



TIPTEKNO'17

TIP TEKNOLOJİLERİ KONGRESİ

12-14 Ekim 2017 / TRABZON

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Prof.Dr. Osman Turan Kongre Merkezi



Biyomedikal ve Klinik
Mühendisliği Derneği



Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Biyomalzeme 1

13 Ekim 2017 - 09.00-10.30 - Salon A

EEG Ölçümleri İçin Gümüş Aktif Kuru Tip Pinli Elektrot Tasarımı

The Design of Silver Active Dry with Pin Electrodes for EEG Measurements

Eda KARACAOĞLAN¹, Mahmut TOKMAKÇI¹

¹Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
{edakaracaoğlan, tokmakci}@erciyes.edu.tr

Özetçe— Elektroensefalografi (EEG) işaretlerinin genlik bilgileri oldukça küçük olduğundan algılanması sırasında gürültü bileşenlerinin az olması veri kaybının engellenmesi açısından önemlidir. Bu işaretlerin kayba uğradığı ilk kısım hasta üzerinden alınma aşamasıdır. Bu nedenle bu aşamada yapılacak bir iyileştirme işaret kalitesini oldukça artıracaktır. Bu sebeple EEG işaretleri alınırken hasta ile ölçüm sistemi arasındaki bağlantıyı sağlayan elektrotlar çok önemlidir. Literatürde ve klinikte kullanılan elektrot tipi, genellikle Ag-AgCl jelli elektrotlardır. Saçlı deride yapılan EEG çekimlerinde deri-elektrot arası empedansın yüksek olması alınan işaretlerde kayıplara ve fazla gürültü oluşmasına sebep olmaktadır. Hem işaret kalitesi hem de hasta konforu açısından alternatif bir elektrot sistemi tasarlanması gerekliliği doğmuştur. Bu amaçla “gümüş (Ag) aktif kuru tip pinli elektrot sistemi” tasarımı yapılmış ve referans jelli gümüş-gümüş klorür elektrotlar ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler — EEG, Elektrot tasarımı, Aktif elektrot

Abstract— Since, the amplitude information of EEG signals are very small, during the detection process of EEG signals lower noise components are important for preventing of data loss. The first time of data loss is detection process of EEG signals from the patient. So any improvement over this process increases the quality of signals. Because of that electrode which is providing the connection between patient and measurement system is very significant. The type of electrode that is used in literature and clinics is generally wet Ag-AgCl. The high impedance between the skin and the electrode causes data loss and too much noise in EEG signals that received from hairy site. In terms of signal quality and patient comfort, it is necessary to design an alternative electrode system. For this purpose, the “silver (Ag) active with pin electrode system” was designed and compared with the reference wet silver-silver chloride electrodes.

Keywords — EEG, Design of electrode, Active electrode.

I. GİRİŞ

EEG, kafatasına yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla alınan, beyin sinirsel faaliyetleri sonucu elde edilen biyoelektriksel işaretlerin izlenmesini sağlayan ölçüm yöntemidir. Diğer tüm biyomedikal işaretlerde olduğu gibi EEG işaretinde de vücuttan alınan işaret kuvvetlendirici yardımıyla kuvvetlendirilir ve gürültü bileşenlerinin yok edilmesi için filtreleme işleminden geçirilir. Buradaki amaç, ölçülen işaretin belirli bir frekans aralığında gürültüden arındırılmış ve işlenebilecek genlik bilgisine sahip hale getirilmesidir. EEG işaretleri $\pm 500\mu\text{V}$ genlik seviyelerinde ve 0-100 Hz frekans aralığında salınım yapan işaretler olduğundan doğru ölçülmesi ve kaydedilmesi oldukça zordur. Bu nedenle işaret ölçümünü olumsuz etkileyecek bileşenlerin ortadan kaldırılması büyük önem taşımaktadır[1].

Bu nedenle, bu çalışmada non-invasiv EEG ölçümleri için ölçüm sistemine EEG işareti taşıyacak olan kuru tip (jelsiz) elektrot sistemleri tasarlanmış ve jelli elektrot sistemiyle karşılaştırılmıştır. Geleneksel tip jelli gümüş-gümüş klorür (Ag-AgCl) elektrotlarla EEG ölçümü yapılması için, hastanın kafatasına elektrot yerleşimi yapılırken saçlı deriyi olabildiğince azaltmak gerekmektedir. Bu durumun uygulaması da oldukça zahmetli ve zaman kaybına yol açan bir işlemdir. “Gümüş (Ag) aktif pinli kuru tip elektrot sistemi” ile hasta konforunu artırmak ve hastayı hazırlama süresindeki kaybı en aza indirmek amaçlanmıştır[2]. Gümüş malzemenin yarı hücre potansiyeli, maliyeti ve kolay ulaşılabilirliği düşünülerek gümüş malzeme kullanılarak pinli yapıya sahip bir geometri kullanılarak EEG ölçümlerinde özellikle saçlı deriden alınan işaretlerde, deri elektrot arası empedans azaltılmıştır. Kuru tip elektrot kullanılması sebebiyle artan empedans farkından kaynaklanan işarettaki genlik düşümünü en aza indirmek için, enstrümantasyon kuvvetlendirici devre bloğu elektrotun hemen üzerine alınmıştır[3,4].

Biyomalzeme 1

13 Ekim 2017 - 09.00-10.30 - Salon A

Böylece elektrot bağlantı kayıpları azaltılmış ve sistemin kazancı artırılarak genlik değerindeki azalmalar bertaraf edilmiştir. Ayrıca EEG ölçümlerinde yaygın olarak kullanılan Ag-AgCl elektrotlar ile karşılaştırmalı analizleri yapılarak tasarlanan elektrot sisteminin özellikleri ortaya konmuştur.

I. METOT

Şekil 1'de frontal lobdan alınan EEG işaretlerinin farklı elektrotlarla eş zamanlı olarak denek üzerinden alınması gösterilmektedir. Biopac MP36 ölçüm sistemi kullanılarak jelli tip Ag-AgCl elektrot, Şekil 2'de gösterilen Ag kuru tip disk elektrotlar(a), Ag kuru tip pinli elektrotlar(b) ve Ag aktif kuru tip pinli elektrotlar(c) ile eş zamanlı olarak EEG işaretleri alınmıştır.

Bu işaretler, jelli Ag-AgCl elektrotlarla alınan işaretler referans alınarak karşılaştırılmıştır. Tasarlanan her bir elektrot ile klinikte sıklıkla kullanılan Ag-AgCl jelli elektrot karşılaştırılarak avantaj ve dezavantajları görülmüş ve elektrotların karşılaştırılması amacıyla alınan EEG ölçümleri eş zamanlı olarak alındığından işaretlerin birbirine girişim yapmasını önlemek amacıyla karşılaştırmalar ikişerli gruplar halinde yapılmıştır.

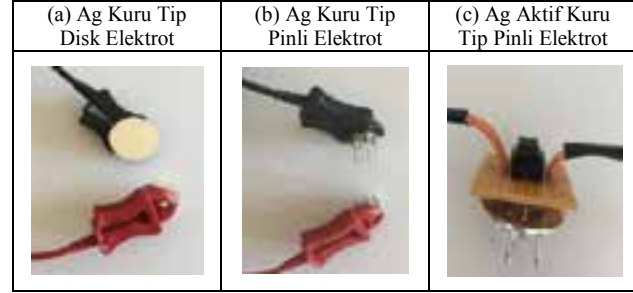
Jelli Ag-AgCl elektrotlar ile Ag kuru tip disk elektrotlarla 10-20 elektrot yerleşim sistemi adlandırmasına göre isimlendirilen Fp1-F7 kanalları arası frontal lobdan deneğin gözleri kapalı durumdayken eş zamanlı olarak alınan EEG işaretleri de Şekil 3'te görülmektedir.

Jelli Ag-AgCl elektrotlar ile Ag kuru tip pinli 10-20 elektrot yerleşim sistemine göre adlandırılan Fp1-Fp2 kanalları arası frontal lobdan deneğin gözleri kapalı durumdayken eş zamanlı olarak alınan EEG işaretleri de Şekil 4'te görülmektedir.

Jelli Ag-AgCl elektrotlar ile Ag kuru tip pinli 10-20 elektrot yerleşim sistemine göre adlandırılan Fp1-Fp2 kanalları arası frontal lobdan deneğin gözleri kapalı durumdayken eş zamanlı olarak alınan EEG işaretleri de Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 1. Farklı tip elektrotlar ile eş zamanlı alınan EEG elektrotlarının denek üzerine yerleştirilmesi



Şekil 2. Tasarımı yapılan elektrot tipleri

II. ANALİZ SONUÇLARI

Tasarlanan üç farklı elektrot tipiyle, jelli tip Ag-AgCl elektrotun karşılıklı analizlerini yapmak için eş zamanlı olarak alınan EEG işaretlerinin çapraz korelasyon analizi ve tutarlılık analizi yapılmıştır. Ayrıca bu işaretlerin güç spektrumları karşılaştırılmıştır. Denklem (1)'de verilen korelasyon analizi iki farklı işaret arasındaki ilişkiyi yüzdelik olarak hesaplama imkanı sunmaktadır. Denklem (1)'de x ile ifade edilen değer karşılaştırılan işaretlerden birinin genlik değeri iken y değeri karşılaştıran diğer işaretin aynı örnek için genlik değerini ifade etmektedir. Denklem (1)'de r ifadesi korelasyonu ifade ederken, n ile gösterilen ifade ise işaretlerin toplam örnek sayısını temsil etmektedir[5].

$$r = \frac{\sum x \cdot y - (\sum x)(\sum y)/n}{(\sum x^2 - (\sum x)^2/n) \cdot (\sum y^2 - (\sum y)^2/n)} \quad (1)$$

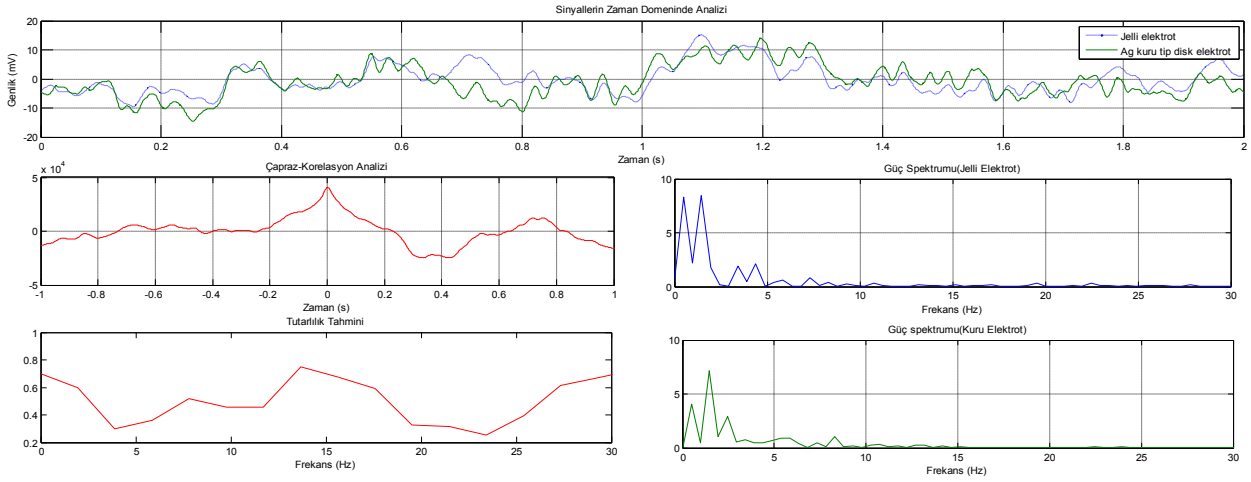
Buna göre, tasarımı yapılan ve Şekil 2'de gösterilen, kuru tip; Ag disk elektrot, Ag pinli elektrot ve Ag aktif pinli elektrot yapılarının Ag-AgCl jelli elektrotla eş zamanlı alınan EEG işaretlerinin korelasyonları Tablo 1'de özetlenmiştir. Şekil 3'te eş zamanlı olarak çizdirilen jelli tip elektrot ile kuru tip disk elektrot üzerinden alınan EEG işaretlerinin analizleri sonucu elde edilen grafikler gösterilmiştir. Çapraz korelasyon analizine göre de bu işaretler arası korelasyon vardır. Fakat EEG işaretlerinin hızlı değişkenliği sebebiyle bu korelasyon daha düşük değerdedir. Tutarlılık tahmini analizine göre; frontal lobdan alınan EEG işaretlerinin doğası gereği oldukça düşük frekans değerlerine sahip olduklarından sifıra yakın frekans değerlerinde iki işaret daha yüksek korelasyona sahiptir, EEG işaretinin frekans aralığının dışındaki frekanslardaki tutarlılığın yüksek olduğu frekanslar ise gürültü bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. İşaretler eş zamanlı ve eş kaynaktan alındığından bu durum kaçınılmazdır.

1. elektrot tipi	2. elektrot tipi	Korelasyon
Ag-AgCl Jelli Elektrot	Ag Kuru Tip Disk Elektrot	0.7212
	Ag Kuru Tip Pinli Elektrot	0.5819
	Ag Aktif Kuru Tip Pinli Elektrot	0.8314

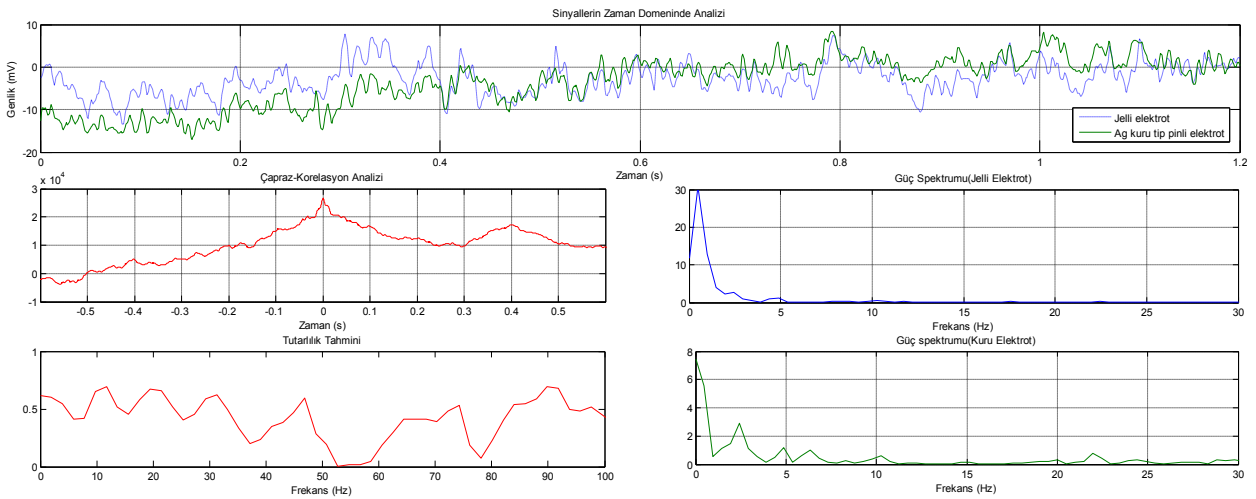
Tablo 1. Farklı tip elektrotlardan alınan EEG işaretlerine ait korelasyon değerleri

Biyomalzeme 1

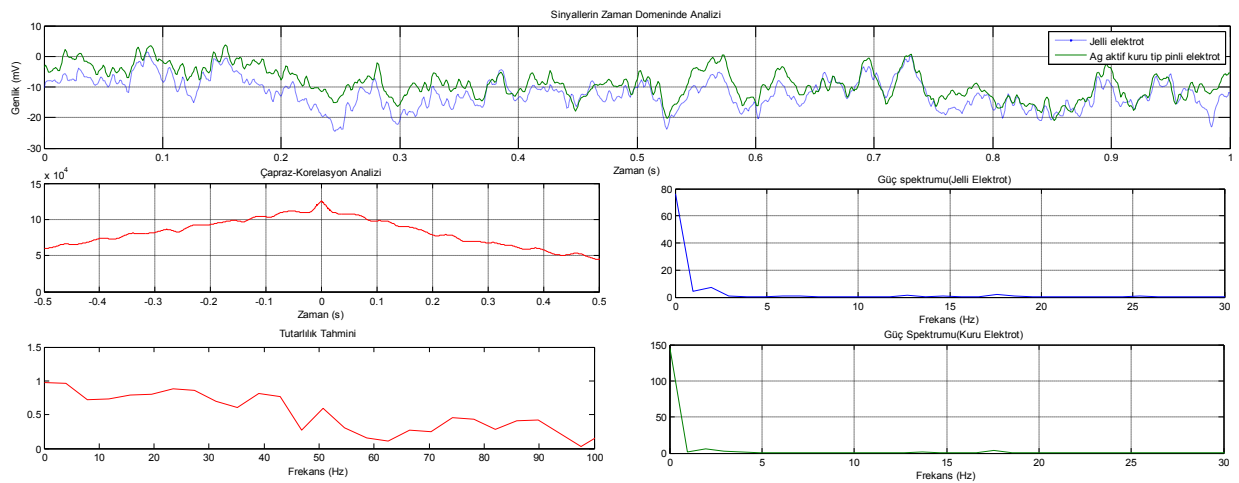
13 Ekim 2017 - 09.00-10.30 - Salon A



Şekil 3. Jelli Ag-AgCl elektrotlar ile Ag kuru tip disk elektrotlar kullanılarak eş zamanlı olarak alınan EEG işaretleri



Şekil 4. Jelli Ag-AgCl elektrotlar ile Ag kuru tip pinli elektrotlar kullanılarak eş zamanlı olarak alınan EEG işaretleri



Şekil 5. Jelli Ag-AgCl elektrotlar ile Ag aktif kuru tip pinli elektrotlar kullanılarak eş zamanlı olarak alınan EEG işaretleri



TIP TEKNO'17

TIP TEKNOLOJİLERİ KONGRESİ

12-14 Ekim 2017 / TRABZON

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Prof.Dr. Osman Turan Kongre Merkezi



Biyomedikal ve Klinik
Mühendisliği Derneği



Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Biyomalzeme 1

13 Ekim 2017 - 09.00-10.30 - Salon A

Şekil 3'te iki farklı elektrot tipi ile alınan EEG işaretlerini güç spektrumları çizdirilerek işaretlerin aynı frekans aralığında yüksek güce sahip olduğu görülmüştür. Bu durum ise alınan işaretlerin oldukça benzer olduğunun göstergesidir.

Şekil 4'te eş zamanlı olarak çizdirilen jelli tip elektrot ile kuru tip pinli elektrot üzerinden alınan EEG işaretlerinin analizleri sonucu elde edilen grafikler gösterilmiştir. Çapraz korelasyon analizine göre; Şekil 3'te görülen disk elektrot ile alınan EEG işaretine göre korelasyon daha düşüktür. Tutarlılık tahmini analizine göre; 50-60 Hz frekans aralığı hariç diğer frekans aralıklarında işaretlerin tutarlılığı vardır. Fakat Şekil 4'te görülen grafiğe göre bu tutarlılık durağan olmadığından yine bu elektrot tipinde iyileştirme yapılması gerekmektedir.

Şekil 4'te iki farklı elektrot tipi ile alınan EEG işaretlerini güç spektrumları çizdirilerek işaretlerin aynı frekans aralığında yüksek güce sahip olduğu görülmüştür. Bu durum ise alınan işaretlerin frekans bilgisi açısından oldukça benzer olduğunun göstergesidir.

Şekil 5'te eş zamanlı olarak çizdirilen jelli tip elektrot ile Ag aktif kuru tip pinli elektrot üzerinden alınan EEG işaretlerinin analizleri sonucu elde edilen grafikler gösterilmiştir. Çapraz korelasyon analizine göre; Şekil 3 ve Şekil 4'te görülen pinli ve disk elektrot ile alınan EEG işaretlerinin çapraz korelasyon katsayılarına göre daha yüksek korelasyon elde edilmiştir. Tutarlılık tahmini analizine göre; EEG frekans sahasında işaretler arası korelasyon daha yüksek olduğundan işaretlerin tutarlılığı da 1 değerine yakın olarak değişimi uğrarken daha yüksek frekans aralıklarında 0 değerine yakın değişime uğramaktadır. Şekil 5'te iki farklı elektrot tipi ile alınan EEG işaretlerini güç spektrumları çizdirilerek işaretlerin aynı frekans aralıklarında yüksek güce sahip olduğu görülmüştür. 0-2 Hz frekans aralığında yüksek güce sahip olan bu işaretlerin frekans bilgisi açısından oldukça benzer olduğu görülmektedir.

III. SONUÇ

Tasarlanan elektrot, jelsiz olması sebebiyle hasta konforunu artırmayı ve hasta hazırlama sürecini kolaylaştırıp hızlandırmayı sağlamıştır. Tasarımı yapılan elektrot tipi için gümüş malzeme kullanılmıştır. Böylece biyouyumlu, yarı hücre potansiyeli açısından vücut ile ölçüm sistemi arasında bir köprü vazifesi görebilecek, kolay ulaşılabilir ve maliyeti düşük bir malzeme seçimi yapılmıştır. Ayrıca tasarımı yapılan elektrot geometrisi, pinli yapıya sahip olduğundan özellikle saçlı deride yapılan EEG çekimleri için elektrot ile deri arası etkileşim artırılarak işaret genliğindeki düşümün azaltılması sağlanmıştır. Pinli yapıyla birlikte gelecek olan elektrotun hasta hareketleri nedeniyle oluşacak artefaktlardan daha kolay etkilenmesi, deri ile temas eden toplam elektrolit alanın azalması sebebiyle işaret genliğindeki düşümü gibi olumsuz etkileri de ortadan kaldırmak amacıyla EEG

ölçüm sistemi girişindeki kuvvetlendirme ünitesi elektrot tasarımının hemen üzerine alınmıştır. Böylece, jelsiz pinli aktif tip elektrot tasarımı yapılarak hasta üzerinden alınacak işaretteki elektrot kaynaklı genlik düşümlerinin en aza indirilmesi ve hasta konforunun artırılması sağlanmıştır. Tasarımı yapılan elektrotlarla klinikte sıklıkla kullanılan jelli Ag-AgCl elektrotların farklı yöntemlerle analizleri yapılarak tasarlanan elektrotların avantaj ve dezavantajları göz önüne konmuştur.

EEG işaretlerinin alınması sırasında hasta konforunu, uzun süreli ölçümlerde deri elektrot arası empedans farkından kaynaklanan stabilizasyonu, hastayı hazırlama süresinin uzunluğunu göz önünde bulundurarak klinikte aktif olarak kullanılan jelli tip Ag-AgCl elektrotlara alternatif bir elektrot tasarımı gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Chen, Yun-Hsuan, et al. "Soft, comfortable polymer dry electrodes for high quality ECG and EEG recording." *Sensors* 14.12 (2014): 23758-23780.
- [2] Liao, Lun-De, et al. "Design, fabrication and experimental validation of a novel dry-contact sensor for measuring electroencephalography signals without skin preparation." *Sensors* 11.6 (2011): 5819-5834.
- [3] Salvo, Pietro, et al. "A 3D printed dry electrode for ECG/EEG recording." *Sensors and Actuators A: Physical* 174 (2012): 96-102.
- [4] Huang, Yan-Jun, et al. "Novel active comb-shaped dry electrode for EEG measurement in hairy site." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 62.1 (2015): 256-263.
- [5] Benesty, Jacob, et al. "Pearson correlation coefficient." *Noise reduction in speech processing*. Springer Berlin Heidelberg, 2009. 1-4.