

Sağlıklı Yaşlanmanın Nöroelektrik Potansiyellere Etkisi

Hatice KAFADAR*, Sirel KARAKAŞ**

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, yaşa bağlı olarak farklı bilişsel süreçlerde ortaya çıkan değişimleri olay-ilişkili potansiyel ve olay-ilişkili osilasyonlar bağlamında ele almaktır. Araştırmada yaş (19-24 ve 45-67), deneysel paradigma (Farklı Uyarıcı Paradigması ve Seyrek Uyarıcı Paradigması) ve elektrot lokasyonu (Fz, Cz, Pz) olmak üzere 2x2x3 faktörlü deney deseni kullanılmıştır. Araştırmaya 35 gönüllü denek katılmıştır. Analizler, olay-ilişkili potansiyel, genlik frekans karakteristikleri ve olay-ilişkili osilasyon eğrileri üzerinde yaş, deneysel paradigma ve elektrot lokasyonuna göre yapılmış; ayrıca tekrar ölçümlü desene uygun varyans analizi ile incelenen değişkenlerin etkisi test edilmiştir. Bulgular, genelde, 19-24 yaş grubu deneklerin genlik zirve değerlerinin, tüm olay-ilişkili potansiyel bileşenlerinde 45-67 yaş grubuna göre daha büyük olduğunu göstermiştir. Genlik frekans karakteristiklerinde, 19-24 yaş grubu, 45-67 yaş grubuna göre düşük frekanslarda daha güçlü dalga formları göstermiştir. Olay-ilişkili osilasyonlar da yaş, deneysel paradigma ve elektrot lokasyonuna göre farklılık göstermiş; 19-24 yaş grubuna ait tepkilerin genliği genelde, 45-67 yaş grubundan daha büyük olmuştur. Varyans analizi sonuçları özellikle deneysel paradigma ve elektrot lokasyonu değişkenlerine ilişkin temel etki ve bunları içeren ortak etkilerin anlamlı olduğunu göstermiştir. Bulgular, yaşlanmayla birlikte beynin nöroelektrik tepkilerinde değişimler olduğunu göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Yaşlanma, bilişsel psikofizyoloji paradigmaları, nöroelektrik tepkiler.

KLİNİK PSİKİYATRİ 2002;5:185-196

SUMMARY

Healthy of Aging Effects on Neuroelectric Potentials

The aim of this study is to study the effect of age and experimental paradigm on event-related potentials (ERP) and event-related oscillations (ERO). The study utilized a 2x2x3 factorial design with age (19-24, 45-67), experimental paradigm (mismatch negativity, oddball), and electrode location as the experimental variables. Thirty five volunteer subjects who had a minimum of 12 years of education participated in the study. The analyses involved average EEG-ERPs, amplitude frequency characteristics and filtered EEG-ERPs for age, experimental paradigm and electrode location. The effect of the variables were statistically tested using analysis of variance for repeated measures. Results showed that the peak amplitudes for the 19-24 age group were higher than for the 45-67 age group. The filtered EEG-ERP waveforms varied according to age, experimental paradigm and electrode location. The amplitudes of the filtered waveforms were generally higher for the 19-24 age group than for the 45-67 age group. The amplitude frequency characteristics for the 19-24 age group demonstrated prominent maxima in the lower frequency ranges. Excepting the data for the 19-24 age group under the oddball paradigm, the theta response existed in a broad band with the delta response. Analysis of variance for repeated measures showed that paradigm and electrode location affected all ERP components. The results of the analyses showed that the neuroelectric responses of the brain changes with age.

Key Words: Aging, cognitive psychophysiology paradigms, neuroelectric responses.

GİRİŞ

Günümüzde elektroensefalografi (EEG), beynin nöroelektrik tepkilerinin anlaşılmasında önemli yak-

* Uz. Psk., ** Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi Deneysel Psikoloji Uzmanlık Alanı, ANKARA

laşımından biri haline gelmiştir. Beyinde oluşan bilişsel olayların nöroelektrik tepkiler yoluyla ölçülmesi ise, bu alanda kullanılan deneysel paradigmlar yoluyla olmaktadır. Bu deneysel paradigmlarda, bir dış uyarıcı uygulanmakta ve bu dış uyarıcıya karşılık olarak ortaya çıkan nöroelektrik tepkiler kaydedilmektedir. Dış uyarıcıya karşılık olarak elde edilen tepkiler olay-ilişkili potansiyeller (OİP; event-related potentials) olarak adlandırılmaktadır. Araştırmacı belirli deneysel paradigmların belirli bilişsel süreçleri tetiklediğini varsayarak, EEG'de ortaya çıkan genlik, latans ve topoğrafik değişimlerden sonuca ulaşmaya çalışmaktadır (Karakas ve Başar 1998).

Yaşın, olay ilişkili potansiyellere etkilerini ele alan çeşitli araştırmalarda ortaya çıkan genel sonuç, yaşın artmasıyla birlikte bilişsel potansiyellerin zirve genliklerinin azaldığı, latans değerlerinin ise uzadığı yolundadır (Cranford ve Douglas 1991, Dujardin ve ark. 1994, Kugler ve ark. 1993, Vesco ve ark. 1993, Yamaguchi ve Knight 1991). Yaş arttıkça P300 bileşenin latansı uzamakta, genliği küçülmekte ve topoğrafik dağılımında değişimler olmaktadır. Ancak çalışmalar karşılaştırıldığında yaşın, P300 bileşeninde meydana getirdiği değişim oranının tutarlı olmadığı görülmektedir (Dustman ve ark. 1993, 1990, Oken ve Kaye 1992, Polich 1997). P300 genliği yaşlılarda frontal bölgede, santral bölgeye oranla daha büyük olmaktadır. Picton ve arkadaşları (1984) ise genç deneklerde santral bölgede, frontal ve parietal bölgeye oranla daha büyük genlik değeri olduğunu, yaşlılarda genlikteki lokasyon farkının gençlere oranla azaldığını ileri sürmektedirler (Chao ve Knight 1997, Coyle ve ark. 1991, Cranford ve Douglas 1991).

Bir olaya tepki olarak ortaya çıkan olay-ilişkili osilasyonlarda (OİO) gözlenen frekanslar delta (0.5-3.5 Hz), teta (3.5-7 Hz), alfa (8-13 Hz) ve gamma (30-70 Hz) salınımları olarak adlandırılmaktadır. Değişik frekanslardaki bu salınımlar, beynin nöroelektrik tepkilerinin anlaşılmasında alternatif bir yaklaşım olarak gelişmektedir (Başar 1998, 1999). Bu yaklaşımda, kompleks bir uyarıcıya karşı ortaya çıkan tepkinin, farklı frekanslardaki salınımların üst üste binmesiyle meydana geldiği belirtilmektedir (Karakas ve ark. 2000a). Yapılan çalışmalarda bilişsel süreçlerin çoklu salınımlarla açıklanabileceği ileri sürülmektedir (Başar 1999, Başar ve ark. 1984, Başar ve ark. 1999).

Yaş ve OİO arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalarda, çocukluktan yetişkinliğe doğru gidildikçe EEG frekansının ve genlik değerlerinin azaldığına ilişkin sonuçlar

elde edilmiştir (Dustman ve ark. 1993). Yapılan bir diğer çalışmada üç yaş grubunun görsel uyarılma potansiyelleri ve spontan EEG aktiviteleri karşılaştırılmıştır (Başar ve ark. 1997). Araştırmaya 3 yaşında 6, 18-30 yaşları arasında 12 ve 50-55 yaşları arasında 10 denek katılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, oksipital alandaki 10 Hz frekansındaki alfa faaliyetlerinin, 50-55 yaşları arasındaki orta yaşlı deneklerde, 18-30 yaşları arasındaki yetişkin deneklere göre azaldığı görülmüştür. Görsel uyarılma potansiyeli genlik değerine ilişkin aritmetik ortalama ise yetişkinlerde 4.5 μ v (ss: 1.9 μ v) iken orta yaşlılarda 3.1 μ v (ss: 1.10 μ v) olmuştur.

Mevcut çalışmada yaşın, beyin nöroelektrik tepkilerinde ve bileşenlerin topoğrafik dağılımında bir değişme yaratıp yaratmadığı ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışmada erken yetişkinlik (19-24 yaş arası) ve orta yaş (45-65 yaş arası) dönemleri incelenmiştir. Erken dönemde (19-24) ergen döneme özgü gelişimsel özellikler sona ererken, yetişkinlik dönemine özgü gelişimsel özellikler geçerli olmaya başlamaktadır. Orta dönemde (45-65) ise, ilk yetişkinlikte ortaya çıkan gelişimsel özelliklerin yanında yaşlı yetişkinliğe girişin ilk dönemine ilişkin özellikler ortaya çıkmaya başlamaktadır (Schaie 1980). Çalışmada bu iki yaş grubu arasındaki farkın, iki deneysel paradigma (farklı uyarıcı paradigması: FUP; seyrek uyarıcı paradigması: SUP) ve 15 elektrot lokasyonu için incelenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Denekler

Araştırmaya toplam 35 (28 kadın, 7 erkek) denek gönüllü olarak katılmıştır. Deneklerin yaşları 19-24 (21.6 \pm 1.85) ve 45-67 (52.7 \pm 6.32) olmuştur. Çalışmaya katılan denekler 12 yıl ve üstü eğitim görmüştür. Deneklerde bilişsel süreçleri etkileyebilecek türden bir nörolojik veya psikiyatrik hastalığın olmasına ve deneklerin bilişsel süreçlerini etkileyebilecek bir ilaç kullanmamalarına dikkat edilmiştir. Deneklerde daha önce bir elektrofizyoloji deneyine katılmamış olma koşulu da aranmıştır. Yapılan odiyometri testi sonucunda deneklerin herhangi bir işitme problemi olmadığı saptanmıştır.

İşlemler

Uyarıcı özellikleri. Araştırmada deneklere sunulan işitsel uyarıcılar 10 ms r/f zamanı, 50 ms süreli olup kulaklık üzerinden 65 dB ses basınç düzeyi gücünde

Tablo 1. N100, N200 ve P300 bileşenlerine ilişkin genlik ve latans değerleri üzerinden hesaplanan 2x2x3 faktörlü tekrar ölçümlü desene uygun varyans analizi sonuçları: Anlamlı sonuçların özet tablosu

N100 Genlik	F
Yaş (A)	5.03*
Paradigma (B)	33.76***
Elektrot lokasyonu (C)	105.63***
BxC	82.44
N100 Latans	
Yaş (A)	6.53*
Paradigma (B)	555.75***
Elektrot lokasyonu (C)	288.35***
AxC	3.16*
BxC	427.01***
N200 Genlik	
Paradigma (B)	6.75*
Elektrot lokasyonu (C)	84.74***
AxB	5.01
BxC	116.0***
N200 Latans	
Elektrot lokasyonu (C)	204.65***
P300 Genlik	
Elektrot lokasyonu (C)	82.11***
AxB	9.46**
BxC	103.62***
P300 Latans	
Paradigma (B)	53.86*
BxC	198.09***

*** p<.001. ** p<.01. p<.05

verilmiştir. Yapılan deneylerde sık (standart) ve seyrek (hedef) uyarıcılar olmak üzere iki çeşit uyarıcı kullanılmıştır. Paradigmalarda sık uyarıcılar 1000 Hz, seyrek uyarıcılar ise 2000 Hz olmuştur: %20 olasılıkla verilen seyrek uyarıcılar, %80 olasılıklı sık uyarıcıların arasına seçkisiz olarak yerleştirilmiştir.

Deneyel paradigmlar. Farklı uyarıcı paradigmasında (FUP) 2000 Hz seyrek, 1000 Hz sık uyarıcı ses tonları kulaklıktan verilirken, deneğin dikkatini başka bir yöne çevirmek amacıyla, denekten ilişkisiz bir görevi

yerine getirmesi istenmektedir. Mevcut çalışmada, A4 boyutundaki bir kağıda enine olarak yazılmış, birerli olmak üzere artan veya azalan sayılar kullanılmış, bu sayılarda zaman zaman bir sayı atlanmıştır. Denekten, kağıdın tümünde kaç tane sayının atlanmış olduğunu sayması ve oturumun sonunda toplam sayıyı bildirmesi istenmektedir.

Seyrek uyarıcı paradigmasında (SUP) deneklere 2000 Hz seyrek ve 1000 Hz sık uyarıcı sunulmaktadır. Bu paradigma ile ilgili deney oturumuna başlamadan önce deneklerin sesleri tanımaları için bir deneme oturumu yapılmıştır. Böylece deneklerin ses tonlarını doğru olarak ayırt etmesi sağlanmıştır. SUP'da denekten yapması istenen görev seyrek uyarıcıları sayması ve deney oturumunun sonunda toplam sayıyı bildirmesidir.

Elektrofizyolojik Ölçme İşlemleri. EEG kayıtları ses ve elektrik alanlarından yalıtılmış izole odada yapılmıştır. Nöroelektrik tepkiler EEG preamplifikatörü üzerinde güçlendirilmiş ve gerekli filtreleme işlemlerine (0.1-30 Hz) tabi tutulmuştur. EEG cihazından çıkan analog sinyaller bir bilgisayar (486 DX, 66 MHz) denetimindeki sisteme iletilmiştir. Analog sinyallerin kayıt, analiz ve depolama işlemleri söz konusu sistemin içerdiği teçhizat ve yazılımlar (Brain Data version 2.80) aracılığıyla sağlanmıştır. Kayıtlar uluslararası 10-20 sistemine göre yerleri belirlenen elektrot lokasyonlarından, deneğin başının büyüklüğüne uygun olarak seçilen Electro-Cap (ECI: electro-Cap Electrode System) ile yapılmıştır. Referans olarak birleştirilmiş kulak elektrotları kullanılmış, toprak olarak ise alna yerleştirilen elektrotlardan yararlanılmıştır. Göz hareketleri (EOG: elektro-okulogram) sağ gözde dış kantusa ve supraorbital alana yerleştirilen elektrotlardan, kas tonusu (EMG: Elektromyogram) ise submental alana yerleştirilen elektrotlardan bipolar olarak kaydedilmiştir. Tüm elektrot yerlerindeki empedans 5 kΩ ve daha altında olmuştur.

EEG kayıtlarında filtre sınırları 0.16-70 Hz (3 dB noktası, 12 dB/octav) olmuştur. Toplam kayıt süresi 2000 ms olmuş, bunun 1000 ms'si uyarıcının sunulmasından önceki elektroensefalografi kayıtlarını yani spontan faaliyeti, 1000 ms'si ise OİP faaliyetini içermiştir. EEG 512 Hz hız, yani 2 ms örnekleme aracılığıyla kaydedilmiştir.

Elektrofizyolojik Verilerin Analizi

Olay-ilişkili potansiyellerin kaydı ve ortalama işlemleri. EEG aktivitesinin topoğrafik dağılımını

analiz etmek için 15 elektrottan (F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, P3, Pz, P4, O1, O2) kayıt alınmıştır. OİP, OİO ve genlik frekans karakteristiklerine ilişkin analizler ise üç ortahat elektrodu (Fz, Cz, Pz) için hesaplanmıştır. Uyarıcıların sunumunda kullanılmış olan yazılım aracılığıyla $\geq +50 \mu V$ 'dan büyük EEG kayıtları 'on-line' olarak otomatik biçimde elenmiştir. Her denekle ilgili kayıtlar tek tek incelenmiş, göz hareketi veya göz kırpma artefaktlarının bulunduğu EOG kayıtları ile hem zaman tüm OİP kayıtları deney sonrası 'off-line' olarak eleme işlemine tabi tutulmuştur.

Genlik frekans karakteristikleri ve sayısal filtreleme. Sinyalin frekans bileşenleri, zamansal cevap frekans karakteristikleri (ZCFK) yöntemi ile elde edilmiştir. Genlik frekans karakteristiklerinin hesaplanmasında, sistemin zamansal cevabına, $c(t)$, Laplace dönüşümü (tek yönlü Fourier dönüşümü) uygulanmıştır. Elde edilen genlik frekans karakteristiklerinden ana zirvelerin ve sayısal filtrelerde kullanılacak kesme frekanslarının belirlenmesinde kullanılmıştır (Başar 1998, Karakaş ve Başar 1998a). Mevcut çalışmalarda dalgaformlarının temelinde yatan salınımların belirlenmesinde ayrıca sayısal filtreler kullanılmıştır. Sayısal filtrelerle sinyalin frekans bileşenlerinin zaman eksenindeki osilasyonu elde edilmiştir. Bu çalışmada filtre sınırları, literatürde yaygın olarak kabul gören delta, teta, alfa ve gamma salınımları için belirlenmiştir.

BULGULAR

SUP'da deneklere 30 hedef uyarıcı sunulmuş; 19-24 yaş grubu deneklerin belirlediği toplam hedef uyarıcı sayısına ilişkin ortalama 30.1 (± 0.6), 45-67 yaş grubu deneklerin toplam hedef uyarıcı sayısına ilişkin ortalama 29.8 (± 0.6) olmuştur. Bu bulgu, her iki yaş grubu deneklerinin kendilerinden beklenen görevi başarı ile yerine getirdiklerini göstermektedir.

Olay-İlişkili Potansiyellerin Topoğrafik Dağılımı

15 elektrot lokasyonu ile EOG için FUP ve SUP paradigmaları altında elde edilmiş olan genel ortalama OİP eğrilerinin topoğrafik dağılımı Şekil 1'de 19-24 ve 45-67 yaş grupları için çakıştırılarak sunulmuştur.

Literatürde yaygın bulguya göre geç OİP bileşenleri genelde ortahat yönelimlidir (Coyle ve ark. 1991, Karakaş ve Başar 1998a, Polich 1997). Şekil 1 ve 2'de de, N100, N200 ve P300 zirvelerinin ortahat yönelimli olarak elde edildiği, zirvelerin sagittal elektrotlara doğru küçülme eğilimi gösterdiği izlenmektedir. N100

ve N200 zirveleri her iki yaş grubunda da en yüksek zirve genliklerini Fz ve Cz lokasyonlarında göstermiş, P300 zirvesi ise santral ve posterior lokasyonlarda daha büyük genlikli olarak elde edilmiştir.

Olay-İlişkili Potansiyeller

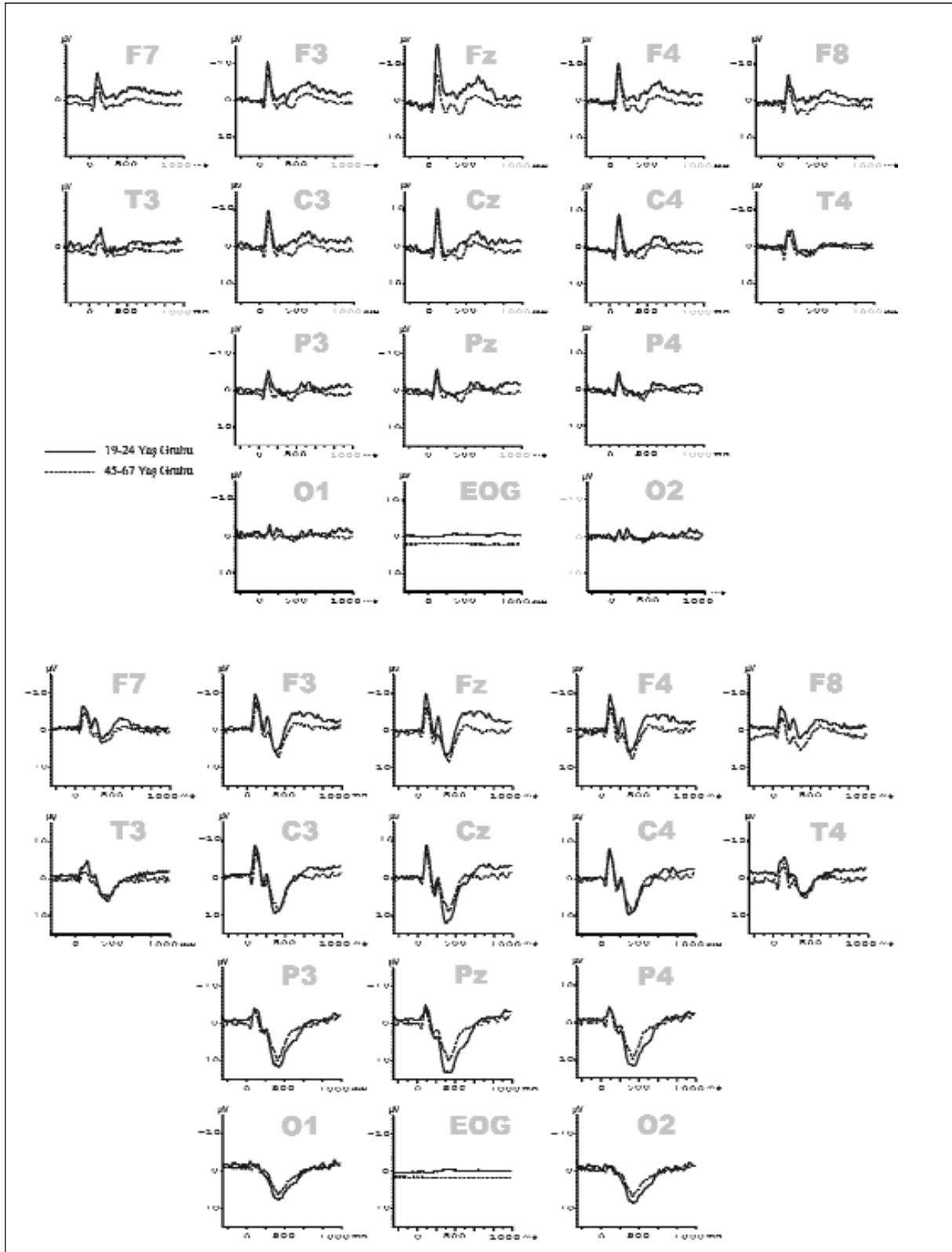
Şekil 2'de FUP ve SUP altında hedef uyarıcılara karşı elde edilmiş olan genlik frekans karakteristikleri, genel ortalama EEG-OİP eğrileri ve filtre sonuçları her kayıta 19-24 ve 45-67 yaş gruplarının eğrileri çakıştırılarak sunulmuştur.

OİP eğrileri üzerindeki genel gözlemler elektrot lokasyonu ve deneysel paradigma türünün N100, N200 ve P300 zirvelerinin genliğini etkilediğini göstermektedir. Yaş grubu açısından belirgin farklılık daha çok zirvelerin genlik değerinde gözlenirken, latans zirve değerlerinde iki yaş grubu açısından belirgin bir farklılık elde edilememiştir.

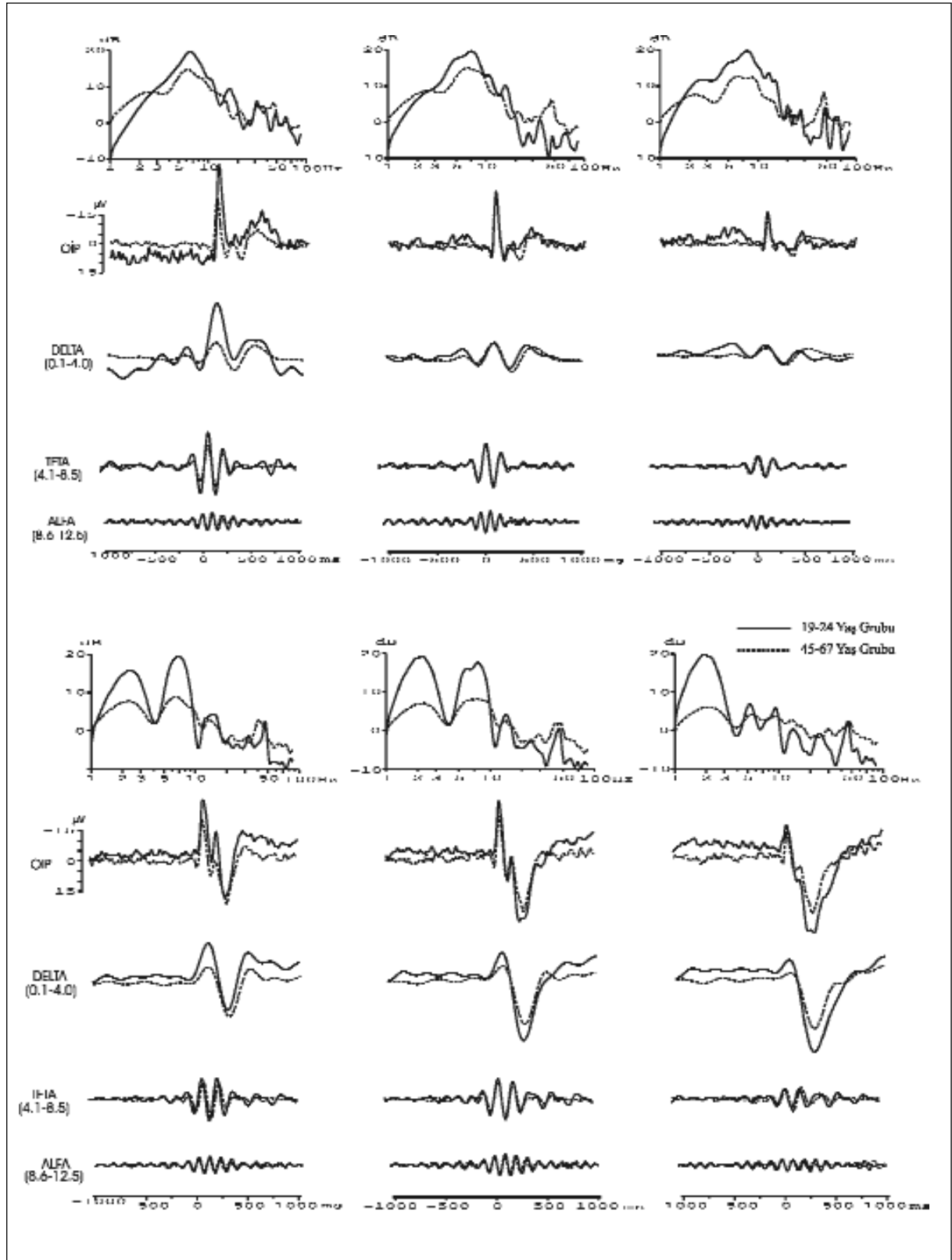
Uyarıcıdan yaklaşık 100 ms sonra ortaya çıkan negatif yöndeki N100 zirvesinin her iki paradigmada da bulunduğu görülmektedir. Bu gözlem ve bulgular çalışmada elde edilen N100 zirvesi genliğinin, deneğin yerine getirdiği görev, yani uyarıcıya ayrılan dikkat ve uyarıcıya ilişkin değerlendirme süreçleri ile etkilenmediğini göstermektedir. Ancak N100 zirvesinin genliği, yaş gruplarında farklılık göstermektedir. 19-24 yaş grubunda, N100 zirvesinin genliği genelde 45-67 yaş grubuna göre daha büyük olmuştur. N100 zirvesinin genliği elektrot lokasyonuna göre de değişme göstermektedir. N100 zirvesinin latans değeri ise araştırmada incelenen değişkenler açısından genlik değerine oranla daha küçük bir farklılık göstermiştir.

Araştırmada ele alınan diğer bir bileşen N200 zirvesidir. N200 zirvesi deneğin sayma görevini yerine getirdiği SUP'da hedef uyarıcıya karşı belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. İşitsel uyarıcıların başka bir uyarıcı ile birlikte verilerek dikkatin ilişkisiz bir göreve çekildiği FUP'da N200 zirvesinde yaşa göre belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. 19-24 yaş grubu deneklerde, N200 zirvesinde belirgin oluşumlar görülmezken, 45-67 yaş grubu deneklerde belirtilen zirvede belirgin oluşumlar dikkati çekmektedir.

P300 zirvesi uyarıcı hakkında bir karara varılmasını ve sayma görevinin yerine getirilmesini içeren SUP'da hedef uyarıcıya karşı belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. SUP'da P300 zirvesinin genliği 19-24 yaş grubunda, 45-67 yaş grubuna göre daha büyük



Şekil 1. Farklı uyarıcı paradigması (üstte) ve seyrek uyarıcı paradigması (altta) altında elde edilen genel ortalama EEG-OİP eğrilerinin yaş grupları için karşılaştırılarak sunulan topoğrafik dağılımı.



Şekil 2. Farklı uyarıcı paradigması ve seyrek uyarıcı paradigması altında yaş grupları için karşılaştırılarak sunulan genlik frekans karakteristikleri, genel ortalama EEG-OİP eğrileri ve olay-ilişkili osilasyonlar.

olmuştur. FUP'da ise P300 bileşeni 19-24 yaş grubunda ortaya çıkmazken, 45-67 yaş grubunda küçük genlikli, fakat belirgin olarak ortaya çıkmıştır. SUP'da, Fz lokasyonunda her iki yaş grubunun P300 bileşenine ilişkin genlik değeri birbirine yakın olup, Cz ve Pz elektrot lokasyonlarında ise 19-24 yaş grubunun P300 bileşenine ilişkin genlik değeri 45-67 yaş grubundan daha büyük olmuştur. Her iki yaş grubu arasında genlik değerlerinde ortaya çıkan bu farklılıklara karşılık, P300 zirvesinin latans değeri araştırmada incelenen yaş değişkeni açısından bir farklılık göstermemiş, değer paradigma ve elektrot lokasyonlarına göre küçük bir farklılık göstermiştir.

Olay-İlişkili Osilasyonlar

Genlik frekans karakteristikleri. Eğriler incelendiğinde genlik frekans karakteristiklerinin yaş, deneysel paradigma türü ve elektrot lokasyonuna göre değiştiği görülmektedir. SUP'da 19-24 yaş grubunun düşük frekanslarda 45-67 yaş grubuna göre daha güçlü dalga formları olduğu, FUP'da ise iki yaş grubunun tepkilerinin nisbeten birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. Gamma bandı ise SUP'da, 45-67 yaş grubu deneklerde 19-24 yaş grubuna göre daha büyük olmuştur.

Delta ve teta tepkisinin SUP'da her iki yaş grubunda, ancak özellikle, 19-24 yaş grubunda ve tüm lokasyonlarda belirgin bir ayrışma gösterdiği gözlenmektedir. FUP'da ise delta ve teta tepkisi her iki yaş grubunda ve tüm lokasyonlarda belirgin bir ayrışma göstermemiş; FUP altında elde edilen teta tepkisi delta tepkisi ile geniş bir band oluşumu içinde yer almıştır. Delta ve teta tepkisi her iki paradigmada da 19-24 yaş grubunda 45-67 yaş grubuna göre daha büyük olmuştur. Alfa tepkisinin her iki yaş grubunda belirgin olarak elde edilemediği görülmektedir. Tepki her iki yaş grubu için sadece FUP'da ve Cz ile Pz lokasyonları için ikincil nitelikte zirveler olarak elde edilmiştir. Gamma tepkisi geniş bir frekans açıklığında ve belirgin olmayan değişken nitelikli salınımlar olarak yer almaktadır. Gamma frekans alanındaki tepki, genelde 45-67 yaş grubunda 19-24 yaş grubuna göre daha büyük olmuştur.

Filtrelenmiş Eğriler. Şekil 2'de her iki paradigmaya ait delta, teta ve alfa salınımlarına ilişkin filtre sonuçları sunulmuştur. FUP'da 19-24 yaş grubunda, delta tepkisinin genliği, özellikle Fz lokasyonunda daha büyük olmuş, Cz ve Pz lokasyonlarında her iki yaş grubunun delta tepkisinin genliği birbirine yaklaşmıştır. Teta tepkisinin 19-24 ve 45-67 yaş grubunda

iki tam salınım yaptığı görülmektedir. 19-24 yaş grubunda, teta tepkisinin genliği, 45-67 yaş grubuna göre Fz lokasyonunda daha büyük olmuş, yaş farkı diğer lokasyonlarda gözlenmemiştir. FUP'da elektrot lokasyonunun, teta tepkisinin genliğinde farklılık oluşturduğu görülmekte, genlik farkı Fz, Cz ve Pz'de giderek azalmaktadır. Alfa tepkisinin, her iki yaş grubunda, uyarıcının verilmesinden sonra yaklaşık üç ya da dört tam salınım yaparak sönüme uğradığı görülmektedir. Elektrot lokasyonu da alfa tepkisinin genliğinde farklılık yaratmış, Fz ve Cz lokasyonlarında alfa tepkisinin genliği Pz lokasyonundakine göre büyük olmuştur.

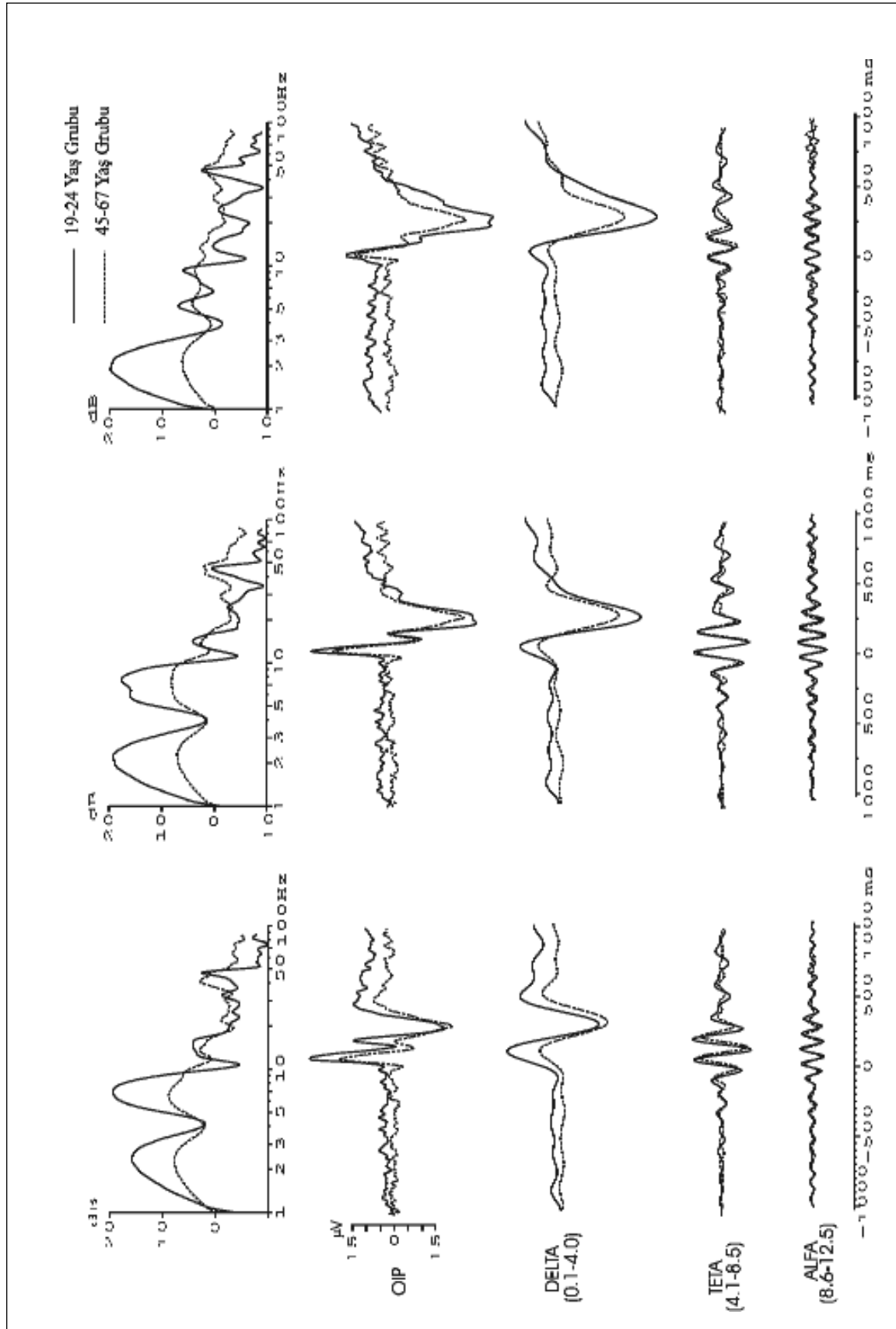
SUP'da 19-24 yaş grubunun, delta tepkisi genliğinin, Cz ve Pz lokasyonlarında, 45-67 yaş grubuna göre daha büyük olduğu izlenmektedir. SUP'da delta tepkisinin genliği elektrot lokasyonu açısından farklılık göstermiştir. SUP'da yaş grupları arasında teta tepkisinin genlik farkının belirgin olmadığı görülmektedir. Ancak teta tepkisinin genliği elektrot lokasyonuna göre farklılık göstermiştir. Alfa tepkisinin, Fz ve Cz lokasyonlarında ve her iki yaş grubunda da dört tam salınım yaparak sönüme uğradığı görülmektedir. Ancak Pz lokasyonunda 19-24 yaş grubunun alfa tepkisi, 45-67 yaş grubuna göre daha fazla salınım tamamlamıştır.

Şekil 3'de FUP ve SUP altında her iki yaş grubu için üç elektrot lokasyonunda elde edilen gamma tepkileri (28-46 Hz) gösterilmektedir. Yaş gruplarının kendi içinde, Fz ve Cz lokasyonlarından elde edilen gamma tepkisinin genlik değerleri birbirine benzerken, bunlar Pz lokasyonunda gözlenen genlik değerinden daha büyük olmuştur. 19-24 yaş grubunun (üstteki eğriler) gamma tepkisi uyarıcıya zaman-kilitli, 45-67 (alttaki eğriler) yaş grubununki ise endüklenmiş bir özellik göstermiştir.

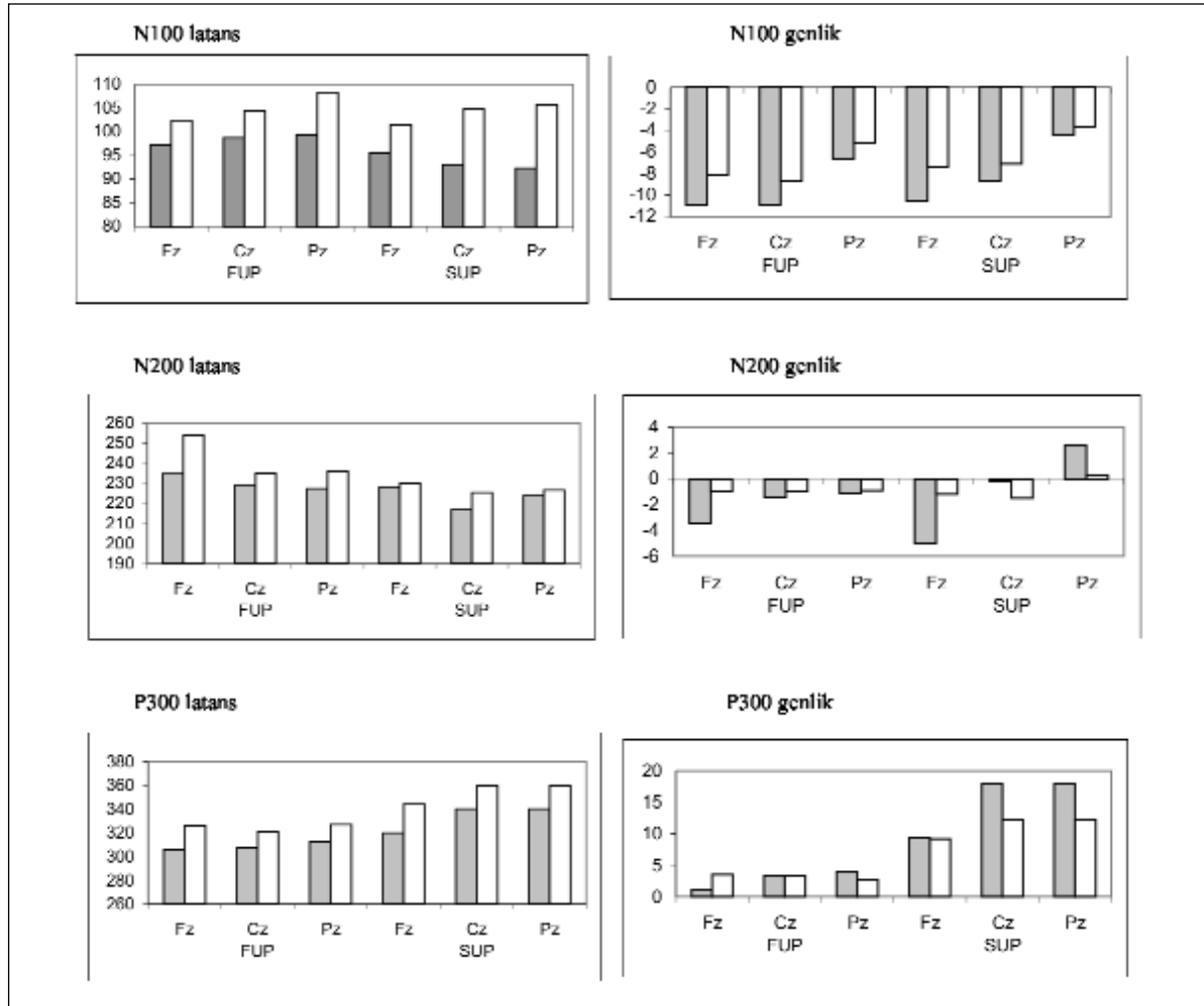
EEG-OİP Bileşenlerine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları

Çalışmada ele alınan değişkenlerin genlik ve latans değerlerini incelemede 2x2x3 son iki faktörde tekrar ölçümlü desene uygun varyans analizi kullanılmıştır. Analizler yapılmadan önce elde edilen verilerin normallik ve doğrusallık koşullarını karşılama durumları test edilmiş, aşırı puanlar (outliers) çıkarılmıştır. Desende ilk faktör yaş (19-24 ve 45-67), ikinci faktör deneysel paradigma (FUP, SUP) ve üçüncü faktör elektrot lokasyonu (Fz, Cz, Pz) olmuştur.

Varyans analizlerine ilişkin sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. N100 bileşeni genlik ve latans değeri üzerinde yaş, paradigma ve kanal değişkenlerinin



Şekil 3. FUP ve SUP altında elde edilen gamma tepkileri (28-46 Hz); üstte 19-24 yaş grubu, alta 45-67 yaş grubu.



Şekil 4. N100, N200 ve P300 bileşenlerinin genlik ve latans zirve değerleri için hesaplanan aritmetik ortalamaların grafik gösterimi. Koyu barlar: 19-24 yaş grubu; açık barlar: 45-67 yaş grubu.

temel etkilerinin anlamlı olduğu görülmektedir. N200 ve P300 bileşenleri genlik ve latans değerleri üzerinde ise paradigma ve kanal değişkenlerinin temel etkileri anlamlı bulunmuş, ancak yaşın temel etkisi anlamlı bulunmamıştır.

TARTIŞMA

Çalışmada yapılan elektrofizyolojik analizler sonucunda yaşın bir değişken olarak her iki grubun OİP bileşenlerinin genlik ve latans (Şekil 2) zirve değerlerinde bir farka neden olduğu görülmektedir. Ancak yaşa bağlı bu farklılık OİP bileşenlerinin genlik değerlerinde daha belirgin olurken, latans değerlerinde daha az belirgin olmuştur. Araştırmada, yaş değişkeni dışında ele alınan deneysel paradigma ve elektrot lokasyonu değişkenleri ise OİP bileşenlerinin genlik ve

latans değerlerinde belirgin farklılaşmalar ortaya çıkarmıştır. Bu durum yapılan istatistiksel analiz sonucunda da görülmektedir (Tablo 1).

Ortalamalar temelinde gençlerin OİP bileşenlerine ilişkin genlik zirve değerleri tutarlı olarak büyük, latans zirve değerleri ise tutarlı olarak kısa olmuştur. Ancak sadece N100 bileşeninin genlik ve latans değerinde yaşın temel etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, N200 ve P300 bileşenlerinin genlik ve latans değerlerinde yaşın temel etkisi anlamlı bulunmamıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda ise OİP bileşenlerinin latans değerinde yaşa bağlı olarak farklılıklar meydana geldiği belirtilmekte ve yaş arttıkça latansın da uzadığı belirtilmektedir (Coyle ve ark. 1991, Kugler ve ark. 1993, Polich 1996, 1997).

Araştırmada N100 bileşeni genlik ve latans değeri dışında, diğer bileşenlerin latans ve genlik değerlerinde yaşın temel etkisinin istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması iki nedene bağlanabilir. İlk olarak deneysel paradigmalarda deneklerin yapması gereken görevler kolay olmuş olabilir. Bu durum, deneklerin sayma görevi yerine getirdiği SUP'da hedef uyarıcı sayısına ilişkin ortalamasının iki yaş grubunda birbirine yakın olması ile de kendini belli etmektedir (örneğin; SUP için 19-24 yaş: 30.1, 45-67 yaş: 29.8). İkinci olarak deneklerin yaşları yeterince büyük olmamış olabilir. Nitekim, literatürde yaşın bir değişken olarak ele alındığı çalışmalarda daha yüksek yaş dilimleri kullanılmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalarda gençler ve yaşlıların topoğrafik dağılımına ilişkin farklı bulgular elde edilmiştir (Dujardin ve ark. 1994, Picton ve ark. 1984, Yamaguchi ve Knight 1991). Araştırmalarda elde edilen bulgulara göre, P300 genlik değerinde santral alandan sagittale doğru küçülme olmuştur. Ancak, genç grup P300 bileşenine ilişkin en yüksek genlik değerini daima parietal bölgede gösterirken, yaşlı grup en yüksek genlik değerini frontal bölgede veya parietal bölgede göstermiştir. Mevcut araştırmada ise her iki yaş grubu arasında topoğrafik dağılım benzer bulunmuş, N100 ve N200 bileşenleri fronto-santral bir dağılım gösterirken, P300 parietal bir dağılım göstermiştir.

N100 bileşeni değerlendirme öncesi bir eksojen bileşen olarak, uyarıcıdaki enerji değişikliğine tepki olarak her iki paradigmada da fronto-santral alanda ortaya çıkmaktadır. N100 bilinç öncesi, pasif dikkat sürecinde gözlenmektedir (Karakas 1997, Picton 1988). Karakas (1997) tarafından yapılan Bilgi İşlemenin Akış Şeması'nda N100 bileşeninin duyuşsal kayıt süreçleri (sensory registers) ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda N100, uyarıcıdaki enerji değişikliğinin şiddetine bağlı olarak genel bir uyarılmışlık hali yaratarak, dikkatin uyarıcıya odaklanmasını sağlamakta; algısal ve motor tepkilerin yapılmasını kolaylaştırmaktadır (Karakas 1997). N200 bileşeni ise işitsel modalitelere karşı bir tepki olarak, değişen uyarıcı durumlarına dikkatin çekilmesini yani, tekrarlanan uyarıcının duyuşsal izine dayanmaktadır (Karakas 1997, 2000). Buna bağlı olarak N200 bileşeni özellikle dikkatin iki farklı uyarıcıdan birine çekildiği SUP'da belirgin olarak elde edilmektedir. FUP'da, 45-67 yaş grubunda, bu paradigmada görevin bir özelliği olarak bulunmaması gereken bir N200 bileşeni gözlenmektedir. Nitekim

aynı paradigmada 19-24 yaş grubunda bu bileşen gözlenmemektedir. Araştırmada N100 ve N200 bileşenlerinin genlik zirve değerlerinin 45-67 yaş grubunda, diğer yaş grubuna göre daima daha düşük olması, yaşa bağlı olarak N100 ve N200 bileşenlerinin yansıttığı zihinsel süreçlerde bir bozulma meydana geldiğini düşündürmektedir.

İki farklı işitsel uyarıcının ayırt edilmesiyle ilgili bir görevi içeren SUP'da elde edilen P300 bileşeni belleğin güncelleştirilmesi ve odaklanmış dikkatle ilgilidir (Karakas 2000, Kugler ve ark. 1993, Polich 1997). P300 genliği görevle ilgili iken, P300 latansı uyarıcının değerlendirilmesi ile ilgilidir. P300 bileşeni ortahat (midline) yönelimli elektrot alanlarından (Fz, Cz, Pz) daha belirgin olarak elde edilmektedir (Donchin 1981, Lew ve Polich 1993, Polich ve Kok 1995). Yaşın, bilişsel nitelikteki P300 bileşeninde ortaya çıkardığı değişim genlik zirve değerinde küçülme, latans zirve değerinde ise uzama şeklinde olmaktadır (Kugler ve ark. 1993) Bu çalışmada ise iki yaş grubu arasında fark daha çok bileşenin genlik zirve değerinde olmuştur. Mevcut çalışmada, iki yaş grubu arasındaki farkın P300 bileşeninin genlik zirve değerinde olması, yaşlanmayla birlikte belleğin güncellenmesiyle ilgili bir takım değişmelerin olduğunu göstermektedir. Nitekim literatürde yaş ve belleği ele alan çalışmalarda, yaşın artmasıyla birlikte bellekte bozulma olduğu belirtilmektedir (Botwinicki 1981, Burke ve Light 1981, Karakas ve ark. baskıda).

Literatürde yapılan çalışmalarda delta salınımının, uyarıcının sayılması ve karara varılması ile ilgili olduğu öne sürülen P300'ün genliğinde etkili olduğu belirtilmektedir (Başar-Eroğlu ve ark. 1992, Pfefferbaum ve ark. 1984). Karakas ve arkadaşları (2000a) tarafından yapılan bir çalışmada da delta ve teta salınımlarının sadece P300 bileşeninin genliğini değil, N200'ünkini de belirlediği gösterilmiştir. Delta tepkisinin genliğinin 19-24 yaş grubunda diğer yaş grubuna göre daha büyük olması, gençlerin N200 bileşeniyle ilişkili dikkat görevlerini ve P300 ile ilgili bilişsel görevleri yaşlı gruba göre daha iyi yaptıklarını düşündürmektedir. Sürekli dikkat (vigilance) ile ilişkili olan alfa tepkisi de iki grup arasında farklılık göstermektedir.

Erken zaman penceresinde elde edilmiş olan gamma salınımı Fz ve Cz lokasyonlarında belirgin olarak elde edilmiştir. Bu bulgu, Karakas ve Başar (1998b) tarafından elde edilmiş olup erken gamma tepkisinin fronto-santral yayımlı olduğu yolundaki bulguya

uyumludur. Gamam tepkisi yaş gruplarında genlik değerleri açısından farklılık göstermiş, deneysel paradigma ve elektrot lokasyonuna göre de farklılaşmıştır. İleri yaş grubunda gamma tepkisinde bir desenkronizasyon, endüklenme söz konusu olmuştur. 0-150 ms'deki erken gamma tepkisinin duyusal süreçlerle ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Karakas ve Başar 1998b, Karakas ve ark. 2001). 45-67 yaş grubunun, özellikle FUP'da, gamma tepkisinin genliğinin küçük olmasının duyusal süreçlerde bir bozulma olduğuna işaret ettiği düşünülebilir. SUP'da ise iki yaş grubu arasında görülen fark, 45-67 yaş grubunun, iki uyarıcının ayırt edilmesi için daha çok çaba harcadığını düşündürebilmektedir.

Sonuç

Araştırma sonucunda iki yaş grubunun nöroelektrik tepkileri arasında niteliksel farklılıklar gözlenmektedir. Bu fark özellikle OİP ve OİO'ların genlik değerlerinde daha belirgin olmuştur. İki yaş grubu arasındaki niteliksel farklılık FUP ve SUP altında elde edilen tepkilerde belirgin olarak kendini göstermektedir. Erken ve geç yetişkinler, sadece geç bilgi işleme evresi açısından değil, aynı zamanda erken bilgi işleme evrelerinde de farklılık göstermektedir. Araştırma sonuçları yaşlanmayla birlikte, nöroelektrik tepkilerde değişme olduğu yolundaki diğer araştırma bulgularını destekler niteliktedir.

KAYNAKLAR

- Başar E (1998) Brain function and oscillations: I. Brain oscillations, principles and approaches. Heidelberg, Springer-Verlag.
- Başar E (1999) Brain function and oscillations: II. Integrative brain function, neurophysiological and Cognitive Processes, Heidelberg, Springer-Verlag.
- Başar E, Başar-Eroğlu C, Rosen B ve ark. (1984) A new approach to endogenous event-related potentials in man: Relation between EEG and P300 wave. *Int J Neurosci*, 24:1-21.
- Başar E, Başar-Eroğlu C, Karakas S ve ark. (1999) Are cognitive processes manifested in event-related gamma, alpha, theta and delta oscillations in the EEG. *Neurosci Lett*, 259:165-168.
- Başar E, Yordonova J, Kolev V ve ark. (1997) Is the alpha rhythm a control parameter for brain responses. *Biol Cybern*, 76:471-480.
- Başar-Eroğlu C, Başar E, Demiralp T ve ark. (1992) P300-response: possible psychophysiological correlates in delta and theta frequency channels. A review. *Int J Psychophysiol*, 13:161-179.
- Botwinicki J (1981) Neuropsychology of aging. *Handbook of Clinical Neuropsychology*, SB Filskov, TJ Boll (Ed), New York, John Willey & Sons.
- Chao LL, Knight T (1997) Age Related Prefrontal Alterations During Auditory Memory. *Neurobiol Aging*, 1:87-95.
- Coyle S, Gordon E, Howson A ve ark. (1991) The effects of age on auditory event-related potentials. *Exp Aging Res*, 17(2):103-111.
- Cranford JL, Douglas MR (1991) Age-related changes in binocular processing: I. Evoked potential findings. *Am J Otol*, 5:357-364.
- Donchin E (1981) Event-related brain potentials: A tool in the study of human information processing. H Begleiter (Ed), *Evoked potentials in behavior*.
- Dujardin K, Bourriez JL, Guieu JD (1994) Event-related desynchronization (ERD) patterns during verbal memory tasks: Effect of age. *Int J Psychophysiol*, 16:17-27.
- Dustman RE, Shearer DE, Emmerson RY (1993) EEG and event-related potentials in normal aging. *Prog Neurobiol*, 41:369-401.
- Dustman RE, Emmerson RY, Ruhling R ve ark. (1990) Age and fitness effects on EEG, ERPs, visual sensitivity and cognition. *Neurobiology on Aging*, 11:193-220.
- Karakas S (1997) A descriptive framework for information processing: An integrative approach. *Int J Psychophysiol*, 31(1):13-31.
- Karakas S (2000) Bilgi işleme entegratif model. *Multidisipliner Yaklaşımla Beyin ve Kognisyon*, S Karakas, H Aydın, C Erdemir ve ark. (Ed), 1. Baskı, Çizgi Tıp Yayınevi, Ankara, 140-148.
- Karakas S, Başar E (1998a) Nöropsikolojik değerlendirme araçlarının standardizasyonu ve elektrofizyolojik ölçümlerle ilişkisi. (TÜBİTAK, Proje No: TBAG-Ü /17-2).
- Karakas S, Başar E (1998) Early gamma response is sensory in origin: A conclusion based on cross-comparison of results from multiple experimental paradigms. *Int J Psychophysiol*, 31:13-31.
- Karakas S, Yalın A, Irak M (baskıda) Digit span: normative data from puberty to old age for different levels of education. *Dev Neurol*.
- Karakas S, Başar-Eroğlu C, Özemesi Ç ve ark. (2001) Gamma response of the brain: a multifunctional oscillation that represents bottom-up with top-down processing. *Int J Psychophysiol*, 39:137-150.
- Karakas S, Erzenin ÖÜ, Başar E (2000a) A new strategy involving multiple cognitive paradigms demonstrates that ERP components are determined by the superposition of oscillatory responses. *Clin Neurophysiol*, 111:1719-1732.
- Kugler CF, Taghavy AA, Platt D (1993) The event-related P300 potential analysis of cognitive human brain aging: A Review. *Gerontology*, 39:280-303.

Lew G, Polich J (1993) P300, habituation, and response mode. *physiol Behav*, 53:111-117.

Oken BS, Kaye JA (1992) Electrophysiologic function in the healthy, extremely old patterns during verbal memory tasks: effect of age. *Int J Psychopsiol*, 16:17-27.

Pfefferbaum A, Ford JM, Wenegrat BG ve ark. (1984) Clinical application of the P300 component of event-related potentials I. Normal aging. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 59:85-103.

Picton TW (1988) Human event-related potentials. *Handbook of electroencephalography and Clinical Neurophysiology Revised Series 3*. Cilt, Amsterdam: Elsevier.

Picton TW, Stuss DT, Champagne ve ark. (1984) The effect of age on human event-related potentials. *Psychophysiology*, 21:312-325.

Polich J (1991) P300 in clinical applications: meaning, method and measurement. *Am J Of EEG Techno*, 31:201-231.

Polich J (1997) EEG and ERP assessment of normal aging. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 104:244-256.

Polich J (1993) P300 in clinical applications: meaning, method, and measurement. *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Field*, E Niedermeyer, F Lopes da Silva (Ed), Baltimore-Munich: Urban and Schwarzenberg, s.1005-1018.

Polich J, Kok A (1995) Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biol Psychol*, 41:103-146.

Polich J (1996) Meta-analysis of P300 normative aging studies. *Psychophysiology*, 33:334-353.

Schaie KW (1980) Intelligence change in adulthood. *Z Gerontol*, 15(4):373-84.

Vesco K, Bone RC, Ryan JC ve ark. (1993) P300 in young and elderly subjects: Auditory frequency and intensity effects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 88:302-308.

Yamaguchi S, Knight R (1991) Age effects on the P300 to novel somatosensory stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 78:297-301.