

T.C
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BEYİN DALGALARI İLE ÖĞRENME VE HAFIZA ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Bayram Ali YILDIZ

Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin
Fizyoloji Programı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Şerif DEMİR

DÜZCE
2006

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü,

Bu alışma jürimiz tarafından Fizyoloji Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı Yrd. Doç. Dr. şerif DEMİR

Üye Yrd. Doç. Dr. M. Fatih GÖKÇE

Üye Prof. Dr. Meryem AM

ONAY:

Bu tez Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Yönetim Kurulu'nun kararıyla kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Murat DÖŐOĐLU
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yazar bu çalışmanın gerçekleşmesine katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür eder. Yüksek Lisans Eğitimim boyunca yakın ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlanma imkanı sunan, bu teze ait yorum ve düzeltmelerin yapılmasındaki katkılarından, hoşgörüsü ve iyi niyetiyle de destek olan değerli hocam Yrd.Doç.Dr.M. Fatih GÖKÇE'ye, bu tezin planlanması, içeriğinin oluşturulması, teze ait yorum ve düzeltmelerin yapılması ve tezin her aşamasındaki katkılarından dolayı danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Şerif DEMİR'e, çalışmam boyunca teze ait kaynakların sağlanması ve çevirilere katkılarından dolayı A.İ.B.Ü Düzce Tıp Fakültesi Kardiyoloji Bölümünden Dr. Serhat SÖZEN'e, tez çalışmam boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen Fizyoloji bölümü Yüksek Lisans öğrencisi değerli arkadaşım Hayriye SOYTÜRK'e ve Histoloji ve Embriyoloji bölümü Yüksek Lisans öğrencisi değerli arkadaşım Ümit KILIÇ'a, tez çalışmam boyunca mesai saatlerimin ayarlanmasında ve desteklerinden dolayı A.İ.B.Ü Düzce Tıp Fakültesi Acil Servis çalışma arkadaşlarıma, bana her zaman maddi ve manevi destek olan ve benden hiçbir zaman sevgi ve desteklerini eksik etmeyen aileme, tezin yazım aşamasında göstermiş olduğu çabalarından dolayı arkadaşım Abdullah KORKMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Son yıllarda beyin dalgaları ile öğrenme ve hafıza arasındaki ilişkiyi göstermeye yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Alfa dalgalarının beyin istirahat halini, beta dalgalarının ise beynin aktif halini ifade ettiği bilinmektedir. Son dönemde yapılan çalışmalarda alfa dalgalarının amplitüdlerinin demanslı hastalarda düştüğü ifade edilmiştir. Biz de bu çalışmamızda bundan yola çıkarak normal insanların öğrenme ve hafıza becerileri ile alfa dalgaları arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmayı amaçladık. Bu amaçla üniversite giriş puanları farklı olan Tıp Fakültesi, Orman Fakültesi ve Hemşirelik bölümünden gönüllü olarak yaşları 17 ile 27 arasındaki öğrenciler seçildi. Seçilen öğrenciler tıp fakültesi, orman fakültesi ve hemşirelik olarak üç gruba ayrıldı. Öğrencilerin Elektroensefalografileri (EEG) uygun koşullar altında 10'ar dakika kaydedildi. Kayıtlar oksipital bölgeye yerleştirilen iki yüzeyel elektrot aracılığıyla PowerLab/8SP AD instruments cihazıyla alındı. EEG çekilmeden önce öğrencilere gerekli açıklamalar yapılarak bilgilendirildi. Ayrıca her öğrencinin bir önceki eğitim-öğretim yılının ders notu ortalamaları kaydedildi. Bu çalışmada beyin dalgaları ile öğrenme ve hafıza arasındaki ilişki incelenmiştir.

Tıp fakültesi, orman fakültesi ve hemşirelik bölümlerinin hem frekans ($p=0.049$), hem de genlik ortalamaları ($p=0.005$) arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. Gruplar arası fark incelendiğinde, frekans bakımından tıp fakültesi ve hemşirelik bölümlerinin anlamlı düzeyde farklı olduğu ($p=0.017$) ve tıp fakültesi öğrencilerinin frekans ortalamasının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun dışında frekans ölçümlerinde anlamlı farka rastlanmamıştır. Genlik ölçümleri dikkate alındığında ise hemşirelik bölümü öğrencilerinin hem tıp ($p=0.022$) hem de orman fakültesi öğrencilerinden anlamlı düzeyde düşük genliğe sahip olduğu görülmüş ancak orman ve tıp fakülteleri arasında anlamlı farkın olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak alfa dalgasının frekans ve genliğinin artmasının yada azalmasının zeka üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Elektroensefalografi, beyin dalgaları, öğrenme ve hafıza, frekans, genlik.

ABSTRACT

Numerous research on the relationship between brain waves and learning&memory functions are being reported during the recent years. It's know that alpha waves indicates mental resting condition whereas beta waves represents the alert state of mental activity. In recent studies it has been reported that the amplitude of alpha waves decrease in dementia. In our study we aimed to show the relationship between alpha waves and learning&memory function in mentally normal patients. For this purpose, students aged between 17-27 with different universty access scores in medical, nursing, and forentry faculties were included in the study. Students are divided into 3 groups according to their faculties. EEG recordings of the students were taken for about 10 minutes for each student using superficial occipital electrodes connected to a PowerLab/8SpAD digital recording setup. All students are informed before EEG recordings. For all subjects, the avarage test scores during the last educational year were also recorded. Recorded brain waves were then compared with each individulas test scores.

There was a significant relationship between frequency ($p=0,005$) of medical faculty, forestry faculty and nursing school. It was also apparent that the frequencies of the students of medical faculty and nursing schools different from each other significantly. ($p=0,017$). It was also evident that the medical faculty students have significantly higher frequency mean values. Except this situation there was no significant frequency differences. When amplitude measurements are evaluated, it's found that nursing school students have lower amplitudes than medical ($p=0.022$) and forentry faculty students and somehow similar amplitude values when compared to forestry and medical faculty students. As a result, any increase or decrease in alpha wave frequency or amplitude may be not related to educational success and university exam scores.

Key Words: Electroencephalography, brain waves, learning and memory, frequency, amplitude.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER.....	x
TABLolar.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	4
2.1.Beyin Korteksindeki Hücrelerin Özellikleri.....	5
2.2. Beyin Korteksinde Bulunan Hücre Grupları.....	6
2.3. Korteksteki Duraklatıcı Sinapslar.....	8
2.4. Piramidal Hücrelerin Deşarj Özellikleri.....	8
2.5. Dendritlerde Bulunan Trigger Bölgeleri.....	9
2.6. Glia Hücrelerinin Yeri ve Önemi.....	10
2.7. EEG (Elektroensefalogram).....	11
2.7.1. Elektroensefalogramın Anlamı.....	14
2.7.2. Alfa Dalgaları.....	17
2.7.3. Alfa ritminin frekansım yavaşlatan faktörler.....	17
2.7.4. Beta Ritmi.....	17
2.7.5. Teta Dalgaları.....	19
2.7.6. Delta dalgaları.....	19
2.7.7. Yapılarına Göre EEG Dalgaları.....	19
2.8. Uyarılma Potansiyelleri.....	20
2.9. Optik Görüntüleme.....	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	23
3.1. İstatistiksel Analiz.....	26
4. BULGULAR.....	27
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	38

6. KAYNAKLAR.....	43
-------------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR

CCK	:Kolesistokinin
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
cm ³	: Santimetreküp
ECoG	: Elektrokortikogram
EEG	: Elektroensefalografi
ERD	: Event-Related Desynchronization
ERS	: Event-Related Synchronization
GABA	: Gama amino bütirik asit
Hz	: Hertz
IAF	: Individual Alpha Frequence (Kişisel Alfa Frekansı)
IQ	: Intelligence Quotient (Zeka Testi)
LSD	: Least Significant Difference
mm	: Milimetre
MRI	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
μv	: Mikrovolt
p	: İstatistiksel Yanılma Payı
PET	: Pozitron-Emisyon Tomografi
PCO ₂	: Karbondioksit Parsiyel Basıncı
sn	: Saniye
VIP	: Vazoaktif İntestinal Polipeptid

ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 2.1. Beyin korteksinde bulunan başlıca hücre tipleri ve hücreler arası bağlantılar.....	6
Şekil 2.2. Ekstrasellüler kayıtların polaritesi (hücre içi ve hücre dışı kayıt).....	13
Şekil 2.3. Saçlı deriden alınan kayıtlar ve bunların temelini oluşturan sinaptik mekanizmalar.....	13
Şekil 2.4. EEG elektrotlarının saçlı derideki yerleşim yerleri.....	16
Şekil 2.5. İnsanda, istirahat esnasında, farklı kortikal alanlardan yazdırılan spontan elektrik aktivitesi.....	18
Şekil 2.6. Uzak alan potansiyelleri ile duyuşal uyarılma potansiyelleri	21
Şekil 3.1. PowerLab/8SP AD instruments.....	24
Şekil 3.2. EEG kaydı alınırken bilgisayar ekranındaki görüntü ve PowerLab/8SP AD instruments.....	24
Şekil 3.3. Oksipital bölgeden alınan EEG kaydı sırasında elektrotların saçlı derideki konumları.....	25
Şekil 3.4. Tam istirahat halinde gözler kapalı bilinç açık olarak alınan EEG kaydı..	25
Şekil 4.1.a) Orman fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.....	31
Şekil 4.1.b) Orman fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.....	31
Şekil 4.2.a) Tıp fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.....	32
Şekil 4.2.b) Tıp fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.....	32
Şekil 4.3.a) Hemşirelik öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.....	33
Şekil 4.3.b) Hemşirelik öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.....	33

TABLolar

	Sayfa
Tablo 2.1. Eksitator ve inhibitör Potansiyellerin Kaydında Sapmaların Yönü.....	14
Tablo 2.2. Frekanslarına Göre EEG Dalgaları.....	15
Tablo 4.1. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans ve genliklerine ait tanımlayıcı bilgiler.....	28
Tablo 4.2. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünün Post Hoc testi ile karşılaştırıldığındaki istatistiksel değerler.....	28
Tablo 4.3. Frekans değerlerinin ÖSS puanlarına göre düzeltilmiş ortalama ve standart hata değerleri.....	29
Tablo 4.4. Genlik değerlerinin ÖSS puanlarına göre düzeltilmiş ortalama ve standart hata değerleri.....	29
Tablo 4.5. Tıp fakültesi kız öğrencileriyle hemşirelik öğrencilerinin frekanslarının karşılaştırılması.....	30
Tablo 4.6. Tıp fakültesi kız öğrencileriyle hemşirelik öğrencilerinin genliklerinin karşılaştırılması.....	30
Tablo 4.7. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların genlik değerlerinin birlikte gösterilmesi.....	34
Tablo 4.8. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans değerlerinin birlikte gösterilmesi.....	34
Tablo 4.9. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans değerlerinin ayrı ayrı gösterilmesi.....	35
Tablo 4.10. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların genlik değerlerinin ayrı ayrı gösterilmesi.....	35
Tablo 4.11. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans değerlerinin ÖSS puanları dikkate alındığında ayrı ayrı gösterilmesi.....	36
Tablo 4.12. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların genlik değerlerinin ÖSS puanları dikkate alındığında ayrı ayrı gösterilmesi.....	36

Tablo 4.13. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların genlik değerlerinin kişi sayısı ile birlikte gösterilmesi.....	37
Tablo 4.14. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans değerlerinin kişi sayısı ile birlikte gösterilmesi.....	37

1.GİRİŞ

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda, bilişsel işlemlerdeki performansla ilişkili fonksiyonel değişikliklerin incelenmesinde elektroensefalografi (EEG) tekniği kullanılmaya başlanmış ve EEG analizinin serebral fonksiyonları değerlendirmek için uygun bir yöntem olduğu görüşü hakim olmaya başlamıştır (Kikuchi ve ark., 2002).

Hafızanın nörofizyolojik teorisinde ana konu: farklı frekanslardaki bantların farklı fonksiyonlara hizmet ettiği ve farklı ölçümlerde çalıştığı fikridir (Von Stein ve Sarnthein, 2000; Basar ve ark., 2001). Klimesch'e (1996, 1999) göre dikkat gereken süreçler düşük alfa bandıyla ilişkiliyken, uzun dönemli hafıza ise yüksek alfa bandıyla ilişkilidir. Alfa ritminde yüksek seviyede senkronizasyon inaktif durumu yansıtır, desenkronizasyon ise nöral ağın aktivasyonu ile ilişkilidir (Rodriguez ve ark., 1999).

EEG de insan saçlı derisinden kaydedilen ve Berger ritmi olarak adlandırılan beyin dalgalarından 10 Hz'lik dönem alfa dalgalarıdır. Sağlıklı kişilerde yüksek amplitüdü beyin salınımlarına hakim olan dinlenme sırasında özellikle kişilerin gözleri kapalıyken EEG'de gözlenir. Gözler açıldığında yada zihinsel uğraş sırasında yüksek amplitüdü düşer, alfalar bloke olur (desenkronizasyon). Böylece kuvvetli alfalar genellikle yüksek bilişsel yük olmadan kişinin uyanık ve rahat olduğu durumlarda görülür. Oysa kortikal aktivite sırasında amplitüdü kesin bir azalma vardır (Klimesch, 1997). Motor işler yada bilişsel işler sırasında yerine getirilir. Bununla beraber bu işlerin yapılmasını gerektirmeyen beyin bölgelerinde alfa aktivitesinin arttığı bulunmuştur. Motor işin yürütülmesinde görsel kortekste ve okuma sırasında sensorio-motor bölgelerde alfa senkronizasyonu bulunmuştur (Pfurtscheller, 1992). Bu ritim, kortikal bölgelerde dinlenme sırasında bilgi içermeyen süreçlerde rölanti halinde görülmektedir (Pfurtscheller ve ark., 1996). Bununla beraber alfa senkronizasyonu beyin bölgelerinin basit çalışmasını düşündürmez fakat işle ilgili olmayan beyin çalışmalarının aktivasyonunu engelleyebilir (Busch ve Herrmann, 2003; Cooper ve ark., 2004; Herrmann ve ark., 2004; Jensen ve ark., 2002).

Pik alfa frekansı veya bireysel hafıza frekansı bilişsel kapasitenin bir göstergesi olabilir. Pik alfa frekansı hem kalıtsal hem de beyin fonksiyonlarının durumu ile ilişkili bulunmuştur. Kalıtsal geçiş gösteren bilişsel kapasitede pik alfa frekansı sağlıklı ve klinik bireyler arasında çok yaygın bir dağılım göstermektedir. Hasta bireylerin sağlıklı bireylere göre daha düşük pik alfa frekans değerleri vardır (Passero ve ark. 1995; Klimesch ve ark., 1990). Pik alfa frekansı sağlıklı çocuklarda okuma performansının gelişimini göstermektedir (Angelakis ve ark. 2004). Farklı olarak iki büyük çalışmada genel zekayı göstermediği ileri sürülmüştür (Anokhin ve Vogel, 1996; Vogel, 2000). Fakat sözel ve sözel olmayan kabiliyetle doğru orantılı olduğu bulunmuştur. Bireysel durumdaki bilişsel kapasiteyi gösteren pik alfa frekansı'nın bilişsel görevler, mental üretim, emosyonel durum ve çeşitli madde verilmesiyle etkilenebileceği gösterilmiştir (Klimesch ve ark., 1990; Li ve ark., 1996). Burada açıklanabilecek ve desteklenebilecek olası ilişki hem kalıtsal hem de kişisel farklılıkların pik alfa frekans'ı etkilediğidir.

EEG'de pik alfa frekans gruplarının kontrolleri dışında çeşitli nörolojik patolojilerde farklılıklar görülmüştür. Bunlar: Alzheimer demans (Klimesch ve ark., 1990; Passero ve ark., 1995), şizofreni (Canive ve ark., 1998), kronik yorgunluk sendromu (Billiot ve ark., 1997), hemisferik inme (Juhasz ve ark., 1997), travmatik beyin hasarı'dır (Angelakis ve ark., 2004). Pik alfa frekansı, yüksek performanslı yetişkinlerin ve düşük ezber performanslı yetişkinlerin sağlıklı nörolojik ezber performanslarını gösterir. Hafıza performansı "Wechsler Memory Skalası" ile tesbit edilen performanslar pik alfa frekansı ile de gösterilebilmektedir. Bu işlem, çocuklarda okuma yeteneğini tespit edebilmektedir. Özellikle okuma yeteneğinin yüksekliğini göstermektedir (Klimesch, 1997; Suldo ve ark., 2001).

Özellikle fronto-parietal bölgede zihinsel şekil oluşturmada tetalar oldukça yüksek ritimde bulunmuş, çalışan hafıza süresince teta (4-7 Hz) ve yüksek alfa (10-12 Hz) bu süreçte çok önemli rol oynadığı görülmüştür (Klimesch, 1996; 1999). Uzun dönem hafıza süresince özellikle yüksek alfa frekans gözlenmiştir (Klimesch, 1994).

Klimesch, alfa pik frekansı ve hafıza performansını karşılaştırdığında bireysel farklılıklar gözlemlemiştir (Klimesch, 1999). Yüksek hafıza performansı gösterenlerin alfa pik frekansı kötü hafıza performansı gösterenlerden yaklaşık 1 Hz daha yüksek olarak bulunmuş ve alfa frekansının diğer bilişsel işlevlerle ilişkili

olduğu tahmin edilmektedir. Bilişsel aktivite de frontal işlevlerin düzenlenmesi sırasında alfa bandındaki tepkilere daha çok dikkat edilmelidir (Kolev ve ark., 2002).

Köpruner ve ark. (1984) alfa pik frekansında 20-70 yaş arasında doğrusal bir ilişki olduğunu bulmuşlar ve genellikle alfa pik frekansı ve hafıza performansı arasında spesifik ilişkide EEG'deki düşüşün yaş ile artarak ortaya çıktığını göstermişlerdir. Bu araştırmacılara göre alfa frekansının artan yaşa paralel olarak azaldığı netleşmiştir. Köpruner ve ark. (1984) yetişkin deneklerin yaş aralığında doğrusal bir ilişki bulmuşlardır. (alfa pik frekansı= 11,95-0,053 x Yaş)

Bu ilişkiye göre 20 yaşındaki genç bir erişkinin alfa pik frekansı 10,89 Hz olarak beklenirken, 70 yaşındaki yaşlı bir kişide 2,65 Hz'lik bir düşüşle 8,24 Hz'lik bir frekans beklenir. Ancak aynı yaşlardaki kişilerde bile alfa frekansında belirgin değişiklik izlenebilir. Yaş kontrollü örneklerde alfa frekansının yaklaşık 1 Hz'lik bir standart sapma gösterdiği izlenmiştir (Köpruner ve ark. 1984; Klimesch ve ark. 1990). Aynı yaştaki iki kişi arasında bile yaklaşık 2 Hz'lik bir fark olabileceğini gösterir. Hatta klinik kanıtlar çeşitli beyin hastalıklarının da alfa frekansını azalttığını göstermektedir (Köpruner ve ark. 1984). İlk bakışta bu gerçek Köpruner ve arkadaşlarının tahminleriyle örtüşmemiştir. Çünkü bu hastalıklarda sadece alfa frekansında değil tüm EEG frekansında bir azalma gözlenir ve bilişsel yoksunlukların bir çoğunda EEG'de yavaşlama beklenir. Alfa aktivitesinde bir azalmanın hafıza performansındaki bir azalmayı selektif olarak yansıttığını gösteren çalışmalar vardır.

Bizim çalışmamızda sayılan çalışmalardan farklı olarak istirahat halindeki alfa dalgalarının amplitüd ve frekanslarına bakılmıştır. Bu yönüyle çalışma orijinaldir. Bizim çalışmamızda alfa dalgalarının genliği ve frekansı ile öğrenme ve hafıza arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur.

2.GENEL BİLGİLER

Beyin yüzeyinden (korteks) ve kafanın dış yüzeyinden (skalp) elde edilen elektriksel kayıtlar, beynin sürekli bir elektriksel etkinliğe sahip olduğunu göstermektedir. Elektriksel etkinliğin hem şiddeti hem de içerdiği kalıplar büyük ölçüde, uyku-uyanıklık durumları ve epilepsi gibi beyin hastalıkları ve hatta bazı psikozlarda beynin uyarılma düzeyinde ortaya çıkan değişimler sayesinde belirlenmektedir. Bu elektriksel potansiyellerdeki salınımlar “beyin dalgaları” olarak adlandırılır ve elde edilen kaydın tümüne ise Elektroensefalogram (EEG) adı verilir (Guyton, 1996).

EEG amplitüdü, bir elektrodun yayılımındaki her bir frekans için daha lokal senkronizasyonun niceliksel ölçümünü sağlar. Buna zıt olarak kaydedilmiş kafa derisi EEG tutarlılığı geniş skalalı bir ölçümdür ve aralarında daha uzun mesafe olan elektrotlar arasındaki dinamik fonksiyonel etkileşimleri gösterir. Bu sebeple amplitüd ve koherens neokortikal dinamiklerin matematiksel ve fonksiyonel bağımsız ölçüleridir. Frekans bölgesinde korelasyon katsayısı olan iki EEG sinyali arasındaki tutarlılık faz stabilitesi ölçümü olarak anlaşılabilir ve belirli beyin bölgeleri arasındaki beyin sinyal senkronizasyon derecesini ölçmede kullanılır (Bressler, 1995).

Kafa derisinin değişik bölgelerindeki EEG sinyalleri arasındaki yüksek tutarlılık, nöronal ağ ile artmış karşılıklı etkileşimi gösterebilir. Hafıza süreci gibi belli zihinsel aktiviteler sırasında EEG tutarlılığındaki çalışmanın amacı: Beyin bölgelerinde aktivite lokalizasyonu değil, altta yatan nöronal ağlar arası beyin aktivitesinin artan ve azalan senkronizasyonunun geniş skalasının spesifik desenlerini ortaya koymaktır. Serebral kortekste dağılmış hücre kümelerinin fonksiyonel etkileşiminin geniş bir ağ olarak anlaşılması, bilişsel enformasyon süreci için ön koşuldur (Bressler, 1995). Şu ana kadar ağırlıklı olarak insanlarda hafıza süreci sırasında EEG koherensini inceleyen sadece birkaç çalışma vardır (Beaumont ve Rugg, 1979; Krause ve ark., 1998; Sarnthein ve ark., 1998; Weiss ve ark.1998; Miltner ve ark. 1999).

İnsan beynini diğer omurgalıların beyninden ayıran en önemli fark korteksin aşırı ölçüde geniş olmasıdır. Korteks çıkışının nasıl hazırlandığını tam olarak anladığımızda insanın yüksek zihni fonksiyonlarını daha iyi izah edebileceğiz.

Beyin korteksinin farklı bölgelerinin farklı görevleri yüklenmiş olması iç organizasyondan çok korteks dışı bağlantıların bir sonucudur, ihtiva ettiği hücre çeşitleri ve lokal nöron devreleri benzer olduğu halde, görevleri farklı olan bölgelerin bulunması ancak bu sonuçla açıklanabilir. Örnek olarak, V. Mountcastle'ın primer duyu korteksi üzerine olan çalışmaları ile D. Hubel ve T. Wiesel'in primer görme korteksi hakkındaki çalışmaları, bu iki ana duyu bölgesinin iç organizasyon bakımından benzer olduklarını göstermiştir. Her iki bölgede yüzeyden ak maddeye kadar uzanan dikine kolonlar vardır. Ayrıca, kolonların iç organizasyonu ve hücre çeşitleri de birbirine benzemektedir (Kandel, 1991).

Bununla birlikte, fonksiyonları farklı olan korteks bölgeleri arasında bazı morfolojik farklılıkların bulunabileceğini de belirtmek gerekir. Buna karşın korteks içi organizasyonun bazı genel ve ortak prensipleri de vardır. Hatta, bunların bir kısmı korteks dışı bağlantılar ile ilgili genel prensiplerdir. Mesela, lateral talamusun spesifik nukleuslarından kaynaklanan uzantılar, hiç bir ayırım yapmadan bütün primer duyu kortekslerine (IV. tabakaya) dağılır (Şekil 2.1). Dördüncü tabakanın nöronları aldıkları enformasyonu buldukları kolonun her tarafına yayırlar. Talamustan kortekse gelen girişlerin aksine, diğer kortikal bölgelerden kaynaklanan enformasyon, IV. tabakanın üstünde kalan nöronlara, özellikle III. ve II. tabakalara yayılır. Korteksten enformasyon çıkışı II, III, V ve VI. tabakalardaki nöronlar yoluyla olur. İşte bu genel organizasyon biçimine bakarak Mountcastle, kolonların beyin korteksinde ana fonksiyonel birimler (modül) gibi çalıştıklarını ileri sürdü (Kandel, 1991).

2.1. Beyin Korteksindeki Hücrelerin Özellikleri

İnsanda beyin korteksinin yüzeyi $2,500 \text{ cm}^2$, kalınlığı 2-4 mm ve hacmi 600 cm^3 kadardır. Beyin korteksinde 10 milyardan fazla sinir hücresi (nöron) olduğu sanılmaktadır, Bu sayıya glia hücreleri dahil değildir. Beyin korteksinin hücreleri tabakalar teşkil edecek şekilde dağılmışlardır. Anatomistler beyin korteksini tabaka sayısına ve embriyolojik orijinine göre üç bölgeye ayırmışlardır.

1. Arşikorteks
2. Paleokorteks
3. Neokorteks

Arşikorteks ile paleokorteksin ikisine birden allokorteks denir, insanda allokorteks bütün beyin hacminin ancak % 10'u ile ilgilidir. Filogenetik bakımdan en eski olduğu kabul edilen arşikorteks (hipokampus) ile paleokorteks üçer tabakadan meydana gelmiştir. Bir memeli beynine dışarıdan bakıldığında görülen korteks bölgelerine neokorteks denir. Genel olarak altı tabakadan meydana gelmiş olan neokorteksin iç organizasyonu diğer iki kortekstekinden daha karmaşıktır. Presantral girusta bulunan motor alanlarda IV. tabaka gelişmemiştir. Bundan dolayı söz konusu bu bölgeye agranüler korteks denir (Marangoz, 2001).



Spesifik aferent Asosiyasyon veya kallozal aferent

Şekil 2.1. Beyin korteksinde bulunan başlıca hücre tipleri ve hücreler arası bağlantılar. Koyu renkli hücreler, inhibitör sepet hücreleridir. Piramidal hücrelerle, yıldızlı hücreler de şekilde görülmektedir (Kandel, 1991 den uyarlanmıştır).

2.2. Beyin Korteksinde Bulunan Hücre Grupları

Beyin korteksinde, hücre gövdelerinin yapı ve şekline, dentritlerinin uzunluk ve dağılımına ve aksonlarının dallanma ve sonlanmalarına göre çok çeşitli hücreler bulunur. Fakat bunların hepsini yıldızlı hücreler ve piramidal hücreler diye iki büyük sınıfa ayırmak mümkündür (Şekil 2.1). Piramidal hücrelerde, hücre gövdesi piramit şeklindedir. Piramidin tepe kısmı korteks yüzeyine, tabanı alta doğru yerleşmiştir.

Akson hücrenin taban kısmından çıkarak beyin ve omuriliğin çeşitli kısımlarına kadar uzanır. Piramidal nöronlar uyarıcı hücrelerdir. Motor korteksin V. tabakasında bulunan piramidal hücrelerin aksonları beyin sapına ve omuriliğe uzanır. Korteksin II. ve III. tabakalarında bulunan daha küçük piramidal nöronların aksonları ise korteksin diğer bölgelerine giderler.

Piramidal hücrelerde çok tipik bir dendrit organizasyonu görülür. Dendritler yatay ve dikey olmak üzere iki çeşittir. Tabana bağlı köşelerden çıkan yatay dendritler hücreden ayrıldıktan sonra dallanırlar. Dikey dendrit hücrenin tepesinden çıkarak korteksin en üst tabakasına kadar uzanır ve yüzeye paralel dallar verir. Sinir sisteminde rastlanan dendritlerin en uzununu (2 mm kadar olabilir) ve en kalını olan bu dendritlerin çapları 5-20 mikron arasındadır. Dikey dendrit ile ondan ayrılan dalların üzerinde diken (spine) denen çok sayıda postsinaptik çıkıntılar bulunur. Piramidal hücrelerin özel organizasyonu sayesinde çeşitli kaynaklardan beyin korteksine gelen girişler dendrit ağacının ayrı bölgelerine dağılır ve integre edilir. Ayrıca, dendritlerde sinaptik akımları artıran yükseltici bölgeler uzaklarda bulunan sinapsların daha etkili olmalarını sağlarlar.

Piramidal hücrelerin aminoasit transmitterlerden glutamik asit veya aspartik asidi serbestleştirerek etki ettikleri sanılmaktadır. Yıldız hücreleri, gövdeleri yuvarlak veya oval olan nöronlardır. Aksonları korteksi terk etmez, yakın çevrede bulunan nöronlarda sonlanır. Ara nöron olan yıldız hücreleri korteksteki kolonların içinde gerekli olan bağlantıların kurulmasını sağlar. Yıldız hücrelerinin, dendritleri dikine uzanan önemli bir çeşidi vardır. Bu hücreler doğrudan doğruya talamustaki nöronlardan bilgi olarak bu bilgiyi diğer ara nöronlara veya piramidal hücrelere dağıtırlar. Görme korteksinde bulunan ve dikenli yıldız hücreleri denen nöronlar bu sınıftandırlar. Yıldız hücreleri çok çeşitlilik gösterdiği için salgılanan transmitterler de çeşitlidir. Aksonları dikine uzanan bir grup yıldız hücrelerinde ya Vazoaktif İntestinal Polipeptid (VIP) veya kolesistokinin (CCK) bulunur. Her iki peptid korteksteki nöronlarda uyarıcı etki göstermektedir. O halde bu peptitleri ihtiva eden yıldız hücreleri uyarıcı ara nöronlardır.

Bazı yıldız hücrelerinde akson korteksin tabanına paralel olarak uzanır. Sepet hücreleri bu grubun en tipik örneğidir. Sepet hücreleri postsinaptik hücreyi kuşatıp içlerine alacak biçimde bir sinaps yaptıkları için böyle adlandırılmışlardır. Sepet

hücrelerinin akson terminallerinde bol miktarda glutamik asit dekarboksilaz enziminin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu enzim inhibitör bir aminoasit transmitter olan gama-amino butirik asit (GABA)'nın sentezini katalizler. O halde, sepet hücreleri duraklatıcı ara nöronlardandır. Bu hücrelerin çevre inhibisyonu meydana getirerek belli bir kolondaki hücreyi, diğer kolonlarda bulunan hücrelerin etkilerinden koruduğu, izole ettiği ve böylece kolonlara gerektiğinde bağımsız çalışma imkanı sağladığı düşünülmektedir (Marangoz, 2001).

2.3. Korteksteki Duraklatıcı Sinapslar

E.G. Gray 1959 yılında beyin korteksinde bulunan sinapsları tip I ve tip II diye ikiye ayırdı. Tip I sinapsların büyük çoğunluğu dentritlerdeki dikenlerde bulunur ve bunlar uyarıcı sinapslardır. Genel olarak duraklatıcı olan tip II sinapsları hem hücre gövdesinde hem de dendritlerde bulunurlar. Beyincikte Purkinje hücrelerinin dendritlerine ait dikenlerdeki sinapslar uyarıcı ve tip I sinapslarındandır. Sepet hücrelerinin Purkinje hücrelerinin gövdesinde yaptığı sinapslar ise duraklatıcı ve tip II sinapslarıdır. Genel olarak duraklatıcı sinapslar, uyarıcı sinapslara göre hücre gövdesine daha yakın olurlar. Bu durum informasyonun hazırlanması bakımından son derece önemlidir. Mesela, beyin korteksinde sepet hücresi piramidal nöronun gövdesinde duraklatıcı sinaps yapar. Böylece piramidal hücrenin trigger bölgesinde bir potansiyelin meydana gelmesini daha yakından ve en etkili biçimde kontrol eder; gerektiğinde önleyici etkisini gösterir. Yani, bir sinyalin meydana gelmesini veto eder (Şekil 2.1).

Beyin korteksinde bulunan duraklatıcı sinapslar karar mevkinde yerleşmiş olmanın yanında oldukça da kuvvetli sinapslardır. Korteksteki duraklatıcı sinapsların etkisi, omurilik motor nöronlarınkinden 10 ile 20 kat daha uzun sürelidir. O halde kortekste meydana gelen duraklatıcı potansiyellerin görevi sadece uyarıcı yolların etkisini nötrleştirmek değil, aynı zamanda belli hücre gruplarını güçlü bir duraklatıcı baskı altında tutmaktır (Marangoz, 2001).

2.4. Piramidal Hücrelerin Deşarj Özellikleri

Merkez sinir sisteminde bulunan bir çok hücre gibi piramidal hücreler de -50 ile -70 mV arasında istirahat potansiyeli ve 100 mV kadar olan aksiyon potansiyeli

görülür. Piramidal hücreler, art potansiyelleri bakımından omurilik motonöronlarından farklıdır. Motonöronlarda çok belirli hiperpolarize art potansiyeller görülür. Bunlar motonöronun deşarj frekansını düşürerek sabit ve kararlı bir seviyede tutarlar. Muhtemelen, belirtilen biyofizik özellik innerve edilen kasların mekanik özellikleriyle uygunluk göstermektedir. Motonöronların aksine, kaslara değil, diğer nöronlara akson vermekte olan piramidal nöronların deşarj frekansı pek sınırlandırılmaz. Piramidal nöronlarda ancak çok küçük hiperpolarize ard potansiyeller görülür ve bundan dolayı deşarj frekansları saniyede 100'e kadar çıkabilir. Hatta hipokampusta bulunan bazı piramidal hücrelerde depolarize ard potansiyeller de görülür. Bu hücreler kısa ve yüksek frekanslı börtler şeklinde deşarj yaparlar (Marangoz, 2001).

2.5. Dendritlerde Bulunan Trigger Bölgeleri

Omurilikte bulunan motonöronların sadece birer tane trigger bölgesi vardır. O da aksonun ilk segmentinde bulunur. Beyin korteksindeki nöronlarda ise, aksondakine ilave olarak dendritlerde de bir veya daha fazla trigger bölgesi bulunur. A. Spencer ve E. Kandel 1961 yılında hipokampusun piramidal nöronlarından hücre içi kayıt aldılar. Bu çalışma esnasında hücre gövdesine uzak bölgelerden muhtemelen dendritlerden küçük potansiyeller kaydedildi ve bunlara "çabuk prepotansiyeller" adı verildi. Daha sonra, R. Llinas ile C. Nicholson beyinciğin Purkinje hücrelerinden benzer potansiyeller kaydedince dendrit kısmında birçok trigger bölgesinin bulunduğunu keşfettiler. Özellikle dendrit içinden alınan kayıtlarda kompleks aksiyon potansiyelleri elde edilmekteydi. Bu potansiyellerin başlangıç ve bitiş kısımlarında birçok çentik vardı. Şekil ve büyüklükleri farklı olan bu çentikler dendritler tarafından meydana getirilen potansiyellerdir. Dendrit potansiyellerinin şekil ve büyüklüğü kaydedici mikroeletrodun potansiyeli meydana getiren trigger bölgesine olan uzaklığına göre değişir. Purkinje hücresinde görülen dendrit aksiyon potansiyellerinin süresi uzundur. Bundan dolayı sumasyon göstererek büyük potansiyelleri meydana getirebilirler (Kandel, 1991).

Pek yakın bir zamana kadar sadece motor korteks ile hipokampusta bulunan büyük piramidal hücrelerin özellikleri detaylı olarak bilinmekteydi. Çünkü büyük olan bu hücrelerden hücre içi kayıt almak kolaydı. Son yıllarda doku dilimi

hazırlama tekniği geliştirildi. Bu teknik ile beynin çeşitli yerlerinden, özellikle motor korteks ve hipokampustan doku dilimleri alınarak in vitro ortamda çalışmak mümkün oldu. Doku dilimi hazırlanırken, beyinden alınan enine doku dilimleri bir deney kabininde oksijenlendirilir ve perfüze edilir. Bu şekilde izole edilen beyin dilimlerinde ki hücreler uzun süre yaşatılabilir. Mikroskoplar kullanılarak, beyin diliminde bulunan hücrelerden hücre içi kayıtlar alınabilir. Hatta, sinir hücrelerinin mikroçevresi değiştirilebilir. İşte, D. Prince ve arkadaşları bu metodu kullanarak hipokampusta bulunan piramidal hücrelerin dendritlerinden kayıt aldılar. Bu araştırıcılar, biri küçük fakat çabuk (abuk prepotansiyeller) diğeri de büyük fakat yavaş potansiyeller elde ettiler. Na⁺ kanalı inhibitörü olan tetrodotoksin, çabuk prepotansiyelleri ortadan kaldırmaktadır. O halde bu potansiyelleri Na⁺ meydana getirmektedir. Tetrodotoksin büyük-yavaş potansiyelleri etkilemez. Bu potansiyeller Ca⁺⁺ kanallarını bloklayan Mg⁺⁺ tarafından duraklatılır.

Korteks nöronlarının dendritlerinde bulunan trigger bölgeleri, uzaktan gelen uyarıcı impulsları yükselterek onların aksondaki genel ve ortak trigger bölgesine ulaşmalarını sağlarlar. Bundan dolayı, uzaktan gelen uyarıcı girişlerin bir nöronun aktivitesine olan etkileri, postsinaptik potansiyellerden anlaşılmayacak kadar daha fazladır. Omurilikteki motonronlarda sinaptik girişlerin hepsi aksondaki tek bir trigger bölgesinde sumasyon yaparlar. Motonronlarda, aksiyon potansiyelinin teşekkülüne dendritlerde ki sinapsların katkısı, hücre gövdesine yakın olanlardan çok daha azdır. Hatırlanacağı gibi, piramidal nöronların, uzunlukları 1-2 mm'ye varan dikine dendritleri vardır. Bu dendritlerde bulunan trigger bölgelerinden dolayı, dikine dendritin en distal kısımlarındaki sinapslar bile hücre aktivitesini etkileyebilecektir (Marangoz, 2001).

2.6. Glia Hücrelerinin Yeri ve nemi

Beynin diğer bölgelerinde olduğu gibi beyin korteksinde de nöronların yaklaşık 10 katı kadar glia hücreleri bulunur. Merkezi sinir sisteminde en çok rastlanan  çeşit glia hücresine beyin korteksinde de rastlanır. Bunlar, astrositler, oligodendrositler ve mikroglialardır.

S. Kuffier ve arkadaşlarının hücre içi kayıt metoduyla yaptıkları çalışmalara göre glia hücreleri aksiyon potansiyellerini meydana getirmezler. Elektrik akımına

karşı glia membranlarından sadece pasif cevap alınır. Bundan dolayı, gliaların sinyal üretme ve haberleşmede rol oynamadıkları sanılmaktadır. Bununla birlikte, sinir hücrelerinden farklı olarak, glia membranları hücre dışı K^+ konsantrasyonundaki değişmelere karşı aşırı hassasiyet gösterir. Nöronlar aktivite gösterdiklerinde, hücre dışına çıkan K^+ miktarı artar. Hücre dışı ortamın K^+ konsantrasyonu yükselir ve glia membranlarında depolarizasyon görülür. Ekstraselüler ortamda artan K^+ un glia fideleri tarafından alınarak, bu ortamdaki K^+ konsantrasyonunun normal seviyede tutulduğu sanılmaktadır (Glia hücrelerinin tampon etkisi). Diğer taraftan glia hücrelerinin, hücre dışı ortamdan nörotransmitterleri ve toksinleri de aldığı sanılmaktadır (Marangoz, 2001).

2.7. EEG (Elektroensefalogram)

Beynin spontan ve sürekli bir aktivite gösterdiği 1875 yılında Caton tarafından keşfedildi. Caton tavşan beyninden spontan dalgaları kaydetti, insan EEG'si ile ilgili ilk önemli bilgileri Hans Berger'in çalışmalarına borçluyuz. Berger 1929-1938 yılları arasında hassas galvanometreler kullanarak insanda saçlı deriden beyin spontan aktivitesini yazdırdı. Bazı hastalıklarda EEG'nin değiştiğini ileri sürdü (Kandel, 1991).

Beyin korteksi; görevlerini ihtiva ettiği çok sayıda hücre sayesinde yerine getirmektedir. Nöron topluluklarının davranışlarını kaydedip gözlemek için ya mikro veya makro elektrotlar kullanılır. Mikroelektrotlar ile tek hücre cevapları kaydedilir. Zor ama zaman alıcı olan bu metot daha çok deney hayvanlarına uygulanır. Kalabalık hücre gruplarının toplam aktivitesi makro elektrotlarla kaydedilir. Bir cerrahi operasyon esnasında beyin korteksinin yüzeyinden makroelektrotlarla alınan kayıtlara elektrokortikogram (ECoG) denir. Kafatasının üzerinden, saçlı deriden kaydedilen beyin dalgalarına da elektroensefalogram (EEG) adı verilir. Büyük hücre gruplarının aktivitesini kaydederek insanda uyku-uyanıklık, rüya gibi fizyolojik ve epilepsi gibi fizyopatolojik olaylar üzerinde araştırmalar yapılabilir. Ayrıca, elde edilen kayıtlar nörolojik hastalıkların teşhisinde kullanılabilir (Marangoz, 2001).

Beyin korteksinden alınan makroelektrot kayıtları ile elektrokardiyogram esasta birbirine benzemektedir. Her iki durumda belli hücre topluluklarının elektriksel cevapları, aktivite kaynağından uzak bir yerden yazdırılmaktadır. Her iki

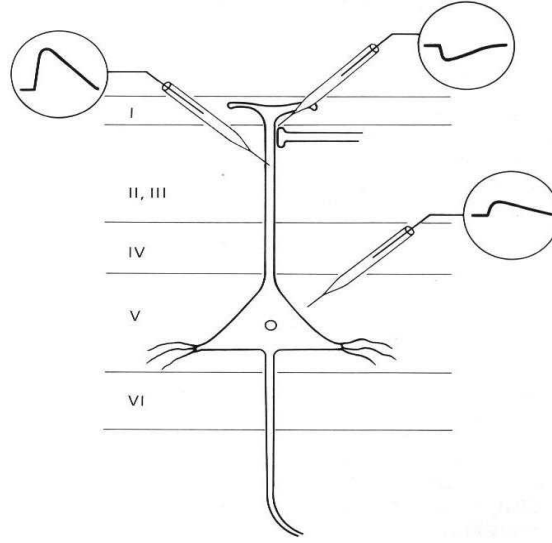
durumda elde edilen kayıtlar hacim iletimi teorisiyle izah edilir. Bu teori çeşitli şartlar altında sinir hücrelerinde meydana gelen ve hücre dışı alana yayılan iyon akımıyla uğraşır (Marangoz, 2001).

Başın derisinden EEG olarak kaydedilen potansiyel değişmelerini, kaydedici elektrodun altında bulunan binlerce hücre meydana getirmektedir. Elde edilen potansiyelleri binlerce hücreye ait iyon akımının cebirsel toplamı olarak görebiliriz. Ekstrasellüler alandaki dirence karşı gerçekleşen net iyon akımını voltaj cinsinden kaydedebiliriz.

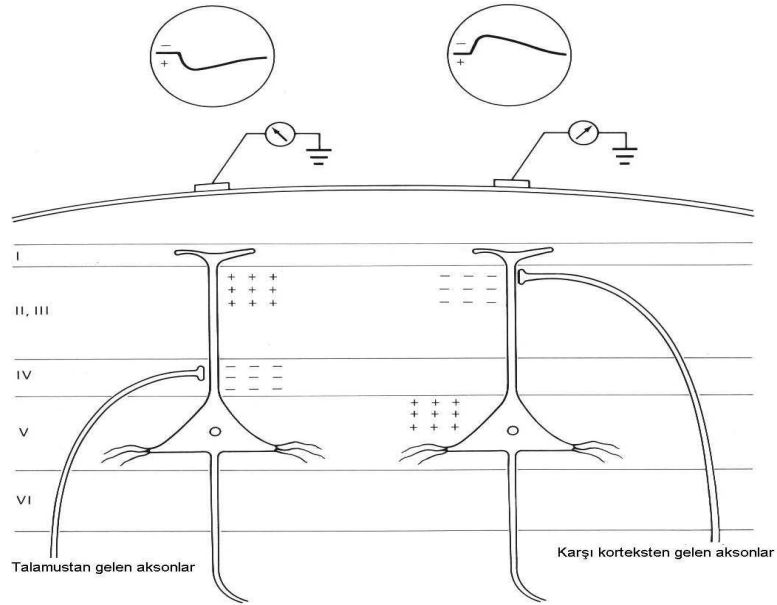
EEG dallarının nasıl meydana geldiklerini izah etmek için şu üç işlem üzerinde durmak gerekir:

1. Aktif nöron topluluğu içinde bulunan tek bir nöronun hücre içi cevabını incelemek.
2. Bir nöronun ve ona komşu olan nöronların cevabını hücre dışı (ekstrasellüler) mikroeletrotlarla tespiti.
3. Kafatasına yerleştirilen makro elektrotla bütün hücre topluluğunun ortak ve toplam cevabını incelemek.

Hücre dışı (ekstrasellüler) potansiyelleri inceleyip anlamak için, önce çok küçük olan hücre dışı direnci ele almalıyız. Hücre dışı kayıta, kaydedilen voltajı sadece hücre dışı direnç etkilemektedir. Belli bir akım membranın direncine (R_m) karşı aktığında bunun membran potansiyelinde meydana getireceği değişiklik (V_m) aynı akımın hücre dışı ortamdaki dirence karşı akmasıyla membran potansiyelinde meydana getireceği değişiklikten çok daha fazladır. Yani membrandan içeri doğru geçen bir akım membran potansiyelini daha fazla değiştirir, işte, hücre içinde kaydedilen potansiyellerin milivoltajla ifade edilecek biçimde büyük, hücre dışından kaydedilen potansiyellerin ise mikro voltajla ifade edilecek şekilde küçük olmasının bir sebebi budur (Kandel, 1991).



Şekil 2.2. Ekstrasellüler kayıtların polaritesi, kayıt yerine göre değişir. Hücre içi kayıtlarınki ise değişmez. Şeklin sağında iki hücre dışı kayıt, şeklin solunda ise bir hücre içi kayıt görülmektedir. Üstteki hücre dışı kayıt, akımın içe yöneldiği; alttaki kayıt ise, akımın dışa yöneldiği (source) bölgelerden alınmıştır (Kandel, 1991).



Şekil 2.3. Saçlı deriden alınan kayıtlar ve bunların temelini oluşturan sinaptik mekanizmalar görülmektedir. Şeklin solunda, talamusa girişlerin IV. Tabakaya ulaşmasıyla kaydedilen potansiyel görülmektedir. Sağda ise, karşı korteksten gelen girişlerin üst tabakaları aktiflemesi sonucu oluşan potansiyel görülmektedir (Kandel, 1991'den uyarlanmıştır).

Kayıtlarda polarite sinaptik etkinin şekline bağlı olduğundan, inhibisyon durumunda, sinapsın yeri ile polaritenin şekli arasında yukarıda belirtilen ilişki

tamamen tersinedir. Ayrıca, sadece yüzey kayıtlarına dayanarak kortekse EEG'ye katkıda bulunan sinaptik olayları kesin bir şekilde tayin etmek mümkün değildir. Mesela, kafatasından kaydedilen bir pozitif dalga ya yüzeydeki eksitasyondan yada derin tabakalardaki inhibisyondan ileri gelmiş olabilir. Yüzeyden kaydedilen potansiyelleri meydana getiren sinaptik mekanizmayı açıklayabilmek için korteksteki sinapsların anatomik organizasyonu hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Eksitasyon ile inhibisyona cevap olarak kaydedilen potansiyellerde sapma yönü aşağıda görülmektedir.

Tablo 2.1. Eksitator ve inhibitör Potansiyellerin Kaydında Sapmaların Yönü

Postsinaptik Potansiyel	Hücre içi Kayıt	Hücre Dışı Kayıt (saçlı deriden)
	sinaps üst tabakalarda	sinaps alt tabakalarda
Eksitator (uyarıcı)	Yukarıya Yukarıya	Aşağıya
İnhibitör (duraklatıcı)	Aşağıya Aşağıya	Yukarıya

2.7.1. Elektroensefalogramın Anlamı

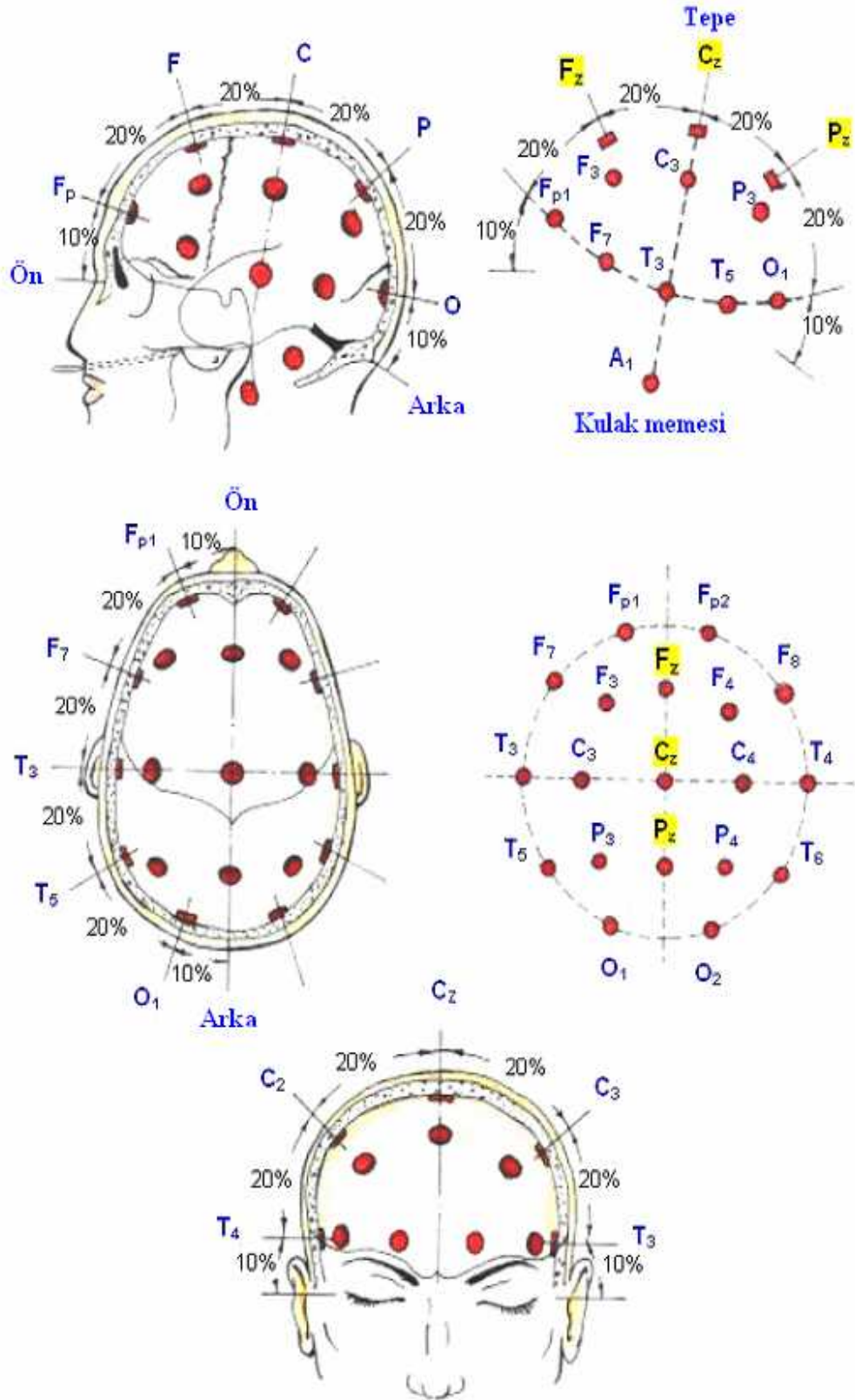
Beyinde sürekli olarak meydana gelen elektrik akımı dalgalanmalarını kafatasından (saçlı deriden) yazdırabiliriz. Elde edilen kayda EEG denir. EEG'den uykunun çeşitli safhalarını birbirinden ayırmada ve epilepsi gibi nörolojik ve nöropsikolojik hastalıkları teşhis etmede faydalanılır. EEG'yi kaydetmek için iki tip elektrot kullanılır. Bunlardan biri aktif elektrottur ve kayıt alınacak aktif alana yerleştirilir. Diğer elektrot aktif elektrottan uzak bir bölgeye, potansiyeli sıfır olarak kabul edilen bir alana (mesela kulak memesi) konur. Bu elektroda referans veya indifferent elektrot denir. Klinikte EEG kaydı yapılırken beynin çeşitli yerlerine çok sayıda aktif elektrot yerleştirilir. Bütün kayıtlarda ya bir aktif elektrot ile bir referans elektrot arasındaki potansiyel farklı ölçülür (**monopolar kayıt**); veya iki aktif elektrodun arasındaki potansiyel farklı yazdırır (**bipolar kayıt**). Kaydedici elektrotlar genellikle belli bir şemaya göre frontal, parietal, oksipital ve temporal lobların üzerinde kafatasına yerleştirilir, özel durumlarda nazofaringeal veya sfenoidal elektrotlar kullanılarak medyal temporal lobdaki aktivitenin kaydı kolaylaştırılır. Bu işlem, özellikle epileptik nöbetlerin limbik sistemle ilgili olduğu tahmin edilen durumlarda çok önemlidir. Çünkü teşhis ihtimalini artırır

Normal bir insanda saçlı deriden kaydedilen potansiyellerin frekansı genel olarak 1 ile 30 Hz, yükseklikleri ise 20 -100 mikrovolt kadardır. Kafatası ve deri EEG dalgalarının yüksekliğini azaltıcı etki gösterir. EEG dalgalarının hem frekansı hem de yüksekliği oldukça karmaşık bir yapı gösterir ve çeşitli şartlarda değişebilir, örneğin, istirahat esnasında baskın EEG ritminin frekansı yaşa göre değişir (Kandel, 1991).

Erişkindeki alfa modeli ancak buluş çağında kesin şeklini alır. Bununla birlikte EEG dalgaları frekanslarına göre dört büyük gruba ayrılmaktadır.

Tablo 2.2. Frekanslarına Göre EEG Dalgaları (Marangoz, 2001)

Dalga Adı	Frekansı (Hz)
Alfa	8 – 13
Beta	13 - 30
Teta	4 - 7
Delta	0.5 - 4



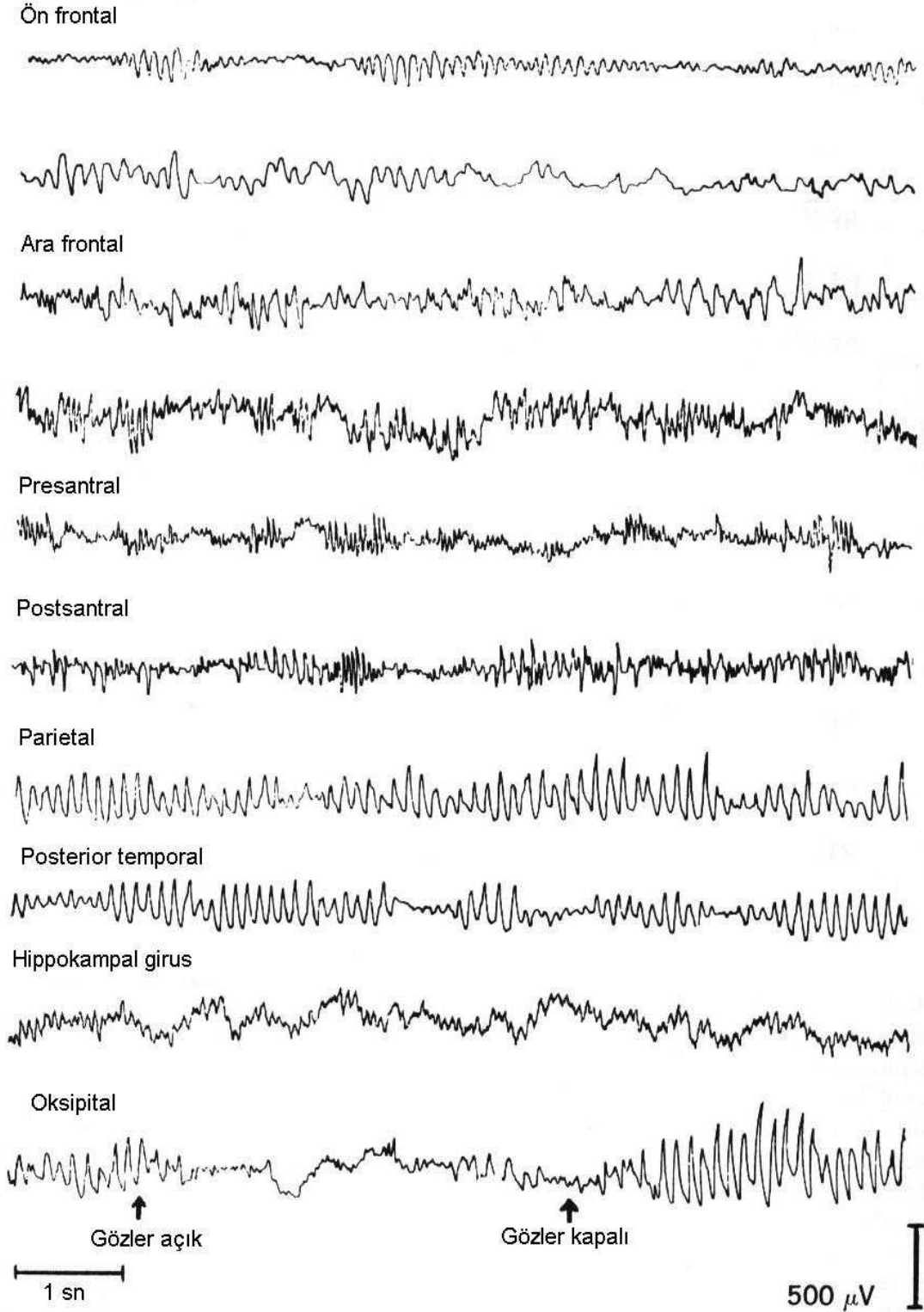
Şekil 2.4. EEG elektrotlarının saçlı derideki yerleşim yerleri (61).

2.7.2. Alfa Dalgaları: Bazı hastalıklarda EEG'nin değiştiğini gösteren Hans BERGER'in adına izafeten alfa dalgalarına Berger-ritmi de denir. Normal bir fertte, sessiz ve sakin bir odada gözler kapalı, zihnen ve bedenen tam istirahat ederken kaydedilir. Parietal ve özellikle oksipital bölgede daha belirgindir. Uykuda kaybolur. Dominant hemisferde dalga ykseklitiği daha fazladır. Görme korteksinde alfa dalgaları IV. ve V. tabakadaki piramidal nöronlar tarafından meydana getirilir. Deneysel sonuçlara göre, görme korteksinden yazdırılan alfa dalgalarının oluşmasına optik alamus nukleusları katkıda bulunur. Ancak, alfa ritminin kortekse yayılmasında korteks içi bağlantılar rol oynar.

Gözler açıldığında, duyuusal uyarılar alındığında veya zihin bir problemle meşgul olduğunda alfa ritmi kaybolur. Onun yerine düzensiz, daha dşuk voltajlı ve yüksek frekanslı bir aktivite görülür. Bu olaya alfa blokajı veya desenkronizasyon denir. Alfa blokajı süresince ilgili nöronlar senkron deşarj yapmazlar.

2.7.3. Alfa ritminin frekansını yavaşlatan faktörler: Kanda glukoz seviyesinin azalması (hipoglisemi), vücut sıcaklığının düşmesi (hipotermi), glukokortikoid hormonların miktarında azalma ve arter kanında PCO₂'nin artışı. Ters durumlarda alfa frekansı yükselir.

2.7.4. Beta Ritmi: Normal olarak frontal bölgede daha belirgindir. Uyarıların varlığında ve aşırı zihin aktivitesi olduğunda daha yoğundur. Beta ritmi EEG'nin en kuk (2-20 mikrovolt), fakat en yüksek frekanslı dalgalarıdır Kaynağı kortekstir. Beynin hasara uğrayan bölgelerinde azalır veya tamamen kaybolur.



Şekil 2.5. İnsanda, istirahat esnasında, farklı kortikal alanlardan yazdırılan spontan elektrik aktivitesi. Gözler açıldığında, oksipital bölgeden yazdırılan alfa ritmi bloklanmaktadır (Marangoz, 2001).

2.7.5. Teta Dalgaları: Frekansı 4-7 Hz, yüksekliği 20-100 μ Volan, yavaş dalgalardır. Uyanıkken sağlıklı erişkinde görülmez. Çocuklarda görülmesi normaldir. Temporal lob epilepsisinde, metabolik ensefalopatide, orta düzlemin derinliklerinde lezyon olduğunda ve sıklıkla hidrosefalide görülürler. Ayrıca, uyuklama, sevinç ve keder gibi durumlarda genç erişkinlerde teta dalgaları yazdırılabilir (Marangoz, 2001).

2.7.6. Delta dalgaları: EEG'nin frekansı en az (0.5-4) ve yüksekliği en fazla olan (100 μ V üzeri) dalgalarıdır. Yeni doğan çocuklarda (bir yaşına kadar) ve uykunun 3., 4., safhalarında dominant ritimdir. Korteks altı lezyonların varlığında, yaygın lezyonlar olduğunda, metabolik ensefalopatide ve hidrosefalide görülür. Erişkinde frontal bölgede, çocuklarda ise oksipital bölgede daha belirgindir.

EEG'de duyu-motor korteksten, özellikle santral suskusun üzerinden yazdırılan mü ritmi, daha çok uykunun ikinci safhasında işitme korteksinden yazdırılan kappa ritmi gibi dalgaların yanında lambda ve verteks ritmi gibi aktiviteler de görülebilir (Marangoz, 2001).

2.7.7. Yapılarına Göre EEG Dalgaları

Görünüşlerine göre EEG'de diken ve dalga diye iki ayrı yapı ayırt edilir. Dikenin süresi 1/12 saniye veya daha azdır. Dalgalar ise, süresi 1/8 saniyeden fazla olan “yavaş dalga” (teta ve delta gibi); ve süresi 1/12 saniye ile 1/5 saniye arasında olan “keskin dalga” diye ikiye ayrılırlar. Bir dikenin bir dalga izleyebileceği gibi (diken-dalga ikilisi), yan yana birden fazla dikenin de bir dalga izleyebilir. Diğer taraftan üç fazlı dalgalar ile akut beyin hasarında görülen periyodik lateral deşarjlar EEG'nin diğer tipik elemanlarından.

Önceleri EEG dalgalarının korteksteki nöronların aksiyon potansiyellerinin toplamı olduğu sanılmıştı. Daha sonra, derin anestezide ve hipokside aksiyon potansiyellerinin kaybolduğu fakat yavaş EEG potansiyellerinin devam ettiği görüldü. EEG dalgalarının teşekkülüne aksiyon potansiyellerinin de katkısı vardır fakat bu çok azdır. Saçlı deriden kaydedilen kaba potansiyellerin büyük çoğunluğunu dikine olarak yerleşmiş bulunan piramidal hücrelerin aynı anda aktive edilmeleri (senkronizasyon) sonucu görülen postsinaptik potansiyeller meydana getirmektedir.

Bu potansiyeller ortaya çıkıp cebirsel toplama tabii tutulurken hücre dışı alandan geçen akım EEG potansiyellerini doğurur. Yukarıda belirtildiği gibi kaba potansiyellerin gerçek şekli ve biçimi postsinaptik potansiyellerin yerine ve şekline bağlıdır. Kaba potansiyellerin nöronal temellerini anlamak için hem anatomik yollar hem de hücre dışı akım hakkında bilgi sahibi olmak gerekir.

Beyin korteksindeki piramidal hücreler birbirine paralel olarak bulunurlar ve dendritleri korteks yüzeyine dik olarak uzanır. Bundan dolayı, bu dendritler üzerinde meydana gelecek bir sinaptik potansiyel pek azalma göstermez. Çünkü kaynak (source) ve giriş (sink) bölgelerinde korteks yüzeyine dik olarak yerleşmişlerdir. Halbuki, glia hücreleri böyle bir yerleşme şekline sahip değildir. Onun için glia hücrelerinin EEG'ye katkısı, muhtemelen önemli değildir (Marangoz, 2001).

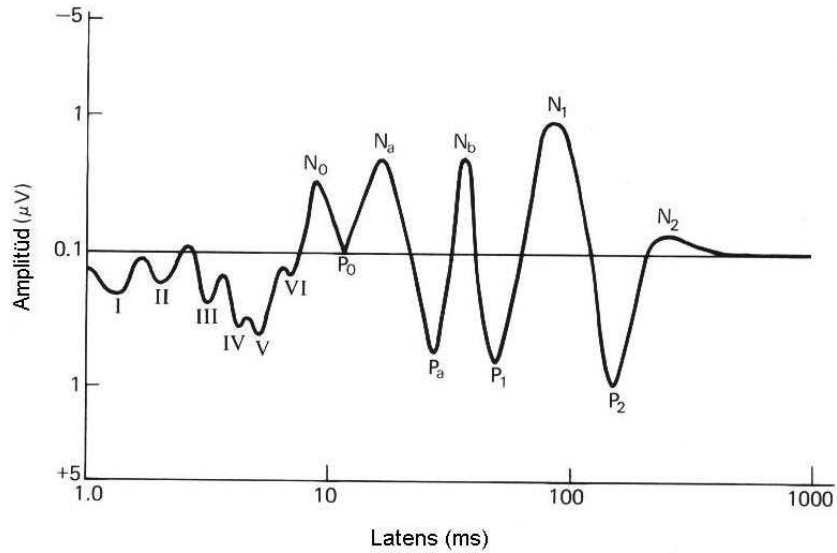
2.8. Uyarılma Potansiyelleri

Bir duyu yolunun uyarılması devam eden normal EEG'de özel bir değişikliğe sebep olarak uyarılma potansiyelini meydana getirir. Duyusal uyarılma potansiyelleri, kendilerini meydana getiren duyu sistemlerine has olan ve ancak uygun uyarının varlığında meydana gelen potansiyellerdir. Saçlı deriden yazdırılan uyarılma potansiyellerini EEG'nin zemin aktivitesinden ayırmak için özel bilgisayarlı averaj programlarını kullanmak gerekir. Aksi takdirde onları görmek mümkün değildir. Mesela, deriye verilen bir elektrik akımı veya dokunma uyarısına karşı postsantral girustan kaydedilen duyuusal uyarılma potansiyeli kısa latenslidir. Potansiyelin ilk safhası pozitif, ikinci safhası ise negatiftir, ilk pozitif cevap beyin korteksinin IV. tabakasındaki nöronların uyarılmasını temsil etmektedir. Talamusun ventral posterior nukleusundan gelen uyarılar IV. tabakanın hücrelerini aktive ederek uyarılma potansiyelinin ilk pozitif dalgasını meydana getirir. Uyarıcı girişin korteksin yüzey tabakalarına yayılması ve derin tabakalarda inhibisyon olması ikinci negatif dalgayı meydana getirir.

Bilgisayarları kullanmak yoluyla, korteks dışı yapıların uyarılma potansiyellerine olan katkılarını yazdırmak mümkündür. Böylece, bu yapıların uyarının hazırlanmasında nasıl bir rol oynadıklarını anlayabiliriz. Mesela işitme sisteminde yol boyunca bulunan her ara durağın kaydedilen uyarılma potansiyellerine olan katkısı tespit edilebilir. Çünkü beyin sapındaki bir nukleus ile saçlı derideki elektrot

arasında bulunan doku bir hacim ileticisi gibi davranmaktadır. Baştaki elektrot, kendine en yakın çevredeki lokal aktiviteyi daha iyi almakta ise de ard arda tekrarlanan averajlama yoluyla istenmeyen potansiyeller atılır ve her ara durağın verilen uyarana cevap olan potansiyeli kaydedilir hale getirilir.

Çeşitli ara durakları temsil eden potansiyellere “uzak alan potansiyelleri” denir. Korteksaltı duyu ara duraklarının fonksiyonu tespit etmede ve multipl skleroz gibi miyelin bozumuna sebep olan hastalıkları değerlendirip teşhis etmede uzak alan potansiyellerinin önemi büyüktür. Miyelin tabakasının tahribi aksonlarda ileti hızının düşmesine sebep olur. Bunun sonucu olarak miyelin bozumuna yolaçan hastalıklarda uzak alan potansiyellerinin latensleri normalden daha uzundur (Marangoz, 2001).



Şekil 2.6. Uzak alan potansiyelleri (I-VI) ile duyuşal uyarılma potansiyelleri (N₀ - N₂ ve P₀ - P₂) (Kandel, 1991'den uyarlanmıştır).

2.9. Optik Görüntüleme

Son yıllarda optik görüntüleme denen ve bütün nöron topluluklarının ortak etkisini tespit etmede kullanılan yeni bir metot geliştirildi. Optik görüntülemeye voltaja duyarlı boyalar kullanılarak bir nöron topluluğunun aktivitesi daha hassas bir şekilde kaydedilir. Membran potansiyeli değıştikçe voltaja duyarlı boyaların flöresan

veya absorpsiyon özellikleri de değişir. Neticede, dokunun optik özelliklerinde zamanla meydana gelen değişiklerden faydalanılarak nöron topluluklarının dinamik özellikleri tespit edilir.

Bazen voltaja duyarlı boyalar olmadığında bile, bazı nöronların iç flöresan özelliklerine bağlı olarak aktiviteye-bağımlı sinyaller çıkardıkları bulunmuştur. Voltaja-duyarlı boyalara veya flöresan özelliklere dayalı optik görüntüleme korteks yüzeyinin doğrudan doğruya görülmesi gerekir. Bundan dolayı, metot şimdilik deney hayvanlarına uygulanmaktadır. Fakat gelecekte PET veya MRI'de olduğu gibi insan korteksine de uygulanacağı düşünülmektedir (Marangoz, 2001).

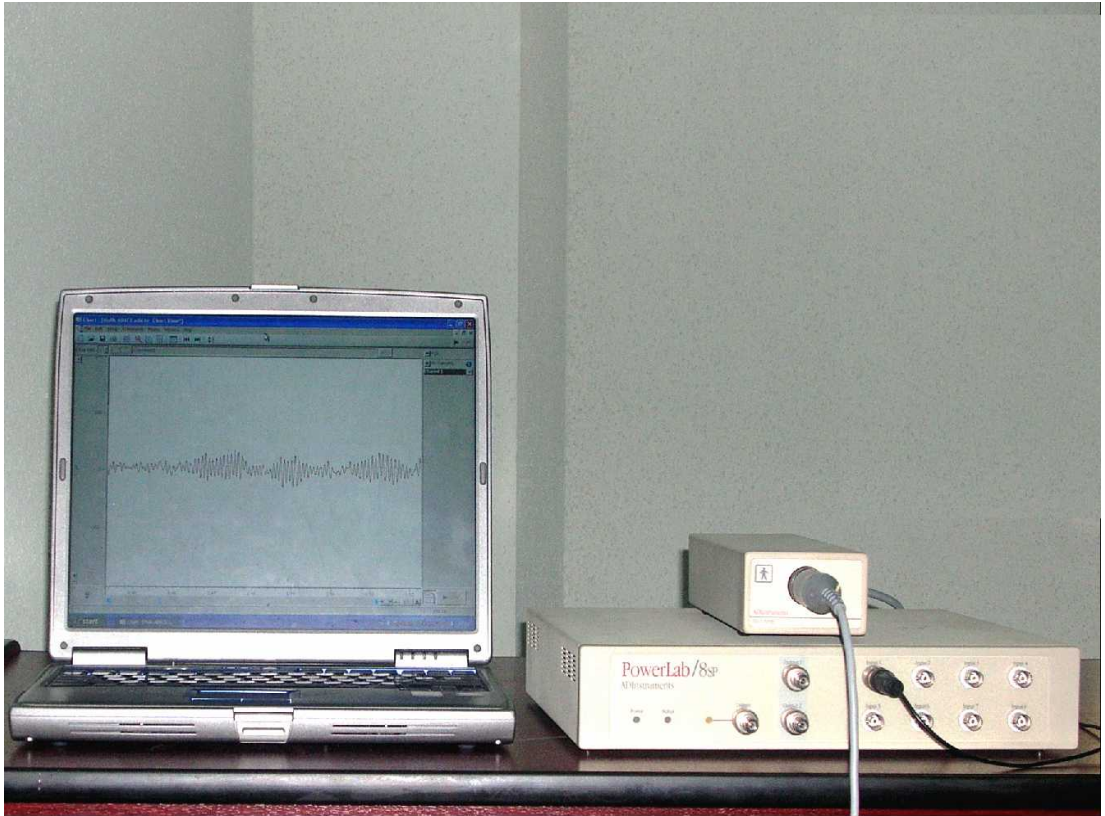
3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Tıp Fakültesi, Orman Fakültesi ve Hemşirelik bölümünden yaşları 17 ile 27 arasında gönüllü olarak seçilen öğrenciler üzerinde yapıldı. 3 grup oluşturuldu. 1.Grup kız ve erkeklerden oluşan 40 gönüllü Tıp Fakültesi öğrencilerinden, 2.Grup kız ve erkeklerden oluşan 20 gönüllü Orman Fakültesi öğrencilerinden, 3.Grup kızlardan oluşan gönüllü 20 Hemşirelik öğrencilerinden oluşturuldu.

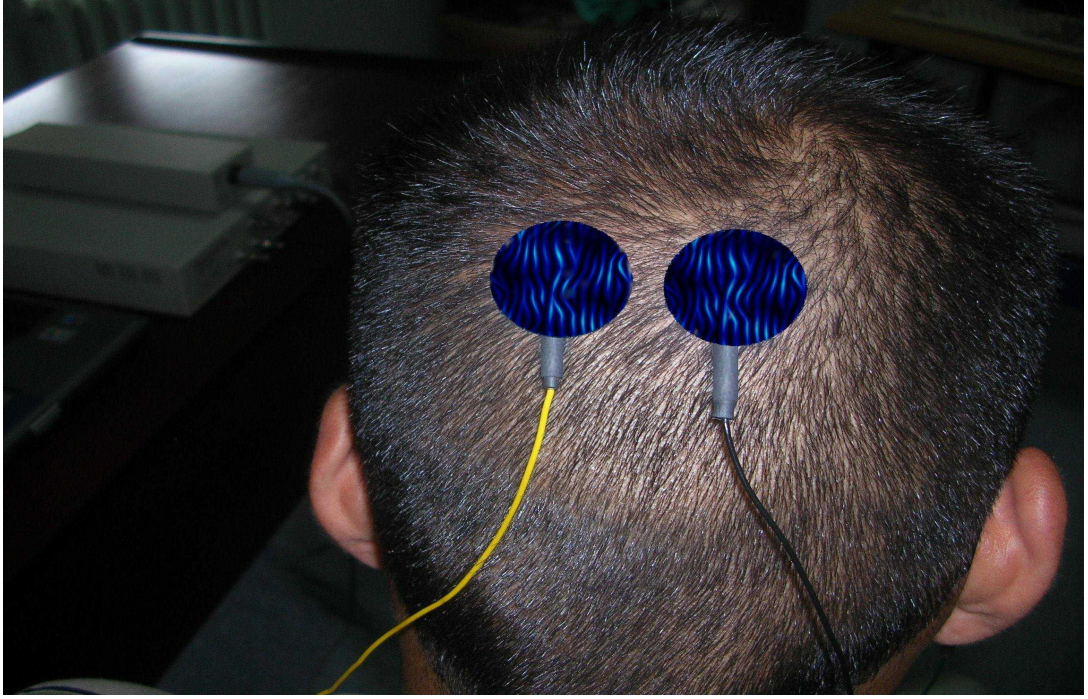
Tok karnına gelen öğrenciler sessiz sakin odada rahat bir koltukta oturtuldu, uyanıktılar ve gözleri kapatıldı. Saçlı deri (scalp) yağlı ise önceden sabunla yıkanarak temizlendi ve elektrotlar saçlı deri üzerine belirli pozisyonlarda; toprak elektrot sağ kulak memesine, diğer iki elektrot O_1 ve O_2 ' (oksipital) ye yerleştirildi. Her iki elektrot arası 3-5 cm olacak şekilde yerleştirildi. Kullanılan jelin iletken özelliğe ve elektrotun hareket etmesini önleyecek kıvamda olması sağlandı. Elektrotların yapıştırıldığı saçlı deri noktalarının tüm dünyada kabul edilen (10-20 sistemi) standart noktalar olmasına dikkat edildi ve buna göre isimlendirildi. Çekime başlamadan önce cihazın ayarlaması (kalibrasyonu) yapıldı. Beyin dalgalarının yüksekliği mikrovolt (μV) ile ifade edildiğinden öğrencilerin hareketi, dış gürültülerin karışması (radyo dalgaları, elektrik sinyalleri, cep telefonu vs.) gibi artefaktların önüne geçildi. Gruptaki tüm öğrencilerin EEG'leri oksipital (O_1 ve O_2) bölgeden uygun koşullar altında 10'ar dakika süreyle PowerLab/8SP AD instruments kullanılarak monopolar teknikle (Şekil 3.1) kaydedildi. Şekil 3.2'de EEG kaydı alınırken bilgisayar ekranındaki görüntü, Şekil 3.3'te oksipital bölgeden alınan EEG kaydı sırasında elektrotların saçlı derideki konumları, Şekil 3.4'te ise tam istirahat halinde gözler kapalı bilinç açık olarak alınan EEG kaydı görülmektedir.



Şekil 3.1. PowerLab/8SP AD instruments



Şekil 3.2. EEG kaydı alınırken bilgisayar ekranındaki görüntü ve PowerLab/8SP AD instruments düzeneği



Şekil 3.3. Oksipital bölgeden alınan EEG kaydı sırasında elektrotların saçlı derideki konumları.



Şekil 3.4. Tam istirahat halinde gözler kapalı bilinç açık olarak alınan EEG kaydı.

3.1. İstatistiksel Analiz

Genlik ve frekans değerlerinin normal dağılımını Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Karşılaştırılan grupların varyanslarının homojenlik testi Levene testi ile yapılmıştır. Frekans ve genlik ölçümlerinde sapan değerlerin tespitinde Box plot kullanılmıştır. ÖSS puanı ile frekans ve genlik arasında muhtemel ilişkiyi dikkate alarak ÖSS puanlarındaki farklılığın genlik ve frekans üzerine etkisini giderdikten sonra farklı olan grupların belirlenmesinde kovaryans analizi kullanılmıştır. Anlamlı düzeyde farklı olan grupların tespitinde ise Student-Neyman-Keuls (SNK) testinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda $P < 0.05$ ise sonuç istatistik olarak anlamlı kabul edilmiştir. Orman fakóltesi, tıp fakóltesi ve hemşirelik bölümündeki öğrencilerin frekans ve genlik ortalamalarının karşılaştırılmasında “tek yönlü varyans analizi” ve aralarında anlamlı fark olan fakólterin değerlendirilmesinde “post hoc test” olarak LSD (Least Significant Difference) testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda $p < 0.05$ ise sonuç istatistik olarak anlamlı kabul edilmiştir. Hesaplamalarda SPSS (version 11.5) programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Tıp Fakültesi, Orman Fakültesi ve Hemşirelik bölümünün EEG alfa dalgaları genlik, frekans ve ÖSS puanları dikkate alınarak değerlendirildi. Elde edilen bulgulara göre gruplar birbiriyle istatistiksel olarak karşılaştırılarak değerlendirildi. Elde edilen bilgilere baktığımızda ortalama frekans değerleri Tıp Fakültesi öğrencilerinin 9,4623 Hz, Orman Fakültesi öğrencilerinin 9,7625 Hz, Hemşirelik öğrencilerinin 8,8306 Hz olarak bulunmuştur. Ortalama genlik (amplitüd) değerleri ise Tıp Fakültesi öğrencilerinin 12,0337 μ V, Orman Fakültesi öğrencilerinin 13,6220 μ V, Hemşirelik öğrencilerinin 8,6729 μ V olarak bulunmuştur. ÖSS puanlarının frekans değerleri üzerine anlamlı etki yapmadığı belirlenmiştir (P=0.174). Ayrıca 3 fakülte arasında frekans ortalaması bakımından anlamlı farka rastlanmamıştır (P=0.144). Frekans değerlerinin ÖSS puanlarına göre düzeltilmiş ortalama ve standart hata değerleri tablo 4.3'te verilmiştir. ÖSS puanlarının genlik üzerine de anlamlı düzeyde etki yapmadığı sonucuna ulaşılmıştır (P=0.541). Gruplar arasında genlik bakımından istatistik olarak anlamlı farka rastlanmıştır (P=0.005). Bu farklılık incelendiğinde ise orman fakültesi ve hemşirelik bölümü arasındaki farkın ve tıp fakültesi ile hemşirelik bölümü arasındaki farkın anlamlı olduğu diğer farkların anlamlı olmadığı görülmüştür. Tablo 4.4'te her bir grupta, ÖSS puanlarına göre düzeltilmiş genlik ortalama ve standart hataları yer almaktadır.

Frekans ve genlik değerlerinin tıp fakültesi, orman fakültesi ve hemşirelik bölümünde de normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca fakültelerdeki ölçümlerin varyansları da homojen bulunmuştur. Orman Fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kayıtları şekil 4.1.a ve şekil 4.1.b'de, Tıp Fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kayıtları şekil 4.2.a ve şekil 4.2.b'de, Hemşirelik öğrencilerine ait örnek EEG kayıtları şekil 4.3.a ve şekil 4.3.b'de gösterilmiştir.

Tıp fakültesi, orman fakültesi ve hemşirelik bölümünün hem frekans (p=0.049), hem de genlik ortalamaları (p=0.005) arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. Hangi fakültelerin farklı olduğu incelendiği zaman, frekans bakımından tıp ve hemşirelik fakültelerinin anlamlı düzeyde farklı olduğu (p=0.017) ve tıp fakültesi öğrencilerinin frekans ortalamasının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun dışında frekans ölçümlerinde anlamlı farka rastlanmamıştır.

Genlik ölçümleri dikkate alındığında ise hemşirelik bölümü öğrencilerinin hem tıp (p=0.022) hem de orman fakültesi öğrencilerinden anlamlı düzeyde düşük genliğe sahip olduğu görülmüş ancak orman ve tıp fakülteleri arasında anlamlı farkın olmadığı bulunmuştur. Ayrıca tıp fakültesi kız öğrencileriyle hemşirelik öğrencileri karşılaştırıldığında ise frekans ve genlik açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Tablo 4.1. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans ve genliklerine ait tanımlayıcı bilgiler.

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
Frekans	Orman	15	9,7625	,87659	,22633	9,2770	10,2479	8,84	12,28
	Tıp	30	9,4623	1,73361	,31651	8,8150	10,1097	5,05	12,54
	Hemşirelik	17	8,8306	1,44921	,35148	8,0855	9,5758	6,15	10,69
	Total	62	9,3617	1,50967	,19173	8,9784	9,7451	5,05	12,54
Genlik	Orman	15	13,6220	5,13440	1,32570	10,7787	16,4653	6,26	22,10
	Tıp	30	12,0337	6,73526	1,22968	9,5187	14,5487	3,62	33,60
	Hemşirelik	17	8,6729	5,63747	1,36729	5,7744	11,5715	3,54	25,20
	Total	62	11,4965	6,27912	,79745	9,9019	13,0910	3,54	33,60

Tablo 4.2.Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünün **Post Hoc testi** ile karşılaştırıldığında istatistiksel değerler.

LSD

Dependent Variable	(I) GRUP	(J) GRUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
FREKANS	orman	tıp	-,1859	,40400	,647	-,9952	,6234
		hemşirelik	,7520	,44544	,097	-,1403	1,6443
	tıp	orman	,1859	,40400	,647	-,6234	,9952
		hemşirelik	,9379*	,37949	,017	,1777	1,6981
	hemşirelik	orman	-,7520	,44544	,097	-1,6443	,1403
		tıp	-,9379*	,37949	,017	-1,6981	-,1777
GENLİK	orman	tıp	2,3320	1,58839	,148	-,8487	5,5127
		hemşirelik	5,9820*	1,79494	,002	2,3877	9,5763
	tıp	orman	-2,3320	1,58839	,148	-5,5127	,8487
		hemşirelik	3,6500*	1,55533	,022	,5355	6,7645
	hemşirelik	orman	-5,9820*	1,79494	,002	-9,5763	-2,3877
		tıp	-3,6500*	1,55533	,022	-6,7645	-,5355

*. The meandifference is significant at the .05 level.

Tablo 4.3. Frekans değerlerinin ÖSS puanlarına göre düzeltilmiş ortalama ve standart hata değerleri.

Dependent Variable: FREKANS

GRUP	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
orman	10,107 ^a	,478	9,148	11,066
tıp	9,174 ^a	,503	8,165	10,182
hemşirelik	9,360 ^a	,465	8,427	10,292

a. Evaluated at covariates appeared in the model: ÖSS Puanı: 321,578

Tablo 4.4. Genlik değerlerinin ÖSS puanlarına göre düzeltilmiş ortalama ve standart hata değerleri.

Dependent Variable: GENLİK

GRUP	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
orman	12,477 ^a	2,271	7,925	17,029
tıp	12,636 ^a	2,245	8,136	17,136
hemşirelik	6,523 ^a	2,210	2,094	10,953

a. Evaluated at covariates appeared in the model: ÖSS Puanı: 322,288

Tablo 4.5. Tıp fakültesi kız öğrencileriyle hemşirelik öğrencilerinin frekanslarının karşılaştırılması.

Dependent Variable: Frekans			
GRUP	Mean	Std. Deviation	N
TIP	9,6928	1,17401	16
HEM	8,8306	1,44921	17
Total	9,2487	1,37391	33

Dependent Variable: FREKANS					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11,470 ^a	3	3,823	2,266	,102
Intercept	2,966	1	2,966	1,758	,195
OSS	5,245	1	5,245	3,108	,088
YAŞ	1,999	1	1,999	1,185	,285
GRUP	3,623	1	3,623	2,147	,154
Error	48,935	29	1,687		
Total	2883,153	33			
Corrected Total	60,404	32			

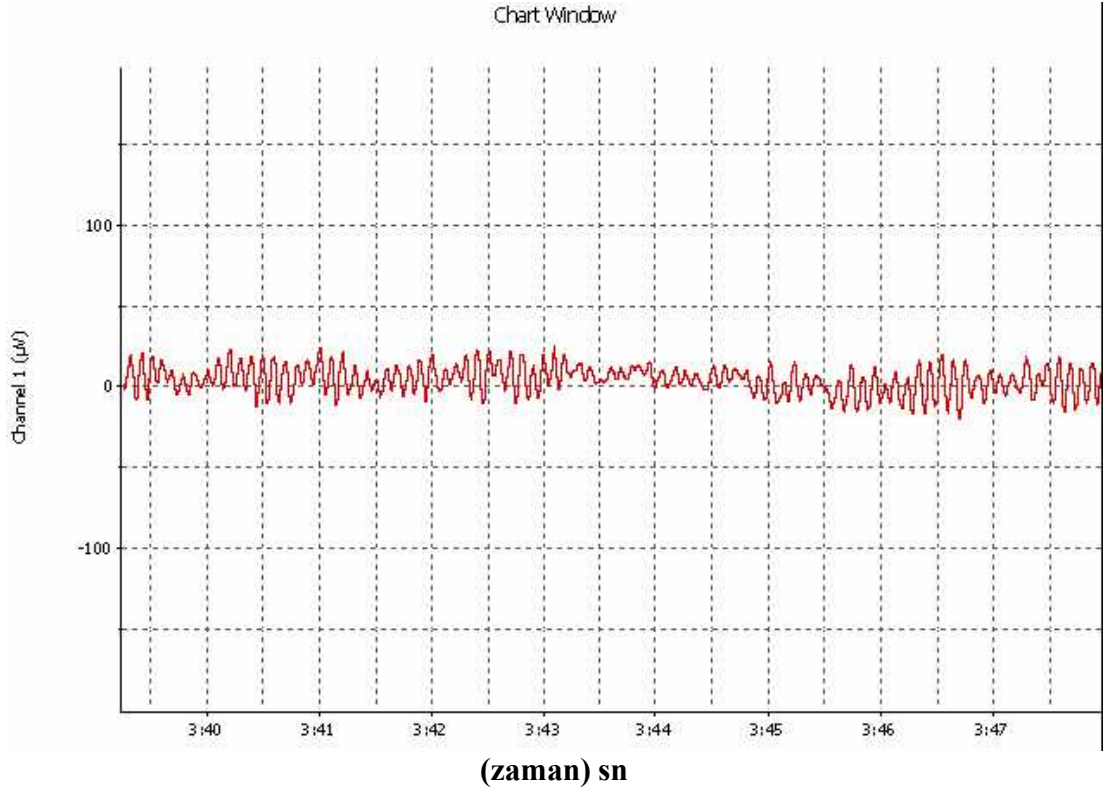
a. R Squared = ,190 (Adjusted R Squared = ,106)

Tablo 4.6. Tıp fakültesi kız öğrencileriyle hemşirelik öğrencilerinin genliklerinin karşılaştırılması.

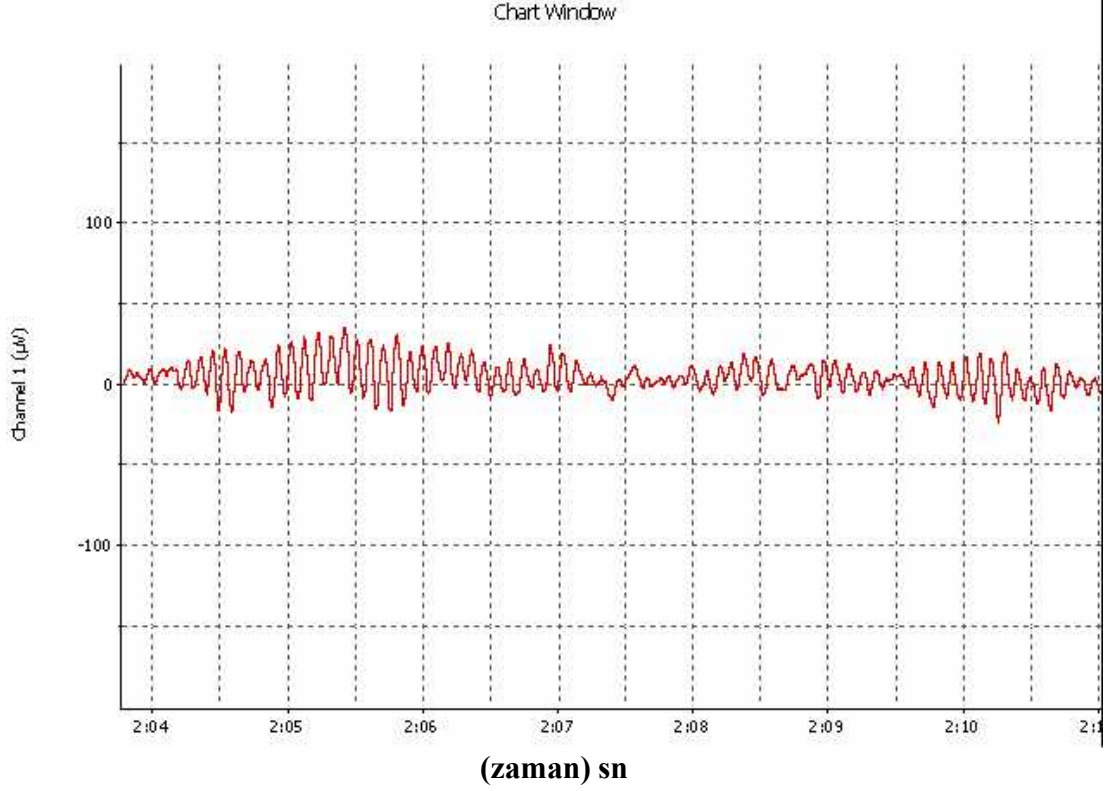
Dependent Variable: Genlik			
GRUP	Mean	Std. Deviation	N
TIP	9,9679	5,60117	19
HEM	7,6400	3,81473	16
Total	8,9037	4,94103	35

Dependent Variable: GENLİK					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	58,880 ^a	3	19,627	,789	,509
Intercept	1,833	1	1,833	,074	,788
OSS	2,039	1	2,039	,082	,777
YAŞ	11,749	1	11,749	,472	,497
GRUP	,126	1	,126	,005	,944
Error	771,187	31	24,877		
Total	3604,732	35			
Corrected Total	830,067	34			

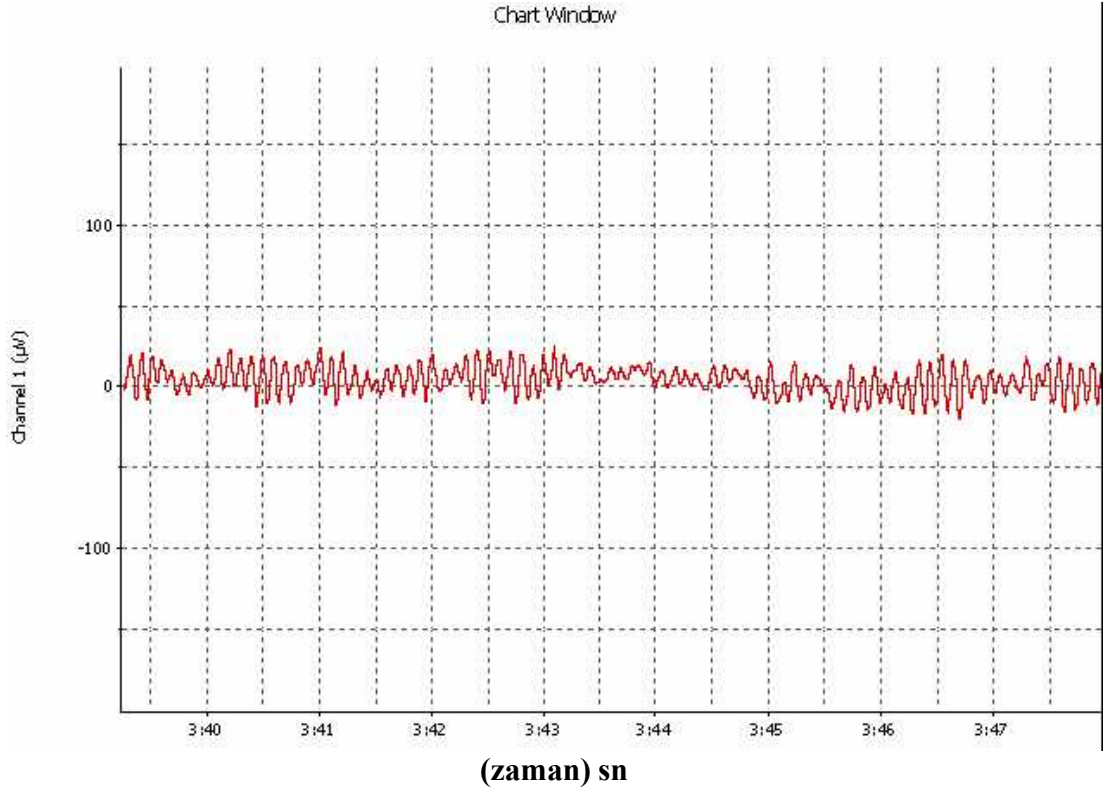
a. R Squared = ,071 (Adjusted R Squared = -,019)



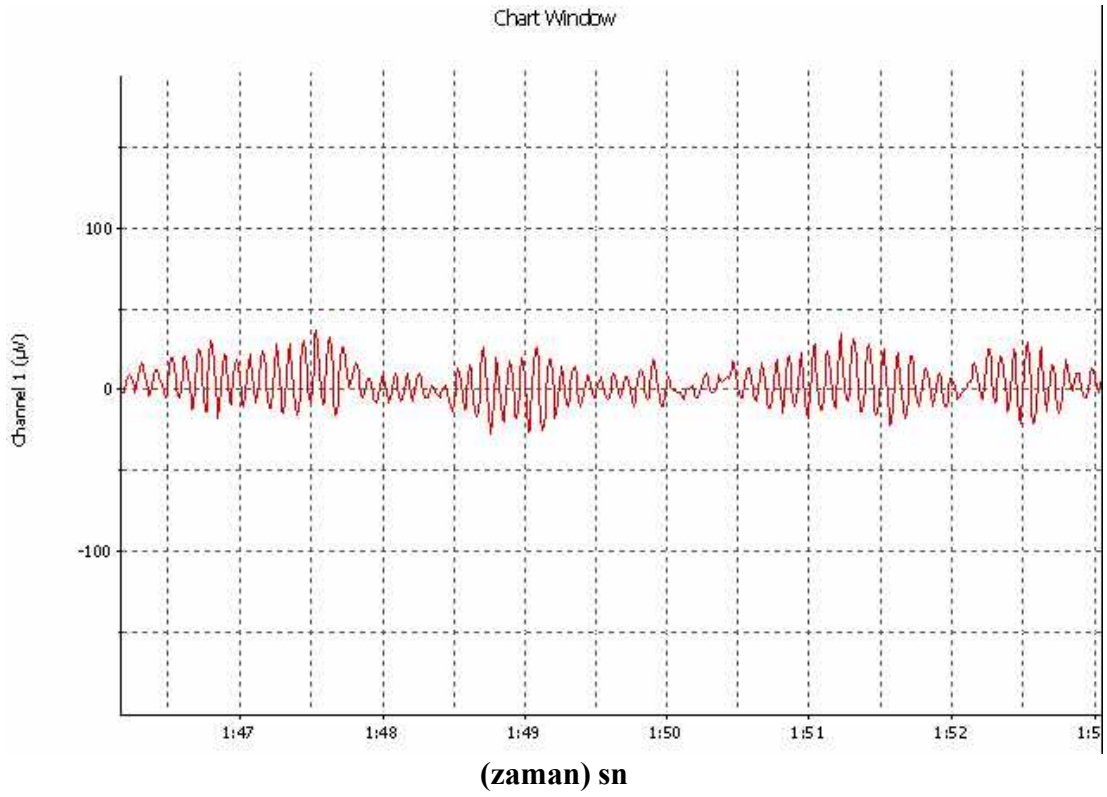
Şekil 4.1.a) Orman Fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.



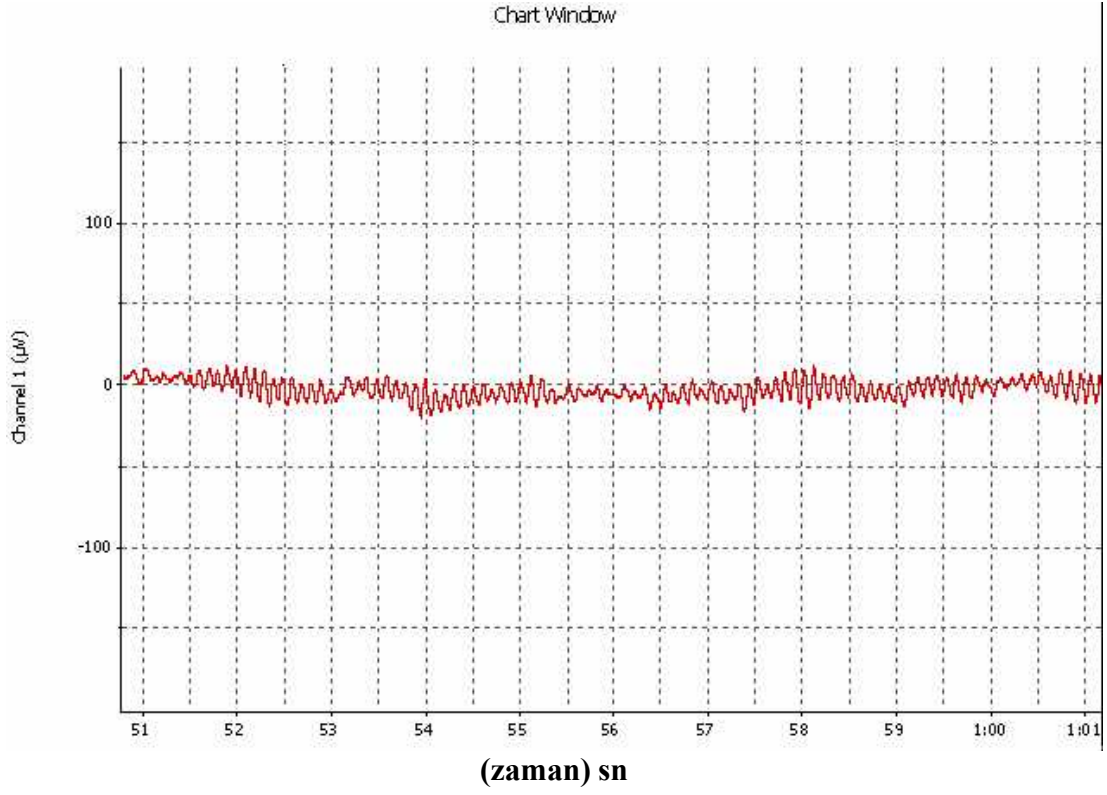
Şekil 4.1.b) Orman Fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.



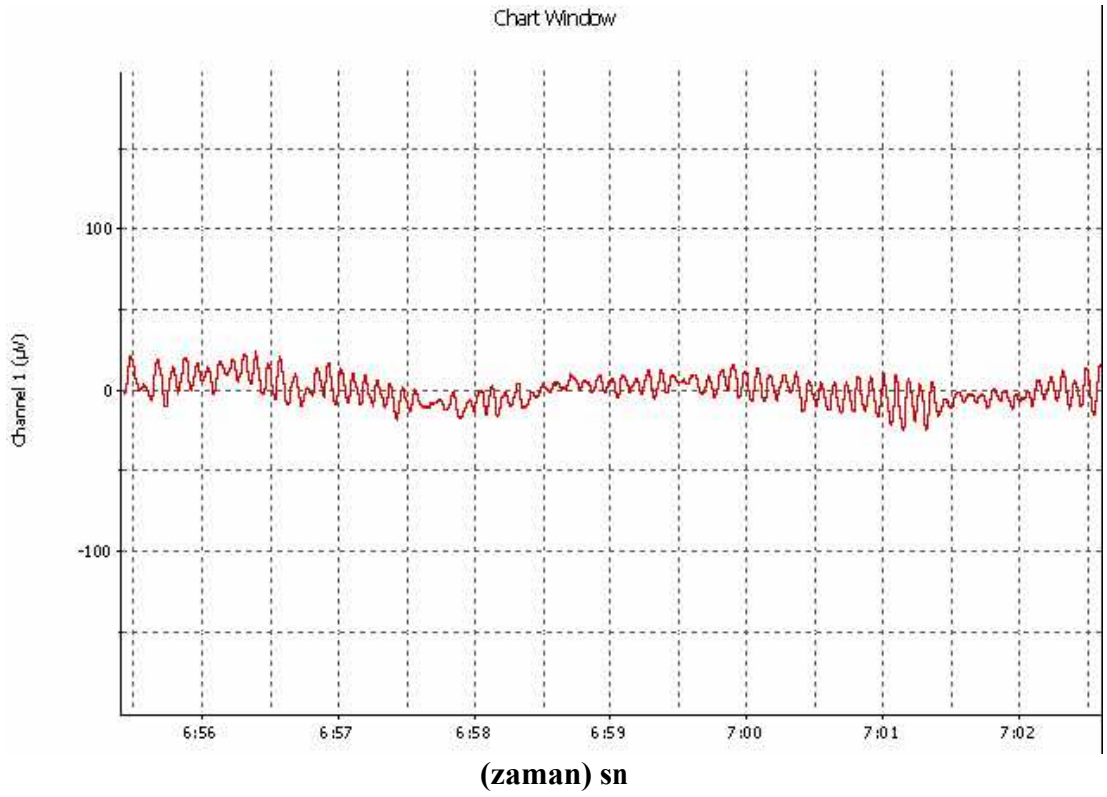
Şekil 4.2.a) Tıp Fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.



Şekil 4.2.b) Tıp Fakültesi öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.

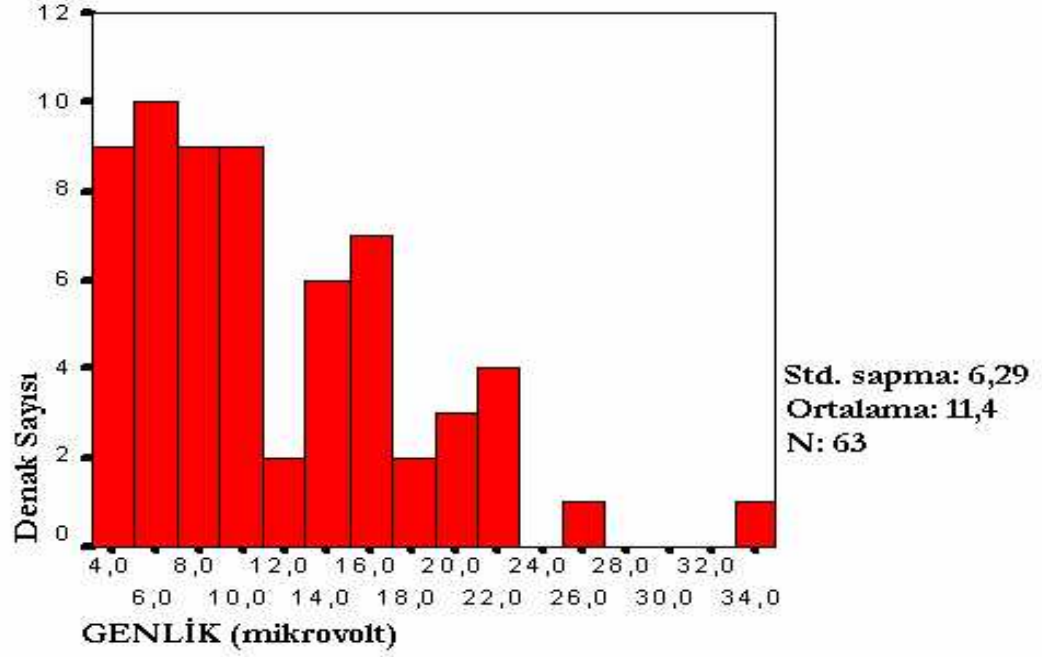


Şekil 4.3.a) Hemşirelik öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.

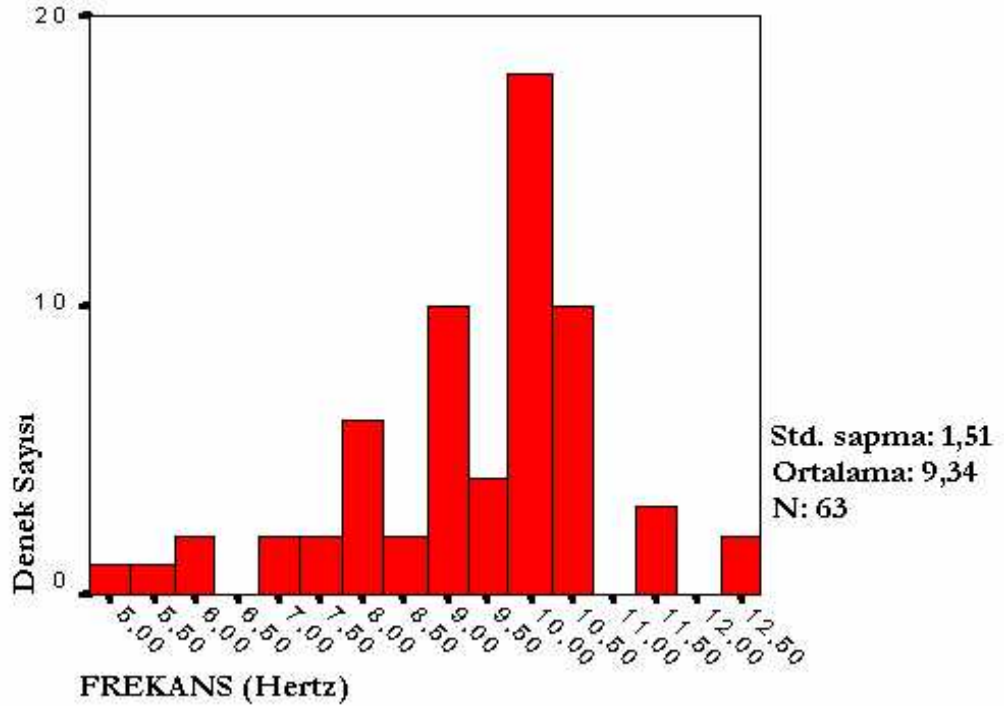


Şekil 4.3.b) Hemşirelik öğrencilerine ait örnek EEG kaydı.

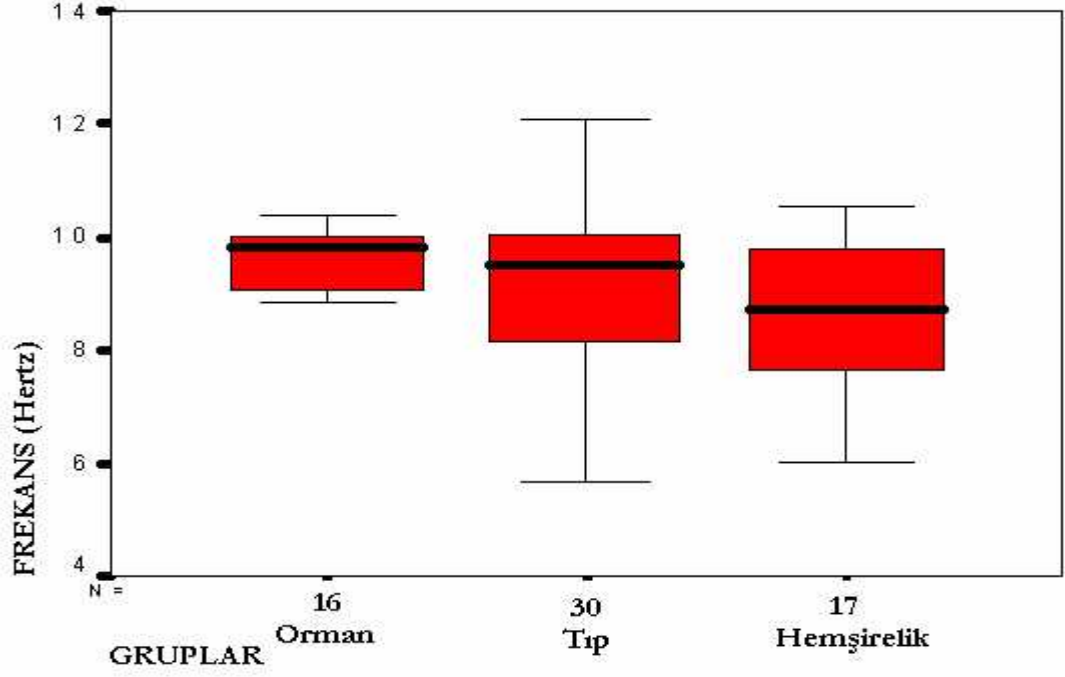
Tablo 4.7. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların genlik değerlerinin birlikte gösterilmesi.



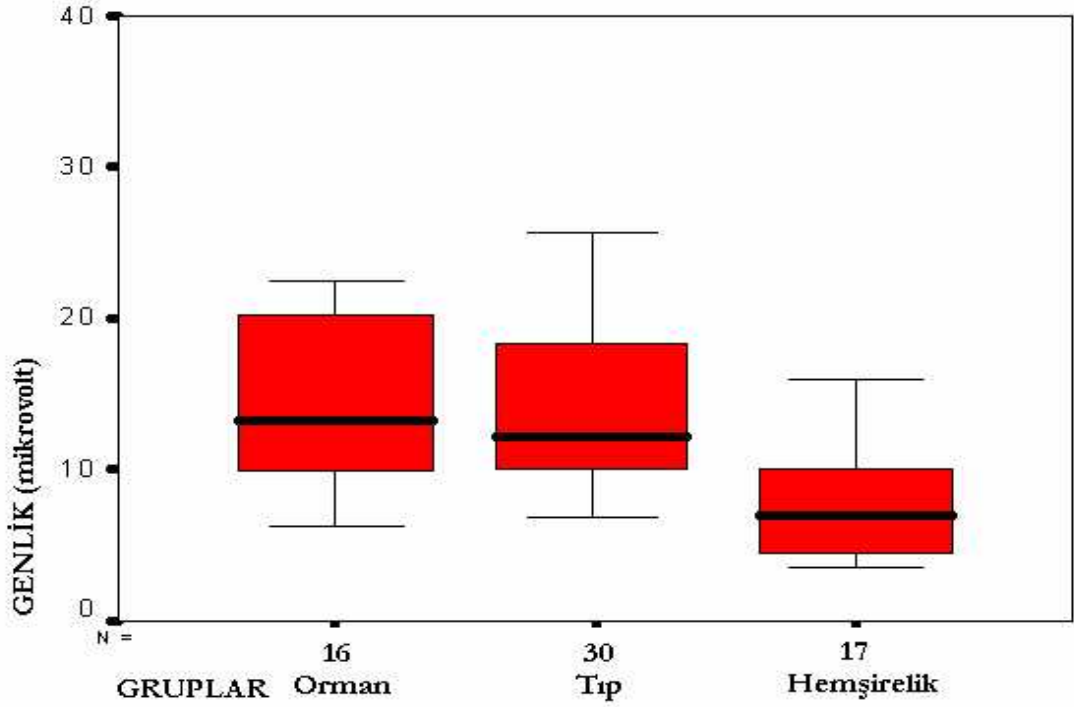
Tablo 4.8. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans değerlerinin birlikte gösterilmesi.



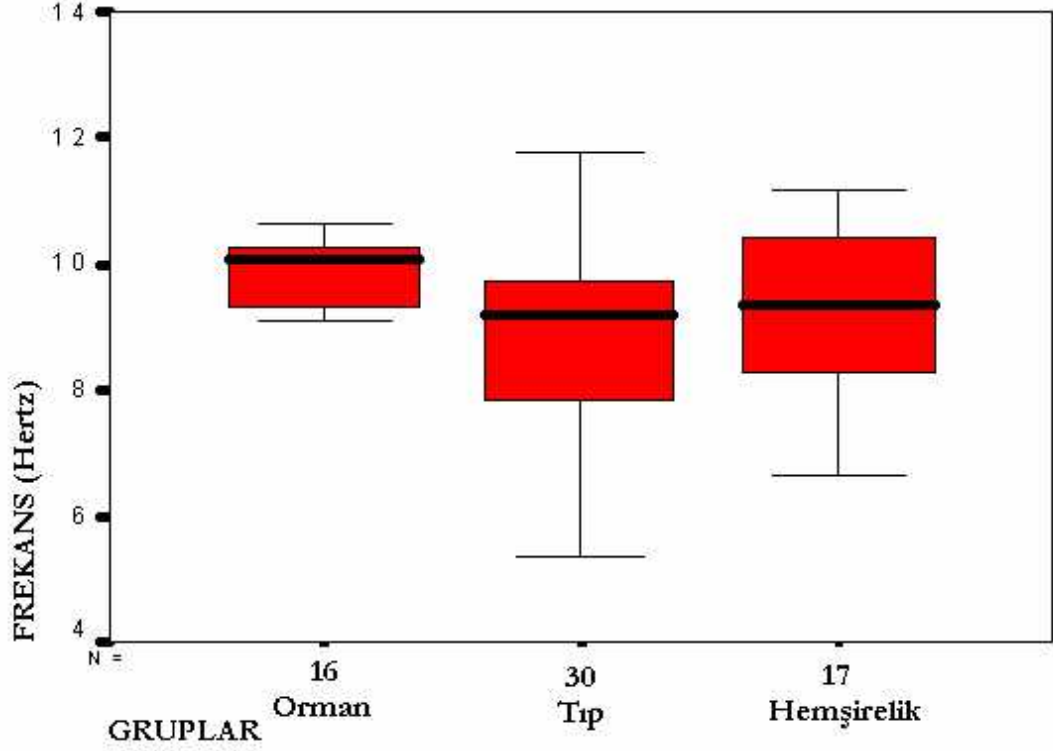
Tablo 4.9. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans değerlerinin ayrı ayrı gösterilmesi.



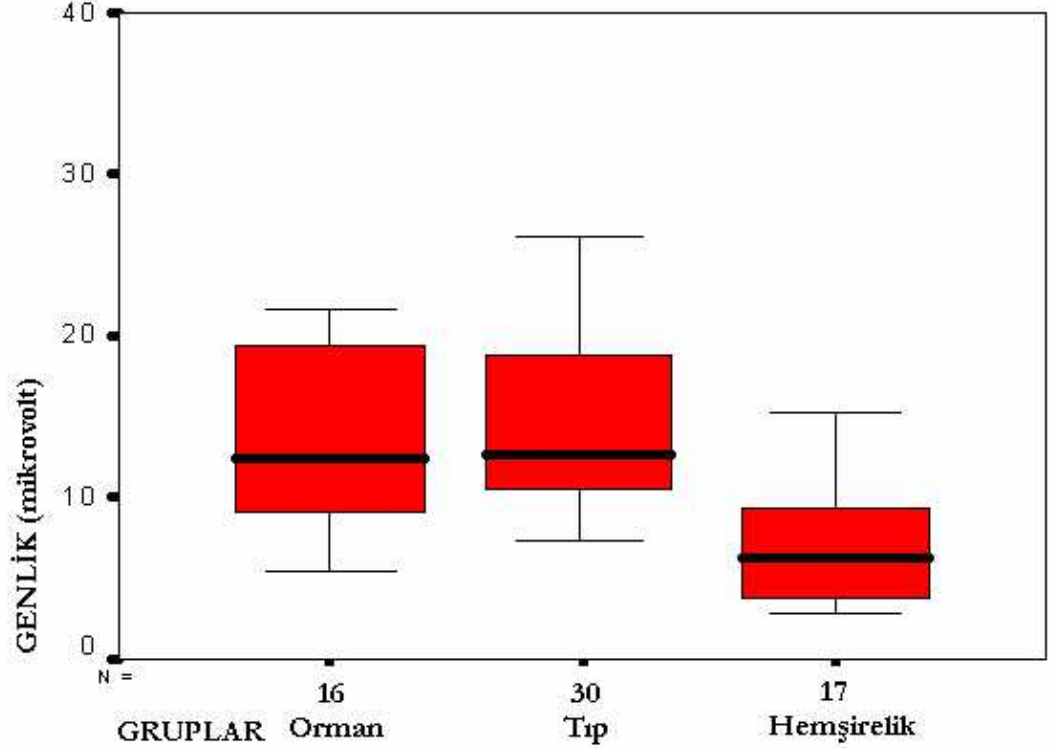
Tablo 4.10. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların genlik değerlerinin ayrı ayrı gösterilmesi.



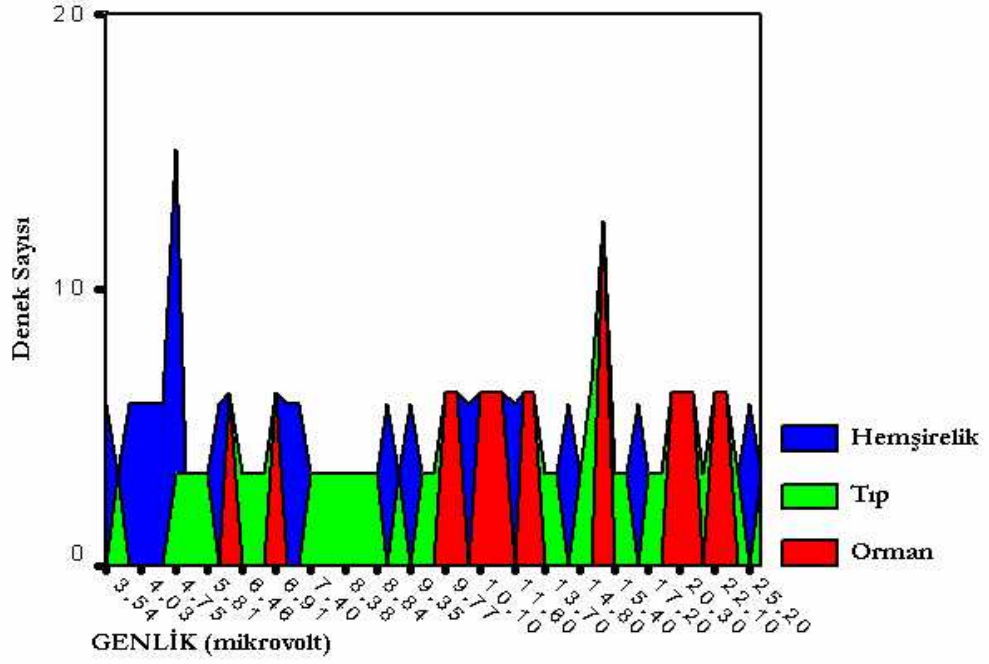
Tablo 4.11. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans değerlerinin ÖSS puanları dikkate alındığında ayrı ayrı gösterilmesi.



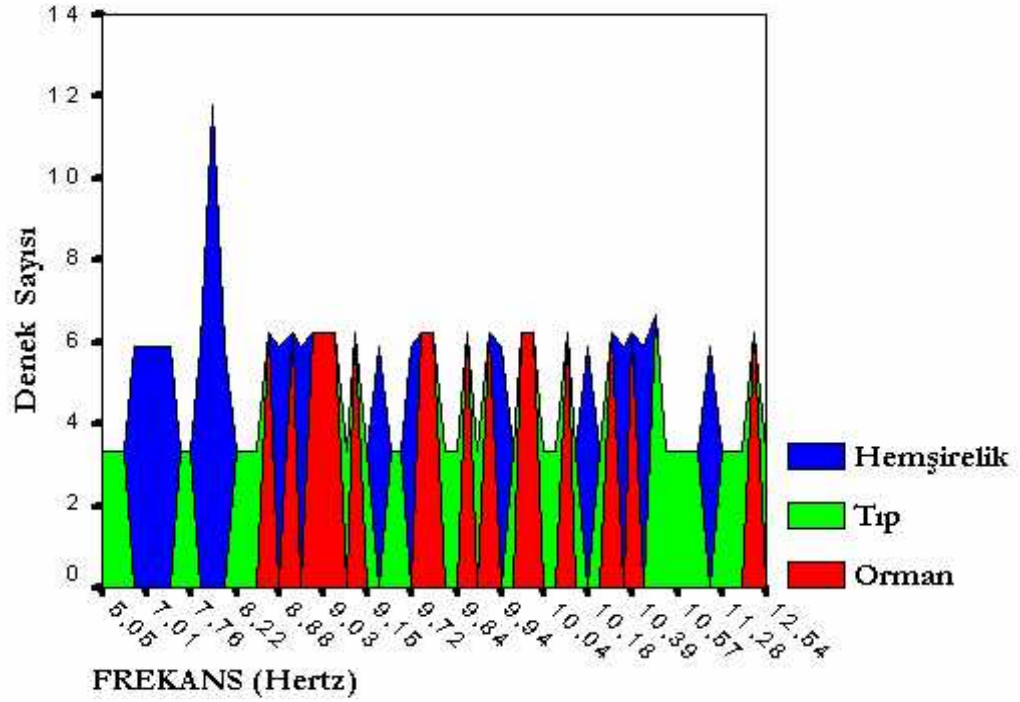
Tablo 4.12. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların genlik değerlerinin ÖSS puanları dikkate alındığında ayrı ayrı gösterilmesi.



Tablo 4.13. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların genlik değerlerinin kişi sayısı ile birlikte gösterilmesi.



Tablo 4.14. Orman fakültesi, tıp fakültesi ve hemşirelik bölümünden oluşan grupların frekans değerlerinin kişi sayısı ile birlikte gösterilmesi.



5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Alfa yayılımlarının desenkronizasyonu genellikle anlamsal uzun dönem hafıza aktivasyonu ile belirlenir, çalışan hafızanın yüksek talebi alfa amplitüdünün artışına neden olur (Jensen ve ark., 2002). Çalışan hafızada artan hafıza yükünün alfa aktivitesi doğrusal olarak gösterilmiştir. Böylece bilginin beyin bölgelerine akışı çalışan hafızada engellenmiştir.

Alfa frekansının hafıza performansı ile ilişkisini şu üç varsayıma dayandırılmıştır. 1) hafıza kodları neokortekste geniş olarak dağılmış hücre kümeleri ile temsil edilmiştir. 2) hafıza kodları talamus ve hipokampus gibi beyin bölgelerini neokortekste bağlayan uzunlamasına yollarla (geri besleme yolağı) kaydedilir. 3) alfa ritimlerinin desenkronizasyonu uzun dönem hafıza bilgilerinin aranmasını ve geri çağırmanın kaydını yapan bazı yolların ve kortikal alanların aktivitesini yansıtmaktadır. Alfa frekansına odaklanıldığında şu sonuca varılabilir: kişiler arasındaki alfa frekans farklılıkları hafıza performansları arasındaki farkları yansıtır (Klimesch ve ark., 1990; 1993).

Anokhin ve Vogel (1996) zeka skorlarıyla alfa frekansı arasında pozitif ilişki bulmuştur. Bulunan yüksek alfa bandının frekans değerindeki düşüşe daha zekilerin alfa frekans piklerinin eğilimli olduğu görülmüştür. Sağlıklı kişilerin EEG'sinde bireysel değişimler için hemen hemen yalnızca genetik farklılıklar etkilidir. Bu delille birlikte zeka seviyesinde kişisel farklılıklarla birlikte genetik faktörler önemli rol oynamaktadır (Vogel, 2000).

Stipacek ve ark. hafıza yüklenmesinin artırılmasıyla yüksek alfa bandında doğrusal yükselme gözlemişler ve hafıza işlerinde bilişsel işlerin ayırt edilebilirliğinin kanıtının bu olduğunu ileri sürmüşlerdir (Stipacek ve ark., 2003).

Pik alfa frekansı veya bireysel hafıza frekansı bilişsel kapasitenin bir göstergesi olabilir. Pik alfa frekansı hem kalıtsal hem de beyin fonksiyonlarının durumu ile ilişkili bulunmuştur. Kalıtsal geçiş gösteren bilişsel kapasitede pik alfa frekansı sağlıklı ve klinik bireyler arasında çok yaygın bir dağılım göstermektedir. Hasta bireyler sağlıklı bireylere göre daha düşük pik alfa frekans değerleri vardır (Passero ve ark., 1995). Bireysel durumdaki bilişsel kapasiteyi gösteren pik alfa frekansı'nın bilişsel görevler, mental üretim, emosyonel durum ve çeşitli madde

verilmesiyle etkilenebileceği bulunmuştur (Klimesch ve ark., 1990). Açıklanabilecek ve desteklenebilecek olası ilişki hem kalıtsal hem de kişisel farklılıkların pik alfa frekans'ı etkilediğidir.

Bazı araştırmacılar alfa bandındaki EEG frekansının talamustan köken aldığını ve kortekste senkronize bir nöral aktiviteyi uyardığını ileri sürmüşlerdir (Steriade ve ark., 1990; Basar, 1992). Hafıza kodlarının talamus çekirdeklerini kortekse bağlayan uzunlamasına yolaklar tarafından geri çağrıldığı ve alfanın da bu yolakların aktivitesini yansıtan baskın ritim olduğu göz önüne alındığında, alfa frekansının hafıza performansı ile ilişkili olduğu hipotezine ulaşılır. Klimesch ve ark. (1990; 1993) kötü hafıza performansı gösterenlere karşı iyi performanslıların belirgin olarak daha yüksek alfa frekansına sahip olduklarını göstermişlerdir.

Teta yayılımları hafıza için önemlidir. Çünkü farklı kortikal bölgeler arasındaki senkronizasyonlarla ilgilidir (Freeman, 1996).

Bazı çalışmalarda dil ve hafıza süreci sırasında koherensin çok iyi bir fizyolojik senkronizasyon ölçümü olmasını göstermelerinden yola çıkarak hatırlanan ve hatırlanmayan isimlerin hafızaya kodlanması sırasında EEG koherens farklılıklarına bakılmıştır (Müller ve ark., 1997; Krause ve ark., 1998; Petsche ve Etlinger, 1998; Sarnthein ve ark., 1998; Miltner ve ark., 1999; Stein ve ark., 1999). Alfa 1 bandı ve beta 1 bantlarında daha yüksek koherens çalışmanın semantik kısmı ile ilişkili olabilir. Buna ek olarak daha sonra hatırlanan isimler için daha yüksek koherensten bahsedilmiştir. İşitsel biliş sırasındaki ortalama koherens görsel bilişinkinden belirgin olarak fazlaydı. Dahası, dinlenme sırasındaki EEG ile karşılaştırıldığında işitsel durum sırasında koherens artış yüzdesi de görsel durumdakine göre yüksekti. Özellikle hatırlanmayan isimler için, ana olarak posterior elektrotlar arasında koherens azalma yüzdesinde hafif bir artış bulundu. Bahsedilen işitsel süreç sırasında fronta-santral bölgelerde koherens artışı ve duysal süreç sırasında oksipital bölgelerde koherens azalışı önceki çalışmalarda da gösterilmiştir (Petsche ve ark., 1997; Weiss ve Rappelsberger, 1998; Stein ve ark., 1999). Bu çalışmanın en önemli sonucu hatırlanan isimlerin hafızaya kodlanması sırasındaki ortalama koherensin hatırlanmayanlara göre belirgin olarak yüksek olmasıydı. Alfa-1 bandı hariç bütün frekanslarda bunun bulunmasına rağmen artmış senkronizasyonu hafızaya kaydetme sürecindeki bilişsel anlam her bir frekans için

farklı yorumlandı. Uyarı sunum modu bakımından işitme ve görmeyi birbirinden ayıran tek band alfa-1 idi. İsimlerin hafızaya kaydı sırasında lokal aktivitelerin önemli rolü vardır. Özellikle EEG koherensinde değişik hücre toplulukları arasında senkronizasyon değişikliklerinin anlanmasını sağlayacak bilişsel süreç etkili olabilir (Weiss ve Rappelsberg, 1998).

Genellikle alfanın etkisi zihinsel çaba sırasında düşer, bununla beraber kortikal inhibisyonda artma yüksek alfalar geri kazanım olarak yorumlanır (Cooper ve ark., 2003).

Semantik süreç sırasında daha zeki olanlarla daha az zeki olanlar karşılaştırıldığında daha zeki olanların sol hemisferinden alınan alfa kayıtlarında önemli derecede artış gözlenmiştir (Doppelmayr ve ark., 2002) .

Hafıza araştırmalarında karşımıza çıkan en önemli soru arama işleminde hafızadaki bilginin nasıl geriye çağırıldığıdır. Çoğu araştırmacı kortikal nöral ağın hafıza için depolama ağı olduğunu düşünmekteyse de arama işleminin nasıl başlatıldığı ve bilginin nasıl girilip nasıl geri çağırıldığı hakkında halen çok az şey biliniyor. Hafıza teorileri arama işlemini kortikal depolama ağından yayılan bir aktivasyon işlemi olarak tanımlar (Klimesch, 1994). Fakat aranan bir bilginin bulunması ile ilgili varsayımda aranan ağın aktivasyon durumu bir monitorizasyon sistemine geri besleme yollarıyla geriye iletiliyor olmasıdır. Aranan ağın bir parçası olan ilgili kodların belirlenmesinde geri besleme yolları karar mekanizmasını oluşturuyor olabilir. Temel düşünce kısmi görüntüleme sistemine dönüşen görüntüleme ağının depolama ağında haritalandırılmış olmasıdır. Sonuçta görüntüleme sistemi korteks ile aksonal bağlantılardan oluşan yoğun bir ağ ile bağlantılıdır. Bazal gangliyonların yanı sıra farklı kortikal bölgelere talamo-kortikal uzantılar gösteren talamus bu ihtiyaca cevap veren başlıca beyin yapılarıdır (Lopez da Silva ve ark., 1990; Höhl-Abrahamo ve Creutzfeldt, 1991). Talamo-kortikal ağ ile karşılaştırıldığında kortikal ağ çok yoğunlaştırıcı bir düzendedir. Böylece her geri besleme yolağı büyük bir kortikal alan olarak işlev görür. Bu alanlar “alfa alanı” olarak adlandırılmıştır.

Bazı patolojik olgular alfa dalgaları ile hafıza arasındaki ilişkiyi doğrular mahiyettedir. Sheridan ve ark. (1988) iki grup Alzheimer hastalarını karşılaştırmışlar, ilk grupta hastalar gözleri kapalıyken düzgün alfa dalgaları (9-13 Hz aralığında)

gösterirken gözlerini açarken bu dalgaların zayıflamadığı görülmüştür. İkinci grupta hastalar gözlerini açtıklarında zayıflamayan düzensiz karışık yavaş alfalar (7-11 Hz aralığında) görülmüştür. Mattis Demantia skalasında faklılık göstermediği halde ilk grubun “Wechesler Memory” skalası değerleri daha yüksek olup paryetal glukoz metabolik hızları da daha yüksek bulunmuştur. Belirtilen sonuçlar sadece sınırda belirginlik göstermiş, yani tam sınırda değerlerdir. Bu ön sonuçlara istinaden genelde pik frekansı olarak ölçülen alfa frekansının belli bir değere kadar değişkenlik gösterebileceği söylenebilir. Tek bir alfa ritmi olmadığından pik frekansının alfa frekansını en iyi en iyi gösteren parametre olmadığı kabul edilmiştir (Mulhalland, 1969). Eğer alfa frekansının tamamına ulaşılabilirse bu tek tepe frekansından daha anlamlı olur. Çekim frekansı kişisel farklılıkları tam olarak yansıtamaz. Bunu engellemek için alfa etki dağılımının frekans aralığını her elektrot ve kişiye göre ayrı ayrı belirlemeli ve çekim frekansı bu aralıkta hesaplanmalıdır. Klimesch ve ark. (1990) belirttiği üzere geniş bir alfa bandının ortalamasında IAF (kişisel alfa frekansı) terimi kullanılmaktadır.

IAF birçok deneyde alfa frekansının belirteci olarak kullanılmıştır. Klimesch ve ark.’nın (1990) ilk deneyinde Alzheimerli hastaların dinlenme periyodunda ölçülmüş ve aynı hastalara Wecshler memory skalası da uygulanmıştır. Tüm özelliklere göre kişiler iyi hafızalı ve kötü hafızalı olarak iki gruba ayrılmışlardır. İki grubun IAF’si karşılaştırıldığında IAF’nin değişimi tahmin edilen yönde olur. İyi hafızalı Alzheimerli hastalar, kötü hafızalılarda 1,12 Hz daha yüksek alfa frekansı gösterirler. Tüm kişilerin Wecshler memory skorları ve tüm kişisel elektrot IAF’lerine istinaden her iki hemisferin alfa frekanslarının Wecshler hafıza skalasına uyumlu olduğu söylenebilir. Sheridan ve arkadaşlarının (1988) bulduğu gibi Klimesch’te çalışmasında alfa frekansı ile hafıza performansı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. Saletu ve Grünberger (1985) sözlü hafıza ile alfa frekansı arasında zayıf ama anlamlı bir ilişki bulmuştur. IAF’deki bilgileri toplandığında en önemli sonuç kötü performans gösterenlerin IAF’si genelde artan test yüküyle birlikte azalmaktadır. En dramatik düşüş geri çağırışım periyodunda ölçülen yaklaşık 0,7 Hz’lik düşüştür. Ön yorum şu genel hipoteze göre yapılmıştır. Bir kez sistemin kapasitesinin limitlerine ulaşıldı mı bilgi işleme hızı yavaşlar. IAF’nin yayılım aktivasyonunun ve geri çağırışım işleminin hızını yansıttığından

belirli bir kortikal alanın (alfa alanı) aktivasyon hızının ve bu kortikal alanı yansıtan alfa frekansının yavaşlaması beklenir. Bu yüzden alfa frekansının hafıza işleminin hızıyla ilişkili olduğunu söylenebilir. Bunun desteği davranışsal kanıtlarla oluşur. Örneğin reaksiyon süresi deneyinde Klimesch ve ark.(1988) iyi hafıza performansı gösterenlerin bir nesneyi hatırlamasının kötü hafızalılardan daha hızlı olduğunu bulmuştur.

En genel sonuç; alfa frekansının bilişsel performans veya bilişsel işlem kapasitesini gösteren en duyarlı ölçüm olduğudur. Alfa frekans işlem kapasitesinin bir fonksiyonu olarak kişiler arasında ve kişisel olarak farklılıklar gösterir. Artan yaşla azalan alfa frekansı ve birçok nörolojik bozukluğa bağlı azalmış alfa frekansı alfa aktivitesi ile bilişsel performans arasındaki ilişkiyi gösteren iyi bilinen örneklerdir. Hafıza ve dikkat kaynakları bilişsel işlem kapasitesini belirleyen en önemli faktörlerdir. Alfa frekansı ile hafıza performansı arasındaki özel ilişki alfa frekansının belirgin ve pozitif olarak hafıza performansı ile uyumunun gösterilmesine dayanmaktadır (Klimesch ve ark. 1990). Yaş eşleştirmeli deneklerde iyi ve kötü hafıza gösteren kişiler arasındaki ortalama fark 1 Hz civarında bulunmuştur.

Bizim çalışmamızda ise; ÖSS puanları hafıza ve öğrenme açısından belirleyici bir faktör olarak dikkate alındığında, gruplar arasında sadece genlik bakımından istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmıştır. Bu farklılık incelendiğinde ise orman fakültesi ve hemşirelik bölümü arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Buna paralel olarak Tıp fakültesi ve hemşirelik bölümü arasındaki fark da anlamlı bulunmuştur. Diğer taraftan tıp fakültesi ile orman fakültesi arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Frekans yönünden ise her üç grup arasındaki fark anlamlı olmadığı görülmüştür. Tıp fakültesi kız öğrencileriyle hemşirelik bölümü kız öğrencileri arasında ÖSS puanları açısından anlamlı farklılık varken hem frekans hem de genlik açısından anlamlı fark bulunamamıştır. Sonuç olarak, bu durum alfa dalgalarının genlik ve frekansıyla öğrenme ve hafıza arasında doğrusal bir ilişki olmadığını göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

- 1) Kikuchi, M., Wada, Y., Takeda, T., Oe, H., Hashimoto, T., Koshino, Y., EEG harmonic responses to phonic stimulation in normal aging and Alzheimer's disease: differences in interhemispheric coherence. *Clin. Neurophysiol* 2002; 113:1045-1051. doi:10.1016/S1388-2457(02) 00129-3.
- 2) Von Stein, A., Sarnthein, J., Different frequencies for different scales of cortical integration: from local gamma to long range alpha theta synchronization. *Int. J. Psychophysiol* 2000; 38, 301–313.
Yamaguchi, Y., 1981. Frontal midline
- 3) Basar, E., Basar-Eroglu, C., Karakas, S., Schurmann, M., Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. *Int. J. Psychophysiol* 2001; 39, 241–248.
- 4) Klimesch, W., Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *Int. J. Psychophysiol* 1996; 24, 61– 100.
- 5) Klimesch, W., EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res. Brain Res. Rev* 1996; 29, 169– 195.
- 6) Rodriguez, E., George, N., Lachaux, J.P., Martinerie, J., Renault, B., Varela, F.J., Perception's shadow: long distance synchronization of human brain activity. *Nature* 1996; 397, 430–433.
- 7) W. Klimesch, EEG-alpha rhythms and memory processes, *Int. J. Psychophysiol* 26 (1997) 319–340.
- 8) Pfurtscheller G: Event-related synchronization (ERS): an electrophysiological correlate of cortical areas at rest. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1992; 83:62– 69.
- 9) Pfurtscheller G, Stancák A, Neuper C: Event-related synchronization (ERS) in the alpha band an electrophysiological correlate of cortical idling: a review. *Int J Psychophysiol* 1996; 24:39–46.
- 10) Busch NA, Herrmann CS: Object-load and feature-load modulate EEG in a short-term memory task. *Neuroreport* 2003; 14:1721–1724.
- 11) Cooper NR, Croft RJ, Dominey SJ, Burgess AP, Gruzelić JH: Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses. *Int J Psychophysiol* 2004; 47:65–74.
- 12) Herrmann CS, Senkowski D, Röttger S: Phase-locking and amplitude modulation of EEG alpha: activity reflects different cognitive processes in a working memory task. *Exp Psychol* 2004; 51:322–329.
- 13) Jensen O, Gelfand J, Kounios K, Lisman JE: Oscillations in the alpha band (9–12 Hz) increase with memory load during retention in a short-term memory task. *Cereb Cortex* 2002; 12:877– 882.

- 14) Passero S, Rocchi R, Vatti G, Burgalassi L, Battistini N. Quantitative EEG mapping. regional cerebral blood flow and neuropsychological function in Alzheimer's disease. *Dementia* 1995; 6(3):148-56.
- 15) Klimesch W, Schimke H, Ladurner G, Pfurtscheller G, Alpha frequency and memory performance. *J Psychophysiol* 1990; 4:381-90.
- 16) Anokhin, A., and Vogel, F. EEG alpha rhythm frequency and intelligence in normal adults. *Intelligence* 1996; 23, 1-14.
- 17) Li D, Sun F, Jiao Y. Frontal EEG characters in aging and the correlativity with some cognitive abilities. *Acta Psychol Sinica* 1996; 28(1):76-81.
- 18) J.M. Canive, J.D. Lewine, J.C. Edgar, J.T. Davis, G.A. Miller, F. Torres, V.B. Tuason, Spontaneous brain magnetic activity in schizophrenia patients treated with aripiprazole, *Psychopharmacol. Bull* 1998; 34: 101–105
- 19) K.M. Billiot, T.H. Budzynski, F. Andrasik, EEG patterns and chronic fatigue syndrome, *J. Neurother* 1997; 2: 20–30
- 20) C. Juhasz, A. Kamondi, I. Szirmai, Spectral, EEG analysis following hemispheric stroke: evidences of transhemispheric diaschisis, *Acta Neurol. Scand* 1997; 96:397–400.
- 21) E. Angelakis, J.F. Lubar, S. Stathopoulou, J. Kounios, Peak alpha frequency: an electroencephalographic measure of cognitive preparedness, *Clin. Neurophysiol* 2004; 15: 887–897.
- 22) W. Klimesch, EEG-alpha rhythms and memory processes, *Int. J. Psychophysiol* 1997; 26: 319–340.
- 23) Suldo SM, Olson LA, Evans JR. Quantitative EEG evidence of increased alpha peak frequency in children with precociously reading ability. *J Neurother* 2001; 5(3):39-50.
- 24) Klimesch, W., Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *Int. J. Psychophysiol* 1996; 24, 61– 100.
- 25) Klimesch, W., EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res. Brain Res. Rev* 1996; 29: 169– 195.
- 26) Klimesch, W. The structure of long-term memory: a connectivity model of semantic processing. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ 1994.
- 27) Kolev, V., Yordanova, J., Basar-Eroglou, C., Basar, E., Age effects on visual EEG responses reveal distinct frontal alpha networks. *Clin. Neurophysiol* 2002; 113:901–910.

- 28) Köpruner, V., Pfurtscheller, G., Auer, L.M., Quantitative EEG in normals and patients with cerebral ischemia. In: Pfurtscheller, G., Jonkman, E.J., Lopes da Silva, F.H. (Eds.), Brain Ischemia: Quantitative EEG and Imaging Techniques, Progress in Brain Research, Vol. 62. Elsevier Science Publishers, pp. 1984; 29–50.
- 29) A.C. Guyton, J.E. Hall. Textbook of Medical Physiology. Ln: Cavusoglu H (eds). Beynin Etkinlik Durumları; Uyku; Beyin Dalgaları; Epilepsi; Psikozlar. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi Basımı, 1996. p. 763-764.
- 30) St.L. Bressler, Large-scale cortical networks and cognition, Brain Res. Rev 1995; 20:288–304.
- 31) J.G. Beaumont, M.D. Rugg, The specificity of intrahemispheric EEG alpha coherence asymmetry related to psychological task, Biol. Psychol 1979; 9: 237–248.
- 32) W. Krause, H. Gibbons, B. Schack, Concept activation and coordination of activation procedure require two different networks, NeuroReport 1998; 9: 1649–1653.
- 33) J. Sarnthein, H. Petsche, P. Rappelsberger, G.L. Shaw, A.v. Stein, Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 1998; 95: 7092–7096.
- 34) S. Weiss, W. Chromecek, P. Rappelsberger, Electrophysiological signs for a differentiation between good and poor memory performers, Eur. J. Neurosci. Suppl. 1998; 10: 142.
- 35) W.H.R. Miltner, C. Braun, M. Arnold, H. Witte, E. Taub, Coherence of gamma-band EEG activity as a basis for associative learning, Nature 1999; 397: 434–436.
- 36) Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principles of Neural Science. Ln: Martin JH(eds). The Electroencephalogram and the Mechanism of Epilepsy. New York: Harvard University Pres; 1991: pp. 777-785
- 37) Marangoz C. Sinir fizyolojisine giriş-I. Beyin korteksi. EEG ve Epilepsi. Samsun: 19 Mayıs Üniversitesi Matbaası baskısı; 2001: sa: 120-131
- 38) Klimesch, W., Schimke, H. and Pfurtscheller, G. Alpha frequency, cognitive load and memory performance. Brain Topogr. 1999; 5: 1-11.
- 39) Vogel, F. Genetics and the electroencephalogram. Berlin: Springer. 2000
- 40) Stipacek A, Crabner RH, Neuper C, Fink A, Neubauer AC. 2003. Sensitivity of human EEG alpha band desynchronization to different working memory components and increasing levels of memory load. Arch Clin Neuropsychol 2003 May; 18(4):363-78
- 41) Klimesch, W., Schimke, H., Ladurner, G., and Pfurtscheller, G. Alpha frequency and memory performance. J.Psychophysiol 1990; 4: 381-390.

- 42) Steriade, M., Jones, E. and Llinas, R. *Thalamic oscillations and signaling*. New York: John Wiley 1990
- 43) Basar, E. Brain natural frequencies are causal factors for resonances and induced rhythms. in: E. Basar and T. Bullock (Eds.), *Induced Rhythms in the Brain*. Boston: Birkhauser, pp. 1992; 425-457.
- 44) Freeman, W.J., Random activity at the microscopic neural level in cortex ('noise') sustains and is regulated by low dimensional dynamics of macroscopic cortical activity ('chaos'), *int. J. of Neural Sys.* 1996; 7: 473-480.
- 45) H.M. Müller, S. Weiss, P. Rappelsberger, EEG coherence analysis of auditory sentence processing, in: H. Witte, U. Zwiener, B. Schack, A. Doering Eds., *Quantitative and Topological EEG and MEG Analysis*, Druckhaus Mayer, Jena, pp. 1997; 429-431.
- 46) W. Krause, H. Gibbons, B. Schack, Concept activation and coordination of activation procedure require two different networks, *NeuroReport* 1998; 9:1649-1653.
- 47) H. Petsche, S.C. Etlinger, *EEG and Thinking*, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, pp. 1998; 1-388.
- 48) J. Sarnthein, H. Petsche, P. Rappelsberger, G.L. Shaw, A.v. Stein, Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1998; 95: 7092-7096.
- 49) W.H.R. Miltner, C. Braun, M. Arnold, H. Witte, E. Taub, Coherence of gamma-band EEG activity as a basis for associative learning, *Nature* 1999; 397: 434-436.
- 50) A.V. Stein, P. Rappelsberger, J. Sarnthein, H. Petsche, Synchronization between temporal and parietal cortex during multimodal object processing in man, *Cereb. Cortex* 1999; 9: 137-150.
- 51) H. Petsche, S. Kaplan, A.V. Stein, O. Filz, The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks, *Int. J. Psychophysiol* 1997; 26:77-97.
- 52) S. Weiss, W. Chromeczek, P. Rappelsberger, Electrophysiological signs for a differentiation between good and poor memory performers, *Eur. J. Neurosci. Suppl.* 1998; 10: 142.
- 53) Cooper, N.R., Croft, R.J., Dominey, S.J.J., Burgess, A.P., Gruzelier, J.H., Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses. *Int. J. Psychophysiol* 2003; 47: 65- 74.
- 54) Doppelmayr M, Klimesch W, Hodlmoser K, Sauseng P, Gruber W. Intelligence related upper alpha desynchronization in a semantic memory task. *Neurosci Lett*, 2002; 17; 324(2): 121-4.

- 55) Lopes da Silva, F.H., Witter, M.P., Boeijinga, P.H. and Lohman, A.H.M. Anatomic organization and physiology of the limbic cortex. *Physiol. Rev.* 1990; 70: 453-511.
- 56) Höhl-Abraham, J.C. and Creutzfeldt, O.D. Topographical mapping of the thalamocortical projections in rodents and comparison with that in primates. *Exp. Brain Res.* 1991; 87:283-294.
- 57) Sheridan, P.H., Şato, S., Poster, N., Bruno, G., Cox, C., Fedio, P. and Chase, T.N. Relation of EEG alpha background to parietal lobe function in Alzheimer's disease as measured by positron emission tomography and psychometry. *Neurology* 1998; 38: 747-750
- 58) Mulholland, T.B. The concept of attention and the electroencephalographic alpha rhythm. in: C.R. Evans and T.B. Mulholland (Eds.), *Attention in Neurophysiology*. Butterworths, London, pp. 1969; 100-127.
- 59) Saletu, B. and Grünberger, J. Memory dysfunction and vigilance: neurophysiological and psychopharmacological aspects. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1985; 444: 406-427.
- 60) Klimesch, W., Schimke, H. and Ladumer, G. Die Suchzeit für episodische und semantische Information. *Sprache Kognition* 1988; 7: 129-143.
- 61) Erişim: <http://ausis.gf.vu.lt/ComLab-SciTech>