

EPİLEPTİK DİKEN VERİLERİNİN İNCELENMESİ VE MANYETİK ALAN BENZETİMİ

Gökhan ŞENGÜL¹⁾, Uğur BAYSAL¹⁾, Süha YAĞCIOĞLU²⁾
Hacettepe Üniversitesi

¹⁾ Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Beytepe, ANKARA
sengul@ee.hacettepe.edu.tr, ubaysal@hacettepe.edu.tr

²⁾ Tıp Fakültesi, Biyofizik Anabilim Dalı, Sıhhiye, ANKARA
suha@hacettepe.edu.tr

Özet: Bu çalışmada bir epilepsi hastasından EEG verileri ve hastanın gerçekçi kafa modelini oluşturmak üzere MRI görüntüleri alınmıştır. Alınan MRI görüntülerinden hastanın; beyin, kafatası ve kafa derisi olmak üzere 3 kompartmanlı kafa modeli oluşturulmuş, EEG ve gerçekçi kafa modeli kullanılarak epilepsiye neden olan aktivite kaynağı belirlenmiştir. Aktivite kaynağının belirlenmesinde farklı algoritmalar kullanılmış ve sonuçlar arasındaki farklar ve benzerlikler ortaya konmuştur. Epilepsiye neden olan aktivite kaynağının belirlenmesi ile doktorların bu hastalığın teşhis ve tedavisini daha kolay gerçekleştirebileceği düşünülmektedir. Son olarak kaynak yerleştirimi sonucu elde edilen dipollerden kafa yüzeyindeki manyetik alanların benzetimi yapılmıştır.

Giriş

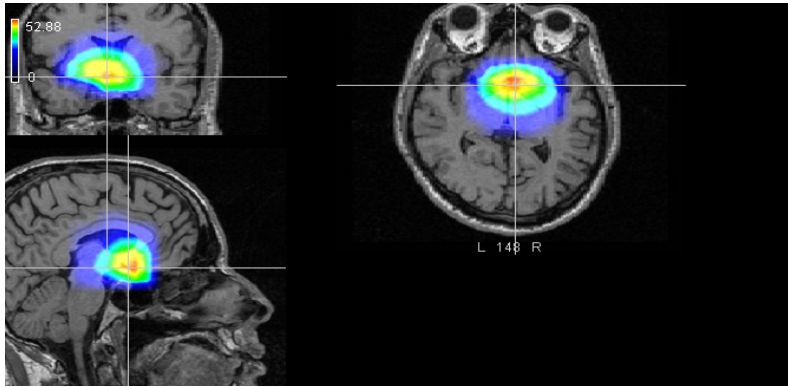
Milyarlarca sinir hücresi, bunların uzantıları ve aradaki destek dokularından oluşan beyin, tüm duyu ve hareketleri kontrol eden çok hassas bir organdır. Her sinir hücresi elektrik akımı üretme ve bunu diğer hücrelere iletme yeteneğine sahiptir. Beyin, bu yolla oluşan iletici sayesinde işlevini yürütür. Beyin hücreleri arasındaki uyumlu çalışma, elektriksel sinyallerle sağlanır. Beynin ürettiği bu elektriksel sinyallerde oluşabilecek anormallikler sinir hücrelerinin iletişimi engeller ve buna bağlı olarak çeşitli beyin problemleri ortaya çıkar. Beyindeki elektriksel faaliyetlerin düzensizliği sonucu ortaya çıkan bu problemlerin arasında en çok rastlanan epilepsidir. Epileptik nöbet (sara), beyindeki hücrelerin kontrol edilemeyen, ani, aşırı ve anormal deşarjlarına bağlı olarak ortaya çıkan bir durumdur. Nöbetin nedeni, bir tür beklenmeyen elektriksel uyarı olarak düşünülebilir. Kısaca; epileptik nöbet beynin kuvvetli ve ani elektriksel boşalımı sonucu oluşan kısa süreli ve geçici bir durumdur. Epilepsi, dünyanın her bölgesinde, erkek ve kadında, her türlü ırkta ve yaklaşık 100 kişide bir oranında görülebilen bir hastalıktır.

Beyin ile ilgili yapılan ölçümleri iki başlıkta toplamak mümkündür: Anatomik görüntüleme uygulamaları vasıtasıyla yapılan ölçümler ve beyin işlevini anlamaya yönelik yapılan ölçümler. EEG ve MEG, insan kafasının dış yüzeyindeki elektromanyetik sinyalleri müdahalesiz (noninvasif) teknikler kullanarak ölçen ve bu sinyaller vasıtasıyla elektriksel aktivitelerin kaynağının belirlenmesini sağlayan tekniklerdir. Diğer işlevsel görüntüleme tekniklerinin dışında elektroensefalogram (EEG) ve manyetoensefalogram (MEG), 100 ms'nin altında zamansal çözümü sağlarlar [1]. Bilgisayarlı Tomografi (CT), Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) gibi anatomik görüntü sağlayan sistemlerin yanısıra fizyolojik görüntü elde etmeye yönelik Pozitron Emisyon Tomografisi (PET), Tek Foton Emisyon Bilgisayar Tomografisi (SPECT) ve fonksiyonel Manyetik Rezonans Tomografisi (fMRI) gibi dinamik görüntüleme sistemleri de mevcuttur. Bu dinamik görüntüleme tekniklerinin hiçbiri zamansal çözümü olarak birkaç yüz ms düzeyinin altına inmemiştir. Beyinde oluşan bir epileptik dalganın 10-100 ms veya bir algı sürecinin 100-300 ms içinde olduğu düşünülürse, bu dinamik görüntüleme tekniklerinin yetersiz olduğu kabul edilebilir. Bu nedenle işlevi oluşturan elektriksel süreci doğrudan işleyen ve zamansal çözümü güçlü milisaniyeler düzeyinde olan elektriksel alan (EEG) veya manyetik alan (MEG) deri-üstü ölçüm teknikleri beyin dinamik etkinliğinin izlenmesinde en etkili yöntemlerdir. Elektriksel alan ölçümlerinden yola çıkarak elektriksel dipol kaynaklarının yerlerinin saptanmasına kaynak yerleştirimi (source localization) adı verilmektedir. Kaynak yerleşimi uygulamaları, algılama ve kavrama süreçlerinin mekanizmasını anlamaktan beyin normal işlevlerini azaltan ya da tamamen sonlandıran patolojilerin karakterize edilmesine kadar geniş bir alana yayılır. Kaynak yerleşimi, normal ve patolojik beyin işlevlerinin altında yatan elektrofizyolojik, metabolik, nörokimyasal süreçlerin müdahalesiz görüntülenmesi yoluyla insan beyninin daha

iyi anlaşılmasını sağlayan bir disiplinler arası araştırma alanı ve normal durumda çalışan bir beynin sinir sistemi ile ilgili işleyişini anlamayı kolaylaştıran etkin bir araçtır [2].

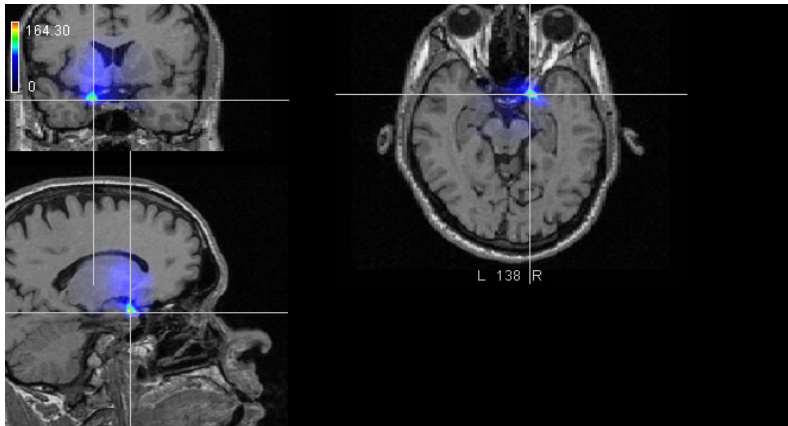
Veriler ve Yöntemler: Doğru ve hassas bir kaynak yerelleştirimi yapılabilmesi için hastaya ait biyoelektromanyetik alan verilerinin (EEG ve/veya MEG) verilerinin yanında gerçekçi kafa modelini oluşturabilmek için hastanın MRI görüntülerine ve ayrıca da EEG verilerinin alındığı elektrotların üç boyutlu (3B) uzaydaki konumlarına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada; Curry yazılımı ile örnek olarak sunulan ve bir epilepsi hastasından alınan EEG verileri alınmıştır. Veri alınırken kullanılan elektrotların 3Blu uzaydaki konumları ise 3B koordinat belirleyici kalemler (3-D digitizer) vasıtası ile ölçülmüştür. Hastaya özel hacim iletken modeli oluşturabilmek için hastanın kafasının 1 mm aralıklarla MR görüntüleri çekilmiştir. Bu MR görüntülerinden hareketle hastanın kafa derisi, kafa tası ve beyin olmak üzere 3 bölümlü gerçekçi kafa modeli, ASA™ (Advanced Source Analysis, Ant Software) yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Doku özdirençleri kafa derisi ve beyin için 0.3300 S/m ve kafatası için 0.0175 S/m olarak seçilmiştir. Bu değerler literatürde ortalama değerler olarak yaygın olarak kullanılmaktadır [3] Gerçekçi kafa modeli, doku özdirençleri, EEG verileri ve elektrotların 3 boyutlu uzaydaki konumları biraraya getirilmiş ve bu verilerin tamamı kullanılarak çeşitli algoritmalar ile kaynak yerelleştirimi yapılmıştır.

LORETA ile Kaynak Yerelleştirimi: LORETA, “Low Resolution Brain Electromagnetic Tomography” kelimesinin kısaltmasıdır. LORETA’da beyin yüzeyinde belirli aralıklarla dipollerin olduğu varsayılır ve bu dipollerin genlikleri bulunmaya çalışılır [4]. LORETA algoritması kullanılarak elde edilen kaynak yerelleştirimi sonuçları aşağıdaki şekilde verilmiştir:



Şekil 1- LORETA ile Kaynak Yerelleştirimi

MUSIC (Multiple Signal Classification): MUSIC algoritması da LORETA gibi ayrık sinyal uzayı yaklaşımını kullanır. Bu algoritmada gürültü uzayına dik test dipolleri için konum bulunmaya çalışılır. Bu algoritmanın zaman bakımından birbiriyle ilişkili iki aktif kaynağın olması durumunda başarısız olduğu görülmüştür [5]. MUSIC ile elde edilen kaynak yerelleştirimi sonuçları aşağıda verilmiştir.

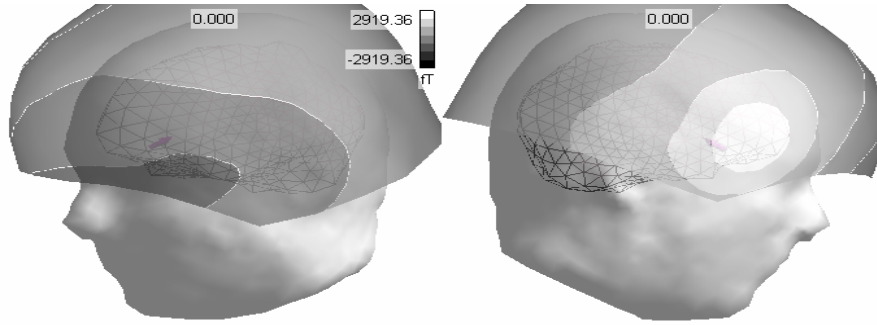


Şekil 2 – MUSIC ile Kaynak Yerelleştirimi

Tek bir dipol varsayımı ile kaynak yerelleştirimi: LORETA ve MUSIC, beyin üzerinde belirli noktalarda dipollerin olduğunu varsayarak bu dipollerin genliklerini bulmayı hedeflemiştir. Tek bir aktif dipolün bulunduğu varsayımlarla kaynak yerelleştirimi yapılmasına dipol yerelleştirimi (dipol fit) denir [6]. Tek bir aktif dipolün olduğu varsayımı ile gerçekleştirilen kaynak yerelleştirimi sonuçları aşağıda verilmiştir:

Dipol Türü	x (mm)	y (mm)	z (mm)
Sabit Dipol	26.1	-20.9	25.8
Dönümlü Dipol	26.7	-20.9	25.0
Hareketli Dipol	27.9	-37.0	16.0

Manyetik alan Benzetimi: Bu bölümde kaynak yerelleştirimi sonucu elde edilen dipollerden hareketle manyetik alan benzetimi yapılmıştır. Manyetik alan benzetimi, kafa derisi üzerinde 128 noktada gerçekleştirilmiştir. Elde edilen manyetik alan haritası Şekil -3'te verilmiştir.



Şekil 3 –Manyetik alan benzetimi

Sonuçlar ve Tartışma: Bu çalışmada bir epilepsi hastasından alınan EEG verileri ile kaynak yerelleştirimi yapılmıştır. Bilindiği üzere epilepsi, beynin normal dışı elektriksel faaliyetleri olarak tanımlanabilir. Kaynak yerelleştirimi sonucu epilepsiye neden olan normal dışı elektriksel faaliyetlerin konumları bulunmuştur. Bu çalışmaya konu olan hasta için epilepsiye neden olan bölgenin beyin sağ alt tarafında derinlerde bir bölümün olduğu bulunmuştur. Kaynak yerelleştirimi için LORETA, MUSIC ve dipol yerleştirimi algoritmaları kullanılmış ve hepsinde beyin aynı bölgesinin aktif olduğu bulunmuştur. Sonuçlar bu nedenle birbirine tutarlıdır. Epilepsiye neden olan aktivite kaynağının belirlenmesinin bu hastalığın teşhis ve tedavisinde klinisyenlere yardımcı olacağı düşünülmektedir. Çalışmanın son bölümünde epilepsiye neden olan dipollerden hareketle manyetik alan benzetimi yapılmıştır. Ülkemizde MEG cihazı olmaması nedeniyle manyetik alan ölçümleri yapılamamaktadır. Burada yapılan benzetim ile bir epilepsi hastasının kafa yüzeyi manyetik alanı ölçülebildiği takdirde nasıl bir veri beklenmesi gerektiği gösterilmiştir.

Teşekkür: Bu çalışma Devlet Planlama Teşkilatı 03 K 120 570-05-3 ve Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi 02 02 602 009 no.lu projeler ile desteklenmiştir. Ayrıca katkılarından dolayı H. Ü. Tıp Fakültesi Psikiyatri Anabilim Dalı'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar:

- [1] Michel M. C., Murray M. M., Lantz G., Gonzakez S., Spinelli L., Grave de Peralta L., "EEG source imaging", *Clinical Neurophysiology*, 2004, Sayı: 115, Sayfa: 2195-2222.
- [2] Darvas F., Pantazis D., Kucukaltun-Yildirim E. ve Leahy R. M., "Mapping human brain function with MEG and EEG: methods and validation", *NeuroImage* sayı 23, sayfa: 289-299, 2004.
- [3] Haueisen J, Ramon C, Eiselt M ve Brauer H "Influence of tissue resistivities on neuromagnetic fields and potentials studied with a finite element model of the head" *IEEE Trans. Biomed. Eng.sayı: 44* 727-35, 1997.
- [4] Pascual-Marqui R.D., "Review of models for solving the EEG inverse problem", *Int. J. Bioelectromag.*, 1999, Sayı: 1 Sayfa :75-86.
- [5] Mosher J.C., Lewis P.S., ve Leahy R.M. "Multiple dipole modeling and localization from spatio-temporal MEG data" *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 1992 Sayı: 39 Sayfa: 541-557.
- [6] Scales J. ve Smith M., "Introduction to inverse problems", *Geophysical Inverse Theory*, Samizdat Press, 1998.