, Bonkon K, Choi S. Language-Related Glossokinetic Potentials on Scalp. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. 2014 5; 1063-1067. doi: 10.1109/SMC.2014.6974054

19. Nam Y, Koo B, Cichocki A, Choi S. GOM-Face: GKP, EOG, and EMG-Based Multimodal Interface with Application to Brainoid Robot Control. IEEE Trans. on Biomedical Engineering. 2014; 61: 453-462.

20. Gorur K, Bozkurt MR, Bascil MS, Temurtas F. Glossokinetic potential based tongue-machine interface for 1-D extraction. Australasian Physical & Eng. Sci. in Medicine. 2018; 41: 379-391.

21. Bascil MS. A New Approach on HCI Extracting Conscious Jaw Movements Based on EEG Signals Using Machine Learnings. Journal of Medical Systems. 2018; 42: 169.