

Stroop Testi Performansının Elektrofizyolojisi: Olay-İlişkili Potansiyeller ve İlişkili Beyin Haritaları

Sirel Karakaş¹, Belma Bekçi², Elvin Doğutepe², Ö.Utku Erzengin³

¹Prof.Dr., ²Dr., Hacettepe Üniversitesi Deneysel Psikoloji Uzmanlık Alanı Bilişsel Psikofizyoloji Araştırma Birimi, Ankara, ³Dr., Marmara Üniversitesi Biyoistatistik Anabilim Dalı, İstanbul

*Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından 99K120370 sayılı proje olarak desteklenmiştir.

ÖZET

Amaç: Literatür ve klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan Stroop Testine ilişkin puanların temsil ettikleri bilişsel işlevleri ve ilgili beyin alanlarını belirlemek. **Yöntem:** Araştırma yaş (19-37 yaş aralığı) ve eğitim düzeyi (12 yıl ve üstü) açısından eşleştirilmiş 45 sağlıklı gönüllü üzerinde yürütülmüştür. Uyarım, kayıt ve analiz işlemlerinde NeuroScan 4.2 donanım-yazılım sistemi kullanılmıştır. EEG kaydı 10-20 sistemine göre 32 elektrot lokasyonundan (referans: birleştirilmiş mastoid elektrotları) alınmış, kayıtlar 0.16-100 Hz (3 dB noktası, 12 dB oktav/eğim) sınırlarında filtrelenmiş, toplam kayıt süresi olan 2046 ms'nin ilk 1024 ms'lik bölümü temel düzeyin de belirlenmesinde kullanılacak olan uyarıcı-öncesi bölümü oluşturmuştur. Örneklem aralığı 512 Hz olmuştur. Analizler zamansal alanda (olay-ilişkili potansiyeller: OİP) yapılmış, ilgili haritalar elde edilmiştir. Deneysel koşullar ve elektrot alanlarının OİP zirveleri üzerindeki etkileri istatistiksel tekniklerle analiz edilmiştir. **Bulgular:** İncelenen testte erken OİP zirveleriyle yüksek frekanslı osilasyonların genelde posterior bölgelerde elde edildiği ve duyuşsal/algısal işlemleri temsil ettiği; geç OİP zirveleriyle düşük frekanslı osilasyonların antero-posterior eksen üzerinde elde edildiği ve ileri bilgi işleme işlemlerini temsil ettiği görülmüştür. **Sonuç:** Literatür ve uygulamalarda frontal bölge testi olarak kabul edilen Stroop Testi performansı beyin geniş bir alanını içermektedir. Bu bulgular, işlevlerin beyne seçici olarak yayılmış biçimde gerçekleştirildiğini öne süren güncel beyin ve biliş modellerini desteklemektedir.

Anahtar Sözcükler: Stroop testi, frontal lob, biliş, olay-ilişkili potansiyeller, EEG haritalama, hata belirleme.

(*Klinik Psikiyatri* 2005;8:155-171)

SUMMARY

The Electrophysiology of Performance in the Stroop Test: Event-Related Potentials and Brain Maps

Objective: To find the cognitive correlates and the brain regions that performance on Stroop Test represent. **Method:** The study was conducted on 45 healthy volunteers who were matched with respect to age (19-37 years) and education (12 years or more). Stimulation, recording and analyses were carried under NeuroScan 4.2. Computerized versions of the Stroop Test were used. EEG was recorded from 32 electrode locations (10/20 system, referenced to linked earlobes) and filtered between 0.16-100 Hz (3 dB point, 12 dB octave/slope). Total record time was 2046 ms and the first 1024 ms comprised the prestimulus interval which was also be used for baseline correction. Sampling rate was 512 Hz. The analyses were carried on in the time-domain (event-related potentials: ERPs). Respective time-domain maps were constructed. The effect of the experimental conditions and electrode locations on ERP peaks were statistically analyzed. **Results:** In this test, early ERP and high frequency ERO components were obtained mainly from the posterior recording sites and represented sensory/perceptual processes. The late ERP and the low frequency ERO components, on the other hand, represented higher operations of information processing. **Conclusion:** Performance at the Stroop Test involve extended regions of the brain. These findings support the contemporary models on brain and cognition according to which functions are realized through selectively distributed processing.

Key Words: Stroop test, frontal lobe, cognition, event-related potentials, EEG mapping, error detection.

GİRİŞ

Kuramsal ve ampirik çalışmalar konusunda kapsamlı bir literatür taraması yapan Pennington ve Ozonoff (1996), yönetici işlev ölçüm alanlarının altı farklı sınıf altında toplanabileceğini belirtmiştir. Bu altı sınıf, kurulumu koruma ve değiştirebilme, planlama, bağlamsal (contextual) bellek, zaman ve mekanda olayları bütünleştirebilme, akıcılık, çalışma belleği (working memory) ve ketleme (inhibition) yani bozucu etkiye (interference) karşı koyabilmedir (Pennington ve Ozonoff 1996, Solso 1995, Welsh ve Pennington 1988). Ketleme yeteneği Barkley'e (1997) göre tüm yönetici işlevlerdeki ortak unsurdur. Ketlemenin yönetici işlevlerdeki merkezi önemi, söz konusu işlevdeki bozuklukların ketleme ve ayrıca çalışma belleği parametreleri yoluyla bilgisayarda modellenmesiyle de desteklenmiştir (Roberts ve ark. 1994, Cohen ve Servan-Schreiber 1992).

Stroop Testi (Stroop 1935) algısal kurulumu, değişen talepler doğrultusunda ve bir 'bozucu etki' (interference) altında değiştirebilme kolaylığını; alışılmış bir davranış örüntüsünü ketleme ve olağan olmayan bir davranışı yapabilme yeteneğini ortaya koyan bir nöropsikolojik testtir (Spreen ve Strauss 1991). Ketleme yeteneğinin ölçülmesindeki rolü nedeniyle Stroop Testi yönetici işlevleri ölçmede yaygın olarak kullanılan bir nöropsikolojik test konumundadır (Lezak 1995, Spreen ve Strauss 1991).

Yönetici İşlevlere İlişkin Beyin Yapıları: Görüntüleme Bulguları

Yönetici işlevlerle frontal lobların yakından bağlantılı olduğu, üzerinde genel görüş birliği olan bir konudur (Fuster 1989, Goldman-Rakic 1987, Luria 1966). Ancak bilimsel veriler, bilişsel olduğu kadar fizyolojik işlevlerin, beynin paralel ve bütünleşik (integrative) bir şekilde çalışan yapılarının ürünü olduğunu ortaya koymaktadır (Karakaş ve Başar baskıda, 2004). Mesulam'ın (1990) geniş kapsamlı nörobilişsel ağlarda dağıtılmış işleme kuramı, Fuster'in (1995) kortikal bellek kuramı, Başar'ın (1998, 1999) osilasyonel nöral topluluklar kuramı beynin bütünleşik çalışmasına ilişkin kuramsal açıklamalardır. Son veriler ve çağdaş kuramlar gözönüne alındığında, yönetici işlevlerin sadece frontal loblarla denetleniyor olmaması gerekmektedir.

Yönetici işlevlerin sadece frontal lobla ilgili olması gerektiği yolundaki varsayım, yönetici işlevlerin kritik süreçlerinden biri olan ketleme yeteneğini ölçen Stroop Testi performansındaki görüntüleme bulguları ile de desteklenmektedir. Yüksek bir uzaysal çözünürlüğe ve diğer görüntüleme teknikleriyle kıyasladığında yüksek bir zamansal çözünürlüğe sahip olan fonksiyonel manyetik görüntüleme (fMRG) (Karakaş 2000, Volz ve ark. 1997) Stroop performansının beyinde yaygın bir alanda aktivasyon yarattığını ortaya koymuştur. Bunlardan biri frontal bölgedir (Bijl ve ark. 2005, Bokura ve ark. 2005, Gruber ve Yurgelun-Todd 2005, Markela-Lerenc ve ark. 2004, Barcelo ve ark. 2002, 2000, Liotti ve ark. 2000). Stroop performansı sırasında, sağ lateral prefrontal (Vendrell ve ark. 1995) ve sol dorsolateral korteks (Dao-Castellana ve ark. 1998) aktivasyonunun hata puanlarıyla, sol medio-frontal korteksin ise bozucu etkiyi ölçmede kullanılan süre puanlarıyla ilişkili olduğu bulunmuştur (Dao-Castellana ve ark. 1998).

Ancak Stroop performansı frontal bölge dışındaki diğer beyin bölgelerinde de aktivasyona yol açmıştır (Atkinson ve ark. 2003, Barcelo ve Rubia 1998, Rebai ve ark. 1997, Nakazawa ve ark. 1993). Bunlar arasında sağ ve sol anterior singulat, sağ prekuneal, sol inferior frontal ve sol operküler bölgeler bulunmaktadır (Swick ve Jovanovic 2002, Khateb ve ark. 2000, Leung ve ark. 2000, Brown ve ark. 1999, Bush ve ark. 1998). Bu yapılardan özellikle anterior singulatın Stroop performansında kritik bir rolü vardır. Anterior singulatta bilginin içeriğine (bilişsel ya da emosyonel) ve/veya davranışlar üzerindeki bozucu etkisine dayanan mekansal bir ayırışma vardır (Whalen ve ark. 1998). Anterior singulatın bilişsel bölümü (dorsal kısım), uyarıcı seçimini modüle ederek ve/veya cevap seçimine aracılık ederek dikkat süreçlerinde merkezi bir rol oynamaktadır (Bush ve ark. 1998). Duyusal işlevler, çalışma belleği ve vijilans işlevleri rostralde; cevap seçimi, motor planlama ve motor cevap ise kaudalde yerleşim göstermektedir (Peterson ve ark. 1999). Bu nöral yolları yöneten birimlerin anterior singulat içerisinde işlevsel bir topografi göstermesi, Stroop Testi performansına çok sayıda dikkat altsistemlerinin katkıda bulunduğuna işaret etmektedir (tarama için bkz. Karakaş ve Karakaş 2000). fMRG çalışmalarından elde edilen bulgular, Stroop renk-kelime bozucu et-

kisinin öncelikle anterior singulat korteksi aktive ettiği; bu aktivasyonu, kelime anlamlarının ek işlenmesinden kaynaklanan sol temporo-parietal korteks aktivasyonunun izlediği şekilde yorumlanmaktadır (Liotti ve ark. 2000).

Stroop Testi Performansına İlişkin Elektrofizyolojik Faaliyet

Stroop Testinde uyuşmayan denemeler (renk adlarına ilişkin kelimelerin, ifade ettiği farklı renkte yazıldığı denemeler; uyuşmayan uyarıcılar), uyuşan denemeler (renk adlarına ilişkin kelimelerin, ifade ettiği renkte yazıldığı denemeler; uyuşan uyarıcılar), nötr denemeler (renk adı olmayan kelimelerin farklı renklerde yazılmış olduğu denemeler) bulunmaktadır. Deneğin kelimelerin rengini söylemesi gerekmektedir. Stroop Testinin ölçtüğü, "Stroop etkisi" olarak da bilinen ketleme yeteneği, rengi söylemeye odaklanan bireyde aynı zamanda da renk ismini okuma eğiliminin bulunmasından kaynaklanmaktadır (Burke ve Light 1981). Ketlemenin derecesi uyuşmayan uyarıcıların rengini söyleme süresinin, uyuşan uyarıcılara göre uzaması olarak ölçülmektedir (tarama için bkz. Karakaş 2004).

Uyarıcının Uyuşma Durumunun Etkisi

Stroop Testi performansına bağlı elektriksel aktivasyonun incelendiği çalışmaların büyük bölümünde uyarıcı etkisi incelenmektedir. Bu doğrultuda, bir bozucu etkinin söz konusu olduğu ve tepki ketlemesini gerektiren uyuşmayan uyarıcılara karşı elde edilen olay-ilişkili potansiyel (OİP; event-related potentials) zirveleri incelenmekte, bunlar, bozucu etkinin söz konusu olmadığı uyuşan uyarıcılara karşı elde edilenlerle karşılaştırılmaktadır. Uyuşmayan uyarıcılara karşı yüzey elektrotlarından elde edilen OİP zirveleri arasında Cz'den kaydedilen N400 ve N450 dalgaları (Rebai ve ark. 1997); fronto-sentral alanda kaydedilen artan negativite ve frontopolar alandan kaydedilen artan pozitivite bulunmaktadır (West ve Alain 2000). Çalışmalar bu iki etkinliğin iki odakla ilişkili olduğunu belirtmekte; bunlardan medial dorsal alandan kaydedilen 410 ms latanslı negativitenin anterior singulat korteksle (ACC) (Liotti ve ark. 2000); geç ve lateralize negativitenin frontal bölge ile ilgili olduğu üzerinde durmaktadır. (Atkinson ve ark. 2003). Bir diğer çalışmada sol

fronto-sentral bölgeden kaydedilen 350-450 ms latanslı negativite ve ortaçizgi fronto-sentral alandan kaydedilen 450-550 ms latanslı pozitivitenin jeneratörlerinin, sırasıyla sol prefrontal kortekste (PFC) ve sağ anterior singulat kortekste (ACC) olduğu bulunmuş, yönetici işlevsellik gerekli olduğunda PFC'nin ACC'yi uyardığı ve bu bölgenin kontrolü sağladığı sonucuna varılmıştır (Markela-Lerenc ve ark. 2004). Fan ve arkadaşları (2003) ACC'nin dorsal alanlarının çelişkinin izlenmesi, PFC'nin çelişkinin çözümlenmesi ile ilgili olduğunu; MacDonald ve arkadaşları (2000) kontrolün sağlanması ile DLFPC'nin, performansın izlenmesi ile de ACC'nin ilişkili olduğu; Leung ve arkadaşları (2000) ise PFC aktivasyonunun, dikkat kurulumunun daha fazla bilgiye odaklanması ile ilgili olduğu; ACC'nin rostral alanının anterior kısmının ise çelişkiye özgü aktivasyon (uyuşmayan uyarıcı) gösterdiğini ileri sürmüştür (Milham ve Banich 2005). ACC'de tepki modalitesi (sessel, manuel) veya proselme türü (sözel, mekansal) için farklı alanlar bulunduğu; Stroop performansı sırasında büyük bir ACC alanının aktivasyon gösterdiği (Barch ve ark. 2001); ancak ACC'nin özellikle çelişki izleme (conflict monitoring) ile ilgili olduğu sonucuna varılmıştır (Kerns ve ark. 2004).

Stroop Testindeki uyuşan uyarıcılara karşı temporo-parietal yavaş dalga kaydedilmiş ve bunun renk bilgisinin proseslenmesini (Rebai ve ark. 1997) veya anlam-temelli kavram sisteminin aktivasyonunu temsil ettiği (West ve Alain 1999) düşünülmüştür. Uyuşan ve uyuşmayan uyarıcıların her ikisine karşı sol temporo-parietal korteksten kaydedilen 500-800 ms latanslı pozitivitenin uyarıcının anlamı konusunda daha uzun bir bilgi işlemeyi yansıttığı (Liotti ve ark. 2000); ACC'nin posterior alanında rengin uyarıcı olarak kullanıldığı her durumda (uyarıcıların uyuşma durumuna bakmaksızın) genel bir aktivasyon gösterdiği bulunmuştur (Milham ve Banich 2005).

Tepki Doğruluğuna İlişkin Etkiler

Uyarıcının uyuşma durumunun beyin elektrofizyolojisini etkilediği yolundaki bu bulgulara karşın diğer bazı çalışmalarda Stroop etkisinin uyarıcı değerlendirmesinden sonra meydana geldiği; etkinin, uyarıcı özelliklerinin yol açtığı tepki rekabetiyle yani motor sistemle ilişkili olduğu iddia edilmektedir. Stroop etkisinin bilgi işlemenin hangi aşamasında meydana geldiğini inceleyen kısıtlı

sayıdaki bu çalışmalar iddialarını uyarıcının uyuşma durumunun P300 latansını etkilememesine; uyuşmayan denemelerde, düğmeye basmadan 400 ve 205 ms önce premotor bir negativite meydana gelmesine; uyuşan denemelerde oksipital elektrotlardan okuma tepkisi ile ilgili, frontal elektrotlarda ise adlandırma tepkisi ile ilgili OİP zirvelerinin kaydedilmesine dayandırmaktadır (İlan ve Polich 1999, Grapperon ve ark. 1998, Warren ve Marsh 1979). Uyuşmayan uyarıcıya karşı elde edilen OİP zirvelerinde ACC'nin kritik olduğu yukarıda belirtilmişti. Yanlış davranışa bağlı tepkilerin incelendiği çalışmalarda, tepkiden 40 ms sonra ortaya çıkan ve sentral alanda zirveye ulaşan "hataya bağlı negativite"nin (error-related negativity: ERN) de jeneratörünün ACC'de olduğu rapor edilmektedir (Alain ve ark. 2002, Hajcak ve Simons 2002, Masaki ve ark. 2001). Sözel hatalarda negatif-kayan (negative-shifting) potansiyelin ardından bir de pozitif potansiyel elde edilmiştir. DeSoto ve arkadaşları (2001) uyuşmayan denemelerde uyarıcıya karşı tepki zamanının uzamasını, doğru ve yanlış tepkilerle ilgili beyin alanlarının (sol ve sağ motor alanlar) eşzamanlı olarak aktive olmasına ve bir tepki rekabetinin ortaya çıkmasına bağlamıştır.

Araştırmanın Amacı

Bir yönetici işlev testi olan Stroop Testi sırasındaki aktivasyonda ACC'nin kritik olduğu görülmektedir. Ancak çalışmalar burada etkin olan faktörün uyarıcı mı yoksa tepki mi olduğu konusunda uzlaşmamaktadır. Günümüzde insan zihninin sadece duyumsayıp algılama, öğrenme ve bellek, irdeleme, problem çözme ve planlama gibi yetenek alanlarından oluşmadığı, bu süreçleri izleyen (to monitor), denetleyen (to control) ve yöneten (to execute) bir "üst" (meta) sistem olduğu üzerinde durulmaktadır (Karakaş ve ark. 2003b, Koriat 1993, Nelson ve ark. 1986). Bu üst-sistem, bireyin üst-biliş şemalarını, kurulumlarını (set) korur, gerektiğinde değiştirip düzenler, onları yeniden oluşturur, zaman ve mekan üzerinde olayları bütünleştirir (integration), belleği tarar, bellek izlerinin üstünde çalışır, stratejiler kurup değiştirir, planlar yapar ve bozucu etkilere karşı koyar; kısaca zihinsel faaliyetleri yönetir (Pennington ve Ozonoff 1996, Solso 1995, Welsh ve Pennington 1988).

Böyle bir üst-sistem Stroop Testi uyarıcılarına (uyuşan veya uyuşmayan) karşı verilecek OİP zirvelerini etkiliyor olmalı; uyuşmayan uyarıcı

durumunda çelişkinin nasıl çözüleceğini belirlemeli, verdiği tepkileri doğruluğu ve yanlışlığı açısından denetlemeli ve bir sonraki uyarıcıya verilecek tepkilerde bu bilgilerden yararlanmalıdır. Nitekim Barkley'in (1997) belirttiği ketleme türlerinin ikisi olan potansiyel bir davranışı ketleme ve süregiden bir davranışı ketleme tepkilerle ilgilidir. Bozucu etkinin kontrolü ise, kaçınılmaz bir biçimde uyarıcı türünü de içermektedir. Bütün bunlar, uyarıcı ve tepkinin ayrı ayrı ele alınamayacağını ortaya koymakta; Stroop etkisi incelenirken bu iki faktörün bir arada ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Bunun yapılmadığı çalışmalarda uyarıcının uyuşma durumunun yarattığı etkiye, tepkinin doğruluğuna ilişkin etkiler binecek; böylece de uyarıcı ve tepkiye ilişkin etkiler birbirine karışabilecektir. Beri yanda, literatürde uyuşan ve uyuşmayan uyarıcının yol açtığı elektriksel cevapların tepkinin doğru veya yanlış olmasına göre nasıl değiştiğini; doğru tepkinin verildiği uyarıcının ve yanlış tepkinin verildiği uyarıcının nasıl bir bilgi işleme faaliyetine tabi tutulduğunu inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanamamıştır.

Bu çalışmanın hipotezinde Stroop Testinde uyuşan ve uyuşmayan uyarıcılara karşı verilen OİP zirvelerinin tepkinin doğru ve yanlış olmasına göre değişeceği öngörülmektedir. Stroop performansı beyinde yaygın bir alanda temsil edilmektedir. Mevcut çalışmada, bu yaygın aktivasyonun söz konusu dört koşuldaki (uyuşan uyarıcı doğru tepki; uyuşmayan uyarıcı doğru tepki; uyuşan uyarıcı yanlış tepki; uyuşmayan uyarıcı yanlış tepki) bir veya birkaçına özgü olacağı düşünülmüştür.

GEREÇ VE YÖNTEM

Katılımcılar

Çalışmada 19-37 yaş aralığında, 12 yıl ve üstü eğitim görmüş olan, sağ elini kullanan toplam 45 sağlıklı katılımcı yer almıştır. Katılımcılar, gönüllülük esasına göre belirlenmiştir. Bunun için potansiyel katılımcılara Bilgilendirilmiş Onam Formu okutulmuş, formu okuyup imzalayanlar örnekleme alınmıştır.

Yaş ortalaması 22.77 (± 3.42) olan katılımcıların 37'si (%82.2) kadın, 8'i (%17.8) erkek olmuştur. Örneklem grubu daha önce benzeri çalışmaya katılmamış olan katılımcılardan oluşmuştur. Nörolojik ve psikolojik rahatsızlığı olduğunu bildiren katılımcı

çılar ile bilişsel süreçleri etkileme potansiyeli olan ilaçları kullanmakta olan veya bir süre kullandıktan sonra bırakmış olduğunu bildiren katılımcılar örnekleme dahil edilmemiştir.

Araç-Gereç ve İşlemler

Elektrofizyolojik Ölçümlere İlişkin Araç-Gereç ve İşlemler: Uyarım, Kayıt ve Analiz

Mevcut çalışmada EEG kayıtları ses ve elektrik alanlarından yalıtılmış bir odada yapılmıştır. Uyarım, kayıt, depolama ve analiz işlemleri 32 kanallı (28 EEG kanalı, 4 göz hareketleri için kanal) EEG-EP sistemi olan NeuroScan 4.2 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu sistem donanım/yazılım olarak üç ana birimden oluşmaktadır. Bunlardan biri 32 kanallı preamplifikatör olan SynAmps'dır. SynAmps alçak geçiren sınırı 30 Hz olmak üzere 12 düzeyde, yüksek-geçiren sınırı ise DC .05 TC olmak üzere 9 düzeyde yazılım yoluyla kullanıcı tarafından ayarlanabilen (0.16-100 Hz), gürültü düzeyi en fazla 2 mvp-p olan, örnekleme aralığı 32 kanal için 20000 RDP/sn olan (örnekleme hızı 512 Hz) bir cihazdır. Yalıtılmış odada alınan kayıtlar çentik filtrenin (notch filter) aktive edilmesini gerektirmemiştir. Scan 4.2 temelde kayıt alan, verileri depolayan ve analiz eden çok-amaçlı bir ticari yazılımdır. Bu yazılım EEG kaydının yapılmasında, olay-ilişkili ve ortalama olay-ilişkili potansiyel, singular değer dekompozisyonu, 3-boyutlu mapping, uzaysal filtreleme gibi tekniklerin uygulanmasında kullanılmıştır. Stim, temelde görsel ve işitsel uyarım hazırlayan ve sunan bir sistemdir; Stroop görevi Stim donanım ve yazılımları ile sağlanmıştır. Bu sistem, ayrıca, uyarım/görev/testlere karşı katılımcının verdiği davranışsal cevapları (tepki sayısı, süresi, latansı) kaydetmede kullanılmıştır.

EEG aktivitesi uluslararası 10-20 sistemine göre yerleştirilen 32 elektrot (FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ, OZ, F3, FC3, C3, CP3, P3, O1, F7, FT7, T7, TP7, P7, F4, FC4, C4, CP4, P4, O2, F8, FT8, T8, TP8, P8, FP1, FP2) alanından kaydedilmiştir. Kayıtlarda US-FDA onaylı, elektrotlarda Ag-Ag/Cl maddesinin kullanıldığı QuickCap kullanılmıştır. Referans olarak birleştirilmiş kulak elektrotları (linked mastoid) kullanılmış ve topraklama alın elektrodundan sağlanmıştır. Göz hareketi artefaktları, her iki gözde supraorbital kısım ile kantusun dışına yerleştirilmiş (VEOG ve HEOG) elektrotlar

aracılığıyla bipolar olarak kaydedilmiştir. Empedans bütün elektrot alanlarında 5 Kohm veya daha az olmuştur.

Stroop Testi

Mevcut çalışmada Stroop Testi NeuroScan 4.2'nin Stim sistemi aracılığıyla, bilgisayar üzerinden uygulanmıştır. Orijinali İngilizce olan kelimeler Türkçeleştirilmiştir. Stroop Testinin bilgisayar versiyonu 24 adet kelimedenden oluşmuştur. Testte iki tür kelime bulunmaktadır. İfade ettiği renk ile kelimenin yazımında kullanılmış olan rengin uyduğu (U+) veya uyuşmadığı (U-) kelimeler. Bu iki tür kelime seçkisiz sırada, 1 saniye uyarıcılar-arası aralıklarla sunulmuş, kelimelerin ekranda kalım süresi 0.750 sn olmuştur. Çalışmada katılımcılardan tepkilerini motor olarak vermeleri istenmiştir. Katılımcıdan istenen, uyarıcının uyduğu durumda 1, uyuşmadığı durumda ise 2 numaralı tuşa, mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde basmasıdır. Deneye geçmeden önce, katılımcının, yapacağı görevi anlaması için bir deneme serisi uygulanmıştır.

Stroop Testinden doğru ve yanlış puanları hesaplanmaktadır: yapısı gereği testten uyuşan uyarıcılar için doğru tepki ve yanlış tepki sayısı (uyuşan uyarıcı doğru tepki, uyuşan uyarıcı yanlış tepki: sırasıyla, U+/D, U+/Y) ile uyuşmayan uyarıcılar için doğru ve yanlış tepki sayısı (uyuşmayan uyarıcı doğru tepki, uyuşmayan uyarıcı yanlış tepki: sırasıyla, U-/D, U-/Y) hesaplanmaktadır. Bu testte bir de tepki zamanı puanı hesaplanmaktadır. Böylece söz konusu nöropsikolojik testten toplam 5 puan hesaplanmaktadır.

Elektrofizyolojik Verilerin Analizinde Kullanılan Teknikler

EEG'yi sürekli olarak kaydeden NeuroScan 4.2 sistemi, deney sonrasında istenilen bölgenin seçilerek analize tabi tutulmasına olanak sağlamaktadır. Deneysel işlemler bittikten sonra, 'off-line' olarak artefakt düzeltme işlemlerine geçilmiştir. Bunun için göz hareketlerini kaydeden kanallardaki potansiyeller incelemeye tabi tutulmuş ve 128 V'e yakın ve üzeri olan genlik sapmasının bulunduğu kayıtlarda, sapmanın başı işaretlenmiştir. Daha sonra, sapmaların başından ileriye 200 ms gidilmiş ve elde edilen kayıtların, her katılımcı için ayrı ayrı olmak üzere, ortalaması alınmıştır. Böylece

katılımcılar için artifakt şablonları oluşturulmuştur. Bu şablon ilgili olduğu kayıt bölümünden çıkarılmış ve böylece kas ve göz artifaktları için düzeltme yapılmıştır. NeuroScan 4.2 yazılımında bu işlem 'VEOG reduction' olarak tanımlanmaktadır. Artifaktan arınmış olan sürekli kayıtlarda, uyarıcıdan 1024 ms önce ve 1022 ms sonra olan bölümler seçilmiştir. Elde edilen kayıtlar temel-çizgi (baseline) düzeltme işlemine tabi tutulmuştur. Bunun için tüm noktaların genliklerinin ortalaması alınmış, her bir nokta için hesaplanmış olan ortalama offset değerleri, kayıta ilgili olduğu noktanın ortalamasından çıkarılmıştır.

Daha sonra, göz hareketlerinin yarattığı artifaktların silinmiş olduğu kayıtlar, ait oldukları nöropsikolojik puan koşulları altında toplanmıştır. Buna göre Stroop Testi için analizler 4 grup (U+/D, U+/Y, U-/D, U-/Y puanlarıyla ilgili) üzerinde yürütülmüştür.

Elektrofizyolojik kayıtlardan olay-ilişkili potansiyeller (OİP; event-related potentials) hesaplanmıştır. Zaman eksenini üzerindeki genlik değişimlerinden ve ortaya çıkan zirvelerden oluşan OİP'ler için katılımcı ortalamaları ve genel ortalamalar hesaplanmıştır. OİP'lere ilişkin ortalama alma işlemi, deneysel paradigma/uyarıcı türleri ve incelenen tüm elektrot alanları için ayrı ayrı yürütülmüştür. Stroop Testi için, uyuşan uyarıcıya verilen doğru tepkiler (U+/D), uyuşan uyarıcıya verilen yanlış tepkiler (U+/Y), uyuşmayan uyarıcıya verilen doğru tepkiler (U-/D) ve uyuşmayan uyarıcıya verilen yanlış tepkilerle (U-/Y) ilgili OİP'ler hesaplanmıştır.

Haritalama (mapping) tekniği ile elektrot alanlarına yayılan nöroelektrik faaliyet hesaplanmakta ve görüntüsel olarak sunulmaktadır. Haritalama zaman alanında ve frekans alanında yapılabilmektedir. Zaman alanında haritalama, incelenen kayıt alanlarında, zaman eksenindeki genlik değişimlerini (V cinsinden) temel almaktadır. Frekans alanında haritalama, incelenen kayıt alanlarında değişik frekans bantlarındaki güç (power: V^2 cinsinden) veya genlik (gücün kare kökünün V cinsinden karşılığı) değişimlerini temel almaktadır. Haritalama global interpolasyon veya lokal interpolasyon yoluyla yaratılabilmektedir. Mevcut araştırmada, herhangi bir noktadaki değerleri hesaplamak için tüm elektrotlardaki değerlerin gözönüne alındığı ve daha düzgün geçişlerin elde

edildiği global interpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

BULGULAR

Bu çalışmada Stroop Testi koşulları, uyuşan uyarıcıya verilen doğru ve yanlış tepki (sırasıyla, U+/D, U+/Y) ile uyuşmayan uyarıcıya verilen doğru ve yanlış tepkileri (sırasıyla, U-/D ve U-/Y) içermiştir. Aşağıdaki bölümlerde veriler üzerinde yürütülmüş olan elektrofizyolojik (OİP ve haritalama) ve istatistik analizler (tek-değişkenli ve çok-değişkenli varyans analizi; lojistik regresyon ve faktör analizi gibi çok-faktörlü teknikler) sonucunda elde edilmiş olan bulgular sunulmaktadır.

Davranışsal Ölçümlere İlişkin Bulgular

Analizlere başlamadan önce süre ve hata puanları incelenmiş, aşırı puanlara (univariate ve multivariate outliers) sahip katılımcılar analiz dışı bırakılmıştır. Bu işlemde kritik z değeri olarak 3.00 seçilmiş, daha büyük z değerine sahip olan veriler kullanılmamıştır (seçilen kritik değer çift yönlü hipotez testinde $\alpha/2 = .001$ 'e karşılık gelmektedir). Bu işlemlerden sonra örneklem 42 katılımcıdan oluşmuştur.

Tablo 1'de Stroop Testinin uygulanmasında elde edilen verilere ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri sunulmaktadır. Tablo incelendiğinde, uyarıcının uyuşma durumundan (uyuşan, uyuşmayan) bağımsız olarak doğru tepki sayılarının yanlış tepkilerden daha fazla, tepki zamanlarının (reaction time) da daha uzun olduğu görülmektedir. Uyarıcının uyuştığı veya uyuşmadığı durumlarda elde edilen puanlar ve tepki zamanları ise birbirine yakın olmuştur.

Stroop Testi koşulları altında elde edilen davranışsal veriler 2 x 2 faktörlü tekrar ölçümlü desen uyarınca varyans analizine (analysis of variance: ANOVA) tabi tutulmuştur. Desendeki bağımsız değişkenler uyarıcının uyuşma durumu (uyuşan, uyuşmayan) ve tepkinin doğruluğu (doğru, yanlış) olmuştur. Tepki zamanı ölçümlerinin bağımlı değişken olarak ele alındığı varyans analizinde değişkenlerin etkisi anlamlı bulunmamıştır. Puanların bağımlı değişken olarak alındığı varyans analizinde tepkinin doğruluğu değişkeninin etkisi anlamlı bulunmuştur, $F(1,41)=1491.866$, $p .0001$. Doğru tepki puanları, yanlış tepki puanlarından yüksek bulunmuştur.

Tablo 1. Stroop testi koşulları altında elde edilen puanlar ve tepki zamanlarının ortalama ve standart sapmaları

Tepki türü Uyarıcı türü	Doğru tepki		Yanlış tepki	
	Toplam puan	Tepki süresi (ms)	Toplam puan	Tepki süresi (ms)
Uyumlu uyarıcı	11.05 (±1.03)	746.80 (±100.82)	0.83 (±0.98)	689.26 (±168.01)
Uyumsuz uyarıcı	10.86 (±1.44)	750.32 (±93.93)	1.02 (±1.16)	709.14 (±168.23)

Doğru tepki puanları ve bunlara ilişkin tepki zamanı ile yanlış tepki puanları ve bunlara ilişkin tepki zamanlarının birbiriyle ilişkililik durumu, uyuşan ve uyuşmayan uyarıcı koşulları için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bu amaca yönelik olarak hesaplanan Pearson momentler çarpımı korelasyon katsayılarından anlamlı olanları ($p .05$) .447 ile -.948 arasında değişmiştir. Uyuşan ve uyuşmayan uyarıcı koşullarında doğru ve yanlış puanlar arasında negatif yönde korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Buna göre doğru puanları arttıkça yanlış puanları azalmaktadır. Tepki zamanı için olan korelasyon katsayıları ise uyarıcı türünden ve tepkinin doğruluğundan bağımsız olarak daima pozitif yönde olmuştur. Buna göre herhangi bir değişimdeki tepki zamanı uzadıkça (veya kısaldıkça), diğer değişimdeki tepki zamanı da buna paralel olarak uzamaktadır (veya kısalmaktadır).

Uyarıcı uyuşma durumunun (uyuşan, uyuşmayan) yordanan değişken olarak ele alındığı verilere lojistik regresyonun geriye doğru olan (backward) şekli uygulanmıştır. Modelin sınıflamadaki doğruluk derecesi %63.04 olarak bulunmuş, ki-kare değeri ise anlamlı olmamıştır. Bu sonuç, tepkinin doğruluğundan uyarıcı türünün yordanmasında yalancı pozitif ve yalancı negatiflerin ortaya çıkacağına işaret etmektedir (duyarlık: %65.22, seçicilik: %60.87).

Stroop puanlarının hangi özellikler altında kümeleştiğini görmek için verilere temel bileşenler analizi (principal component analysis: PCA) uygulanmıştır. PCA'da elde edilen faktörlerin hangilerinin sıfırdan anlamlı olarak farklı olduğunu belirlemede Kaiser normalleştirilmesi ölçütü kullanılmış (Tatsuoka 1971) ve özdeğeri (eigenvalue) 1.00'den büyük olan faktörler yoruma esas alınarak bunların ortak varyansa katkıları incelenmiştir.

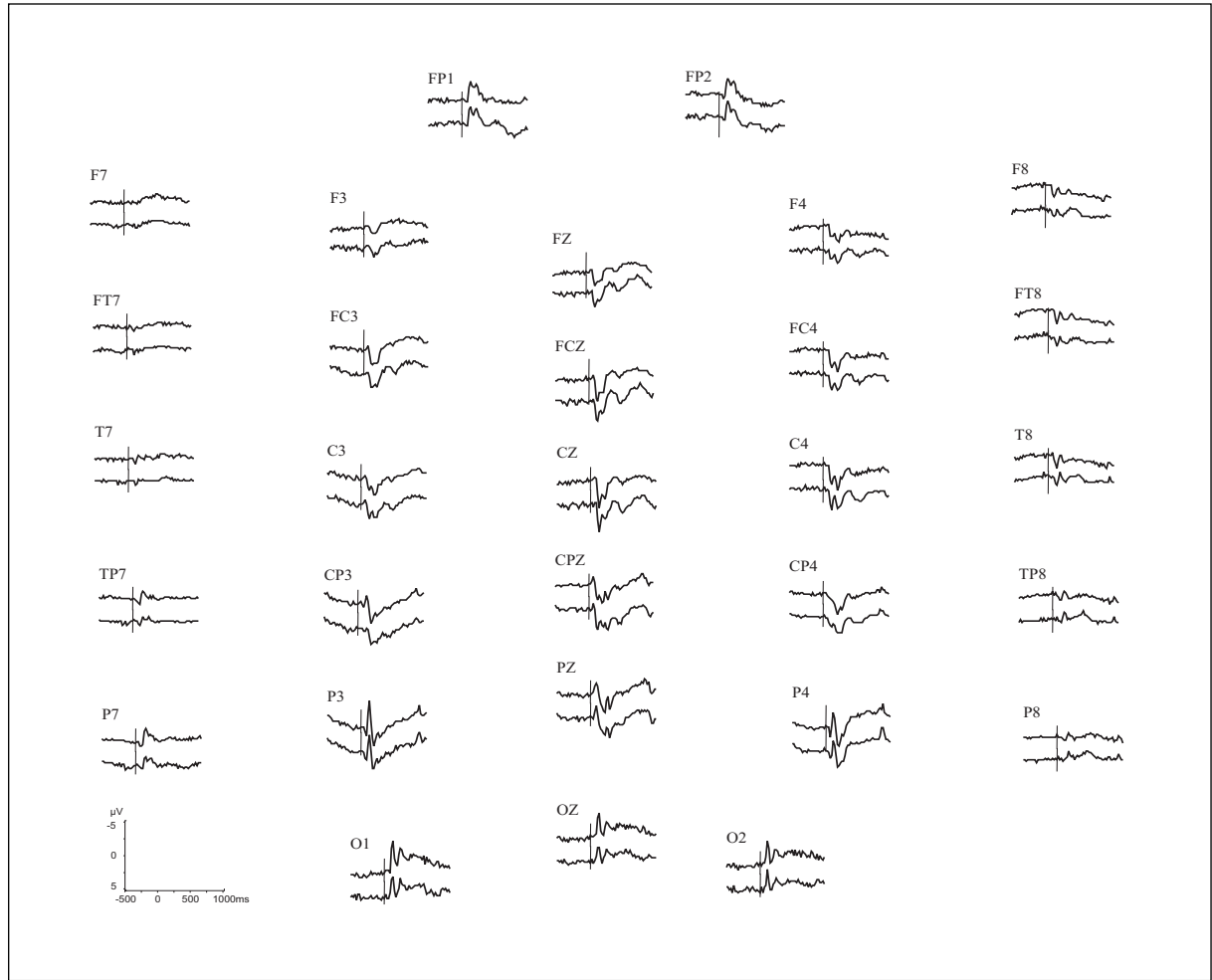
Faktör varyanslarının maksimum olmasını sağlamak ve daha iyi yorum veren en basit yapıya ulaşmak için; verilere, ortogonal rotasyon yöntemlerinden biri olan Varimaks yöntemi uygulanmıştır. En düşük faktör yükü (factor loading) 0.316 kabul edilmiştir; bu değer altındaki faktör yükleri, varyansa katkıları %10'un altında kalması nedeniyle, dikkate alınmamıştır.

Yapılan analizler sonucu, modelin açıkladığı varyans %84.683 olmuştur. İlk faktöre tepki zamanı ölçümleri yüklenmiştir (açıklanan varyans: %42.634). Bu faktör tepki hızı olarak adlandırılmıştır. İkinci faktöre uyuşmayan uyarıcı koşulu altında elde edilen puanlar yüklenmiştir (%24.676). Bu faktör bozucu etki (interference) olarak adlandırılmıştır. Üçüncü faktöre uyuşan uyarıcı koşulu altında elde edilen puanlar yüklenmiştir (%17.373). Bu faktör ise renk söylemeye odaklanmış dikkat olarak adlandırılmıştır.

Olay-İlişkili Potansiyellere (OİP) İlişkin Bulgular

Şekil 1'de Stroop Testinin U+/D, U-/D koşullarında, Şekil 2'de U+/Y ve U-/Y koşullarında elde edilen ortalama OİP'lerin 30 elektrot lokasyonundaki topografik dağılımı verilmektedir. Şekil 1 ve 2 incelendiğinde, uyuşan uyarıcı durumunda tek geç zirve varken uyuşmayan uyarıcı durumunda iki geç zirve olduğu görülmektedir. Geç zirvelerin ortahat elektrotlarında belirgin biçimde elde edildiği, sagittal elektrotlara doğru zirvelerin genliğinin giderek azaldığı ve oksipital elektrotlarda sadece erken zirvelerin bulunduğu görülmektedir.

Yanlış tepkilere ilişkin OİP'lerin genliği, doğru tepkilere ilişkin OİP'lerdekenden daha yüksek olmuştur (Şekil 2). Bu OİP'ler yüksek frekansları içermiştir. Bu da özellikle erken zirvelerin gözlenemez



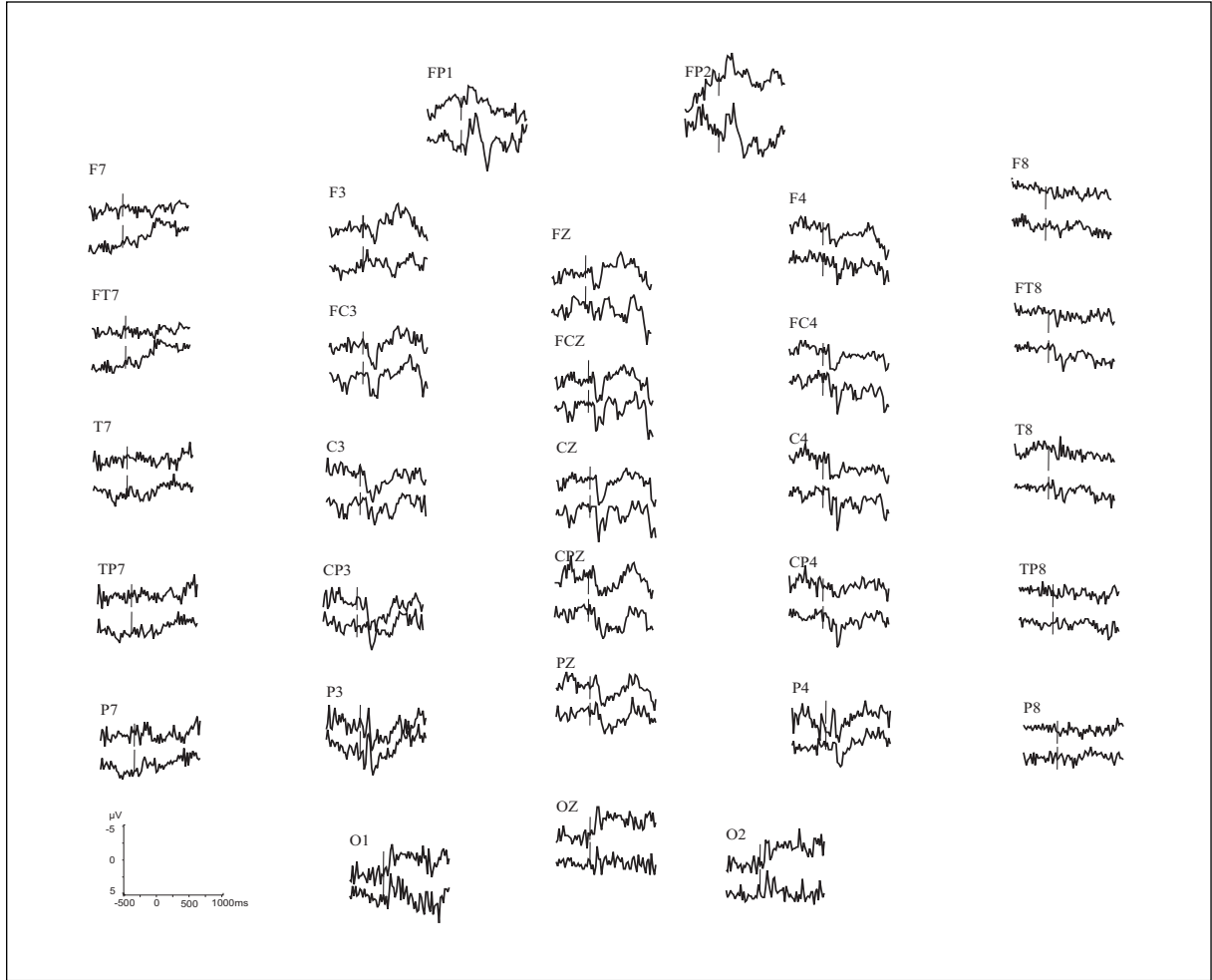
Şekil 1. Stroop Testinde uyuşan uyarıcı doğru tepki konumunda (grafik gruplarında üstte olan) ve uyuşmayan uyarıcı doğru tepki konumunda (grafik gruplarında altta olan) elde edilen ortalama olay-ilişkili potansiyellerin (OİP) topografik dağılımı. Uyarıcı anı dikey çizgiyle işaretlenmiştir. Topografik dağılımı gösteren tüm şekiller (1-4) aynı ölçekte çizilmiş olup X- ve Y-eksenlerinin değerleri sol alt köşede verilmektedir.

olmasına neden olmuştur. Bunun dışında, yanlış tepkilere ilişkin OİP'ler doğru tepki için verilenlere çeşitli bakımlardan benzer olmuştur. Uyuşan uyarıcı durumda tek geç zirve, buna karşılık uyuşmayan uyarıcı durumda iki geç zirve elde edilmiştir. Zirveler ortahat elektrotlarında belirgin olmuş, sagittal elektrotlara doğru ortadan kalkmıştır. Uyuşan uyarıcı durumda sol hemisfer lehine bir lateralite eğilimi gözlenmiştir. Oksipital elektrotlarda zirveler uyuşan uyarıcı durumda belirgin biçimde elde edilmiştir, uyuşmayan uyarıcı durumda etkinliklerini kaybetmiştir.

Zamansal cevapların genliklerinin topografik dağılımı haritalanmıştır. Şekil 3'te genliklerin

dağılımı üstten gösterilmektedir. Bu haritalar genlik yoğunluğunun ortahat boyunca yerleştiğini ve tepkinin doğruluğundan bağımsız olarak, uyuşmayan uyarıcı durumda daha yüksek genlikler elde edildiğini göstermektedir. Uyuşmayan uyarıcılara yanlış tepki verildiğinde belirgin bir sol hemisfer baskınlığı haritalarda da gözlenmektedir.

Yukarıdaki bölümlerde OİP zirvelerinin ortahat elektrotları boyunca belirgin olarak elde edildiği belirtilmişti. Şekil 4'te uyuşan ve uyuşmayan uyarıcılardan elde edilen ortalama OİP'ler, tepkinin doğru ve yanlış olmasına bağlı olarak gruplandırılmış biçimde, üç ortahat elektrodu (Fz, Cz, Pz) için sunulmaktadır. Şekil 1 ve 2'de sözü edilen



Şekil 2. Stroop Testinde uyuşan uyarıcı yanlı tepki (grafik gruplarında üstte olan) ve uyuşmayan uyarıcı yanlı tepki (grafik gruplarında altta olan) elde edilen ortalama olay-ilişkili potansiyellerin (OİP) topografik dağılımı. Uyarıcı anı dikey çizgiyle işaretlenmiştir. Topografik dağılımı gösteren tüm şekiller (1-4) aynı ölçekte çizilmiş olup X- ve Y- eksenlerinin değerleri sol alt köşede verilmektedir.

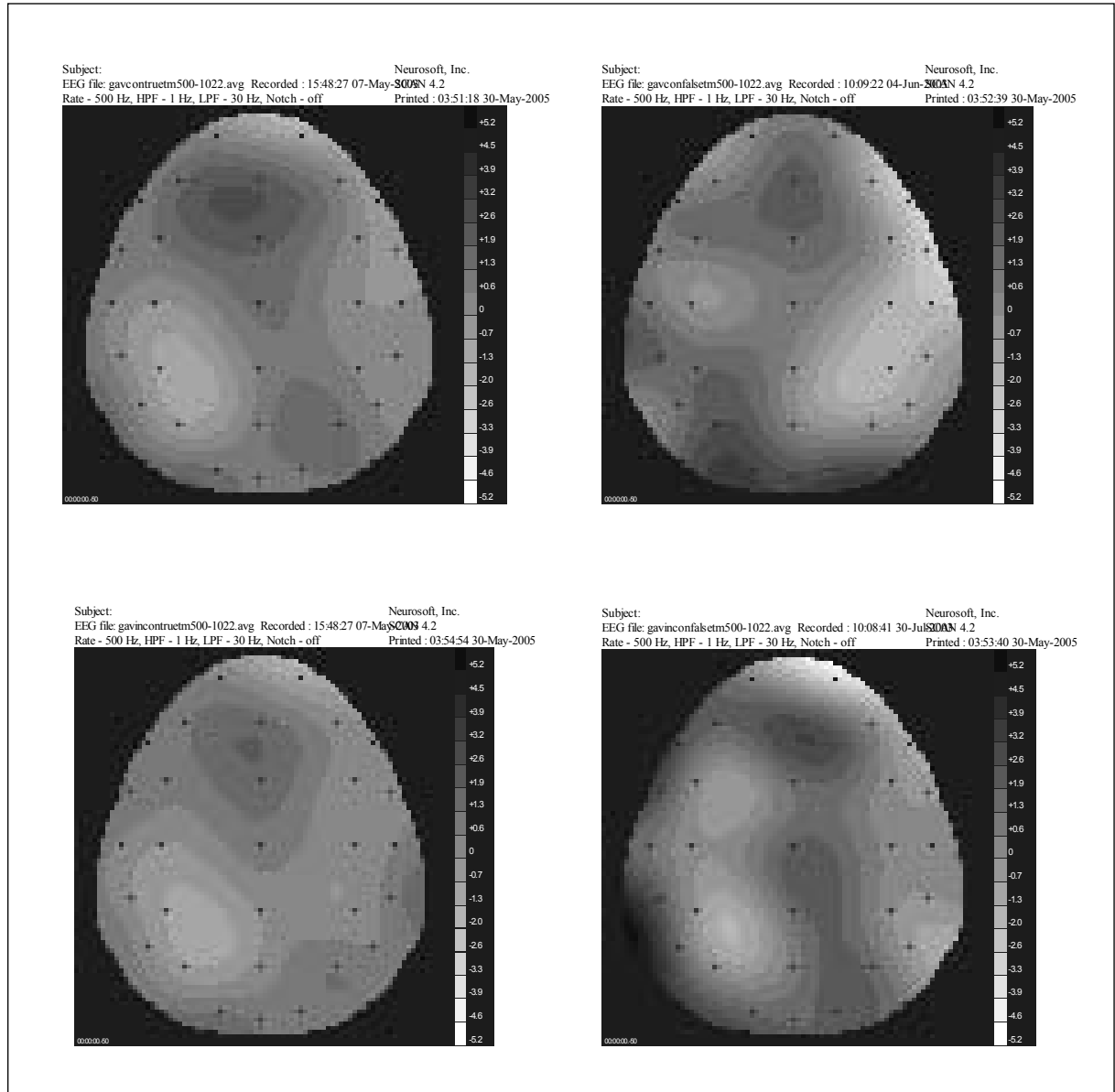
erken ve geç zirvelerin Şekil 4'te ayrıntılı olarak görülmesi mümkün olmakta, tüm eğrilerin aynı şekil (Şekil 4) üzerinde ve aynı ölçekte verilmiş olması, dalga formları ve zirvelerde karşılaştırma kolaylığı sağlamaktadır.

Şekil 4'te farklı koşullar ve elektrot alanlarından elde edilen OİP'lerde benzer zirveler bulunmaktadır. OİP dalga formunda ortaya çıkış sırasına ve polaritesine göre zirveler; N1 (latans: 87.67-105.57 ms), N2 (latans: 164.56-215.24 ms), P3 (latans: 199.78-282.27 ms), 1. geç negativite (GN1) (latans: 442-49-483.78 ms) ve 2. geç negativite (GN2) (latans: 738.65-848.67 ms) olarak elde edilmiştir.

Zirvelerin koşullara göre değişimi, yukarıdaki bölümlerde verilenler doğrultusunda olmuştur.

İstatistik analizler temsili olarak seçilen ortahat elektrotlarındaki ortalama OİP'ler üzerinde yürütülmüştür. Uyarıcının uyuşma durumu (uyuşan, uyuşmayan), tepkinin doğruluğu (doğru, yanlış) ve elektrot alanı (Fz, Cz, Pz) değişkenlerinin oluşturduğu 2 x 2 x 3 faktörlü varyans analizi OİP dalga formlarında elde edilen zirvelerin (N1, N2, P3, GN2, GN2) genlik ve latanslarına ayrı ayrı uygulanmıştır.

Genliğin bağımlı değişken olarak kullanıldığı varyans analizinde sadece tepkinin doğruluğunun

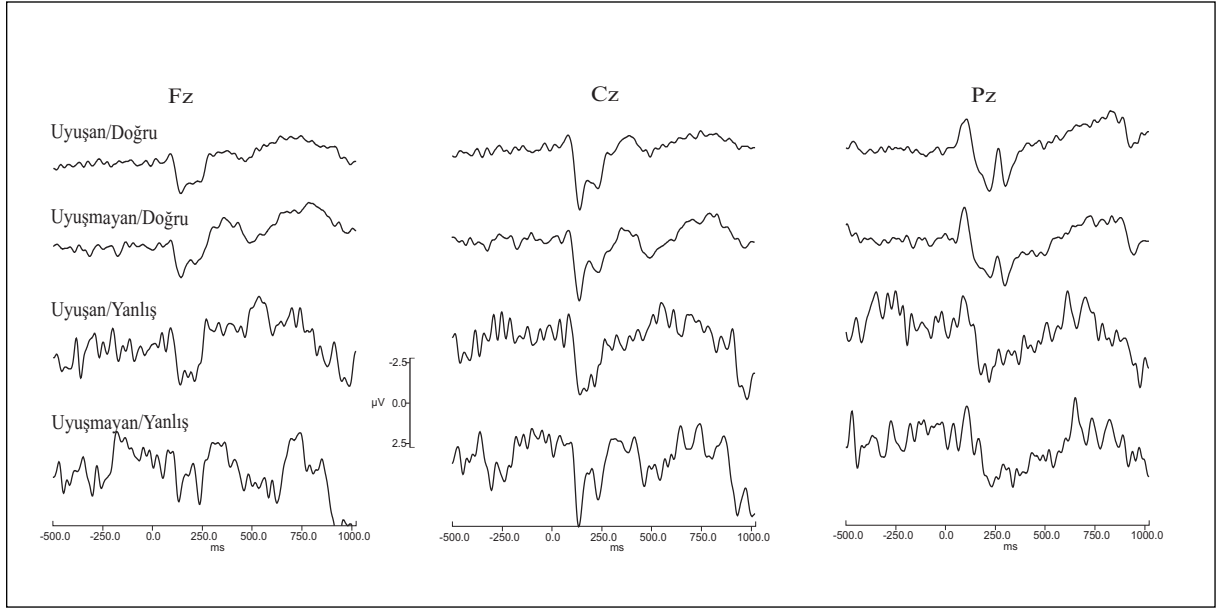


Şekil 3. Stroop Testinde doğru tepki (1. sütun) ve yanlış tepki (2. sütun) için uyuşan uyarıcı (1. sıra) ve uyuşmayan uyarıcı (2. sıra) koşullarında elde edilen zamansal cevapların şiddet dağılımı haritasının üstten (dorsal) görünümü.

etkisi anlamlı bulunmuş; bu etki geç OİP zirvelerinde elde edilmiştir (P3 zirvesi için: $F_{(1,8)}=5.229$, $p\leq.052$; GN1 için: $F_{(1,8)}=8.493$, $p\leq.019$; GN2 için: $F_{(1,8)}=13.991$, $p\leq.006$). Doğru tepki verildiği koşullarda zirvelerin genliği, yanlış tepki verildiği koşullardakine göre daha küçük olmuştur.

Latansın bağımlı değişken olarak kullanıldığı varyans analizinde elektrot alanı etkisi çeşitli

zirveleri içermiştir (N2 zirvesi için: $F_{(2,16)}=41.116$, $p\leq.0001$; P3 için: $F_{(1,9)}=31.757$, $p\leq.0001$; GN1 için: $F_{(2,16)}=7.059$, $p\leq.006$). Varyans analizinde tepkinin doğruluğunun etkisi de anlamlı bulunmuştur (N2 zirvesi için: $F_{(1,8)}=6.506$, $p\leq.034$; P3 zirvesi için: $F_{(1,8)}=77.257$, $p\leq.0001$; GN1 için: $F_{(1,8)}=22.889$, $p\leq.001$; GN2 için: $F_{(1,8)}=13.991$, $p\leq.006$). Söz konusu zirvelerde uyarıcı türü ile tepkinin doğruluğu arasında ortak etki elde edilmiştir. Bu doğrul-



Şekil 4. Stroop Testinde uyuşan uyarıcı doğru tepki (1. sıra), uyuşmayan uyarıcı doğru tepki (2. sıra), uyuşan uyarıcı yanlış tepki (3. sıra) ve uyuşmayan uyarıcı yanlış tepki (4. sıra) için Fz (1. sütun), Cz (2. sütun) ve Pz (3. sütun) elektrot lokasyonlarından kaydedilen ortalama olay-ilişkili potansiyeller (ÖİP). Uyarıcı anı 0 olarak belirtilmiştir. Tüm şekiller aynı ölçekte çizilmiş olup değerler ilgili eksenlerde verilmektedir.

tuda, N2 ve P3'te uyuşan uyarıcılara karşı verilen doğru tepkilere ilişkin zirvelerin latansı ve uyuşmayan uyarıcılara karşı verilen yanlış tepkilere ilişkin zirvelerin latansı daha uzun olmuştur. Aksine, geç negatif zirvelerde (GN1, GN2) uyuşan uyarıcılara karşı verilen yanlış tepkilere ilişkin zirvelerin latansı ve uyuşmayan uyarıcılara karşı verilen doğru tepkilere ilişkin zirvelerin latansı genelde daha uzun olmuştur.

Koherens Bulguları

Stroop Testi için elde edilen verilerin topografik yayılımı konusunda çok-yönlü varyans analizi ve post hoc analizler yoluyla ulaşılan sonuçlar koherens analizi yoluyla tahkik edilmiştir.

Ölçümler arasındaki korelasyon derecesi ve faz açısı hakkında bilgi veren koherens, kompleks sayılar üzerinden hesaplanmakta ve eşzamanlı olarak ölçülen iki ayrı süpürümün (sweep) zaman serisi analizine dayanmaktadır. Kompleks sayıların frekans spektrumu olarak zaman serileri frekans alanına dönüştürülmekte ve böylece kompleks bir korelasyon spektrumu yani koherens spektrumu elde edilmektedir (hesaplamalarda NeuroScan 4.2

sisteminin ilgili komutu: COHERENCE). Koherens analizi, herhangi elektrot alanından alınan ölçümle (referans) diğer elektrotlardan alınan ölçümler arasında hesaplanan koherens spektrumlarını vermektedir.

Stroop Testi koşullarında elde edilen frekans bantlarının güçleri üzerinde yürütülen istatistiksel analizler, frekansları 0-50 Hz arasında değişen osilasyonların genelde ortahat elektrotlarında daha güçlü olduğunu ortaya koymuştur. Ortahat elektrotlarından Fz, Cz veya Pz'nin referans olarak alındığı koherens spektrumlarında, ortahat ölçümleri için elde edilen değerler, aynı mesafede de olsa, sagittal ölçümler için elde edilenlerden daha yüksek olmuştur.

TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı Stroop Testindeki uyuşan ve uyuşmayan uyarıcılara verilen davranışsal ve elektrofizyolojik tepkilerin, tepkinin doğru veya yanlış olmasına bağlı olarak değişip değişmediğini belirlemek, söz konusu süreçlerin beyin alanında nasıl bir yayılım gösterdiğini ortaya koymaktır. Tepkiler saçlı deri üstünden kaydedilen olay-ilişkili

potansiyelleri (OİP) ve ayrıca davranışsal tepkileri içermiştir. Bu nitelikleriyle çalışma, standart nöropsikolojik ölçme araçlarının tetiklediği nöroelektrik zirveleri ve temsil ettikleri bilişsel işlevleri ortaya koyan bir deneysel araştırmadır.

Davranışsal Bulgular ve İlişkili Yorumlar

Stroop Testinde, kelimenin yazımında kullanılan renk ile kelimenin belirttiği rengin uyumlu olduğu ve bu ikisinin uyumsuz olduğu koşullar vardır (sırasıyla, U+ ve U-). Koşulun uyumlu veya uyumsuz olduğuna karar veren deneğin, kararını bir düğmeye basarak belirtmesi gerekmektedir. Verilmesi belli bir zaman alan (reaction time: tepki zamanı) bu tepki doğru veya yanlış olabilir (sırasıyla, D ve Y).

Davranışsal tepki ölçümleri (süre; doğru/yanlış tepki sayısı) üzerinde yapılan faktör analizi ile test puanlarının kaç özellik altında toplandığı incelenmiştir. Analiz sonucunda uyuşan uyarıcılara verilen doğru ve yanlış tepkiler bir faktör; uyuşmayan uyarıcılara verilen doğru ve yanlış tepkiler de diğer faktör altında yer almıştır. Bu sonuçlara göre puanlar uyarıcı türüne göre gruplaşmakta, tepki doğruluğu puan gruplarında bir etken olarak rol oynamaktadır. Aynı grup altında toplandığı görülen tepki zamanı ölçümleri ise tamamen ayrı bir özellik ile ilişkilidir.

Varyans analizinde uyarıcının türü veya tepkinin doğruluğu, tepki zamanını etkilememiş; korelasyon analizinde de dört koşuldaki tepki zamanları arasında pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Performans ölçümü olarak tepki sayısının kullanıldığı varyans analizinde, sadece tepkilerin doğruluğu değişkeni anlamlı etki yapmış; doğru tepkilerin sayısının yanlış tepkilerden daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak tepkilerin doğruluğuna ilişkin bu puanlardan uyarıcı türünün yordanması mümkün olmamıştır.

Mevcut çalışmanın hipotezi, uyarıcı türü etkisinin, tepkinin doğru veya yanlış olmasına göre değişmesini öngörmekteydi. Bu ise kendini faktör analizinde U+/D, U+/Y, U-/D ve U-/Y şeklinde dört ayrı faktörün ortaya çıkması; regresyon analizinde tepki doğruluğu puanlarından uyarıcı türünün yordanabilmesi; varyans analizlerinde de iki değişken arasındaki ortak etkinin anlamlı çıkması ile kendini gösterirdi. Yukarıdaki bulgular böyle bir durum sergilememiştir. Bu nedenle

araştırma hipotezi davranışsal ölçümler düzeyinde desteklenmemiştir.

Davranışsal bulgularda dikkat çeken bir husus, uyarıcı türünün tepki süresini etkilememesidir. Halbuki "Stroop etkisi" uyarınca beklenti, uyuşmayan uyarıcı durumunda otomatik temelli okuma tepkisinin renk söylemeye karıştırıcı etki yapması, bu nedenle de tepki süresinin uzaması idi (MacLeod 1992, Stroop 1935). Bu sonuç için üç alternatif açıklama söz konusu olabilir. Stroop Testinin Türk standardizasyonu olan Stroop Testi TBAG Formunun normalizasyon çalışmasında eğitimin süre puanları üzerinde anlamlı etki yaptığı görülmüştür (Karakaş 2004, Karakaş ve ark. 1999). Mevcut çalışmada kullanılan örneklemin yüksek eğitim düzeyinden gelmiş olmasının, doğru tepki sayısının yüksek olmasına; tepki zamanı üzerinde de "Stroop" etkisinin elde edilememiş olmasına yol açtığı düşünülebilir.

Laboratuvarımızda yürüttüğümüz bir inceleme, yukarıdaki bulgunun, testin bilgisayar aracılığıyla uygulamasının bir sonucu olmadığına işaret etmektedir. Bu incelemede Stroop TBAG'ın bilgisayar versiyonu hazırlanmış ve örneklemden katılımcılara uygulanmıştır. Geleneksel kağıt-kalem testi için elde edilen normalizasyon verileri, uyuşmayan kelimeleri okumanın bunların rengini söylemeye göre %35.75 daha hızlı olduğunu göstermektedir (Karakaş 2004). Stroop TBAG'ın bilgisayar versiyonu için bu oran %46.34 olarak bulunmuştur. Bu değerler Stroop Testi TBAG Formunda elde edilen Stroop etkisinin aynı testin bilgisayar uygulamasında da elde edildiğini ortaya koymakta; NeuroScan 4.2 sisteminde kullanılan testte Stroop etkisinin elde edilememiş olmasında, testin bilgisayar aracılığıyla uygulanmasının etkisi bulunmadığına işaret etmektedir.

Bir diğer açıklama geleneksel Stroop testleriyle NeuroScan 4.2'de uygulanan Stroop'un aynı bilişsel işlevleri tetiklememesi olabilir. Geleneksel formdaki Stroop Testi TBAG Formundaki performans; rengin ve kelimenin algılanmasını, kelime okuma eğiliminin bastırılmasını, renk söyleme için tepki hazırlığının yapılmasını ve bu sözel davranımın icrasını içermektedir. Bunun faktör yapısı da; okumaya odaklanan dikkat, renk söylemeye odaklanan dikkat ve uyuşmayan uyarıcı altında elde edilen puanların yüklendiği bozucu etki özelliklerini içermektedir (Karakaş 2004, Karakaş ve ark. 1999).

Beri yanda NeuroScan 4.2'deki performans rengin ve kelimenin algılanmasını, bunların uyuşup uyuşmadığına karar verilmesini, her bir durum için hangi tepkinin verileceğinin hatırlanmasını ve bu motor davranımın icrasını içermektedir. Nitekim bu formdaki faktörler tepki zamanı, uyuşmayan uyarıcı koşulu altında elde edilen puanlar ve uyuşan uyarıcılar altında elde edilen puanlardan oluşmaktadır. NeuroScan 4.2 uygulaması sonucu elde edilen bulguları geleneksel Stroop testlerinden elde edilen bulgularla karşılaştırırken bu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Elektrofizyolojik Bulgular ve İlişkili Yorumlar: Olay-İlişkili Potansiyeller

Mevcut çalışmada, uyuşan uyarıcıya karşı doğru tepkinin verildiği (U+/D), uyuşan uyarıcıya karşı yanlış tepkinin verildiği (U+/Y), uyuşmayan uyarıcıya karşı doğru tepkinin verildiği (U-/D) ve uyuşmayan uyarıcıya karşı yanlış tepkinin verildiği (U-/Y) durumlarda elde edilen olay-ilişkili potansiyeller (OİP) belirlenmiştir. OİP dalga formunda ortaya çıkış sırasına ve polaritesine göre zirveler; N1, N2, P3, GN1 ve GN2 olmuştur.

Literatürde olduğu gibi, GN1 ve GN2, uzun süreli bir negativite üzerinde yer almış; U+/D koşulunun dışındaki tüm koşullarda fronto-sentral alanlarda artan negativite olarak elde edilmiştir. Bu etkinlik frontopolar alanlarda ise artan pozitivite olarak gözlenmiştir (West ve Alain 1999). GN1 ve GN2'nin oluşumunun uyarıcının uyuşma durumu ile ilgili olduğu bulunmuştur. Uyuşan uyarıcılarda sadece GN1 elde edilirken uyuşmayan uyarıcılarda hem GN1 hem GN2 elde edilmiştir (Şekil 1, 2, 4). Literatür doğrultusunda bu örüntüler çelişki belirleme ve çözümleme ile ilgili olup uyarıcının anlamı konusundaki uzun bilgi işleme, ayrıca GN2'nin elde edilmesi ile de kendini göstermiştir (Kerns ve ark. 2004, Liotti ve ark. 2000, West ve Alain 1999). Üst-biliş sisteminin uyarıcı ve tepki üzerinde paralel olarak işlemesi yönündeki değerlendirme uyarınca (Bölüm 1.3), GN1 ve GN2 tepkinin doğruluğuna göre değişmiş; yanlış tepkiler için elde edilen zirve genlikleri doğru tepki için elde edilenlerden anlamlı olarak daha büyük olmuştur. Buna karşılık bu zirvelerin genliği uyarıcının uyuşma durumundan etkilenmemiştir.

Tepki doğruluğu GN1 ve GN2'nin ve ayrıca N2, P3'ün latansları üzerinde de anlamlı etki yapmıştır.

Ancak tepkinin doğruluğu ve uyarıcı türü etkileşime girdiğinden, latans üzerindeki bu etki oldukça karmaşıktır: U+/D ve U-/Y durumlarında N2 ve P3'ün latansı uzamaktadır. N2'nin, dikkat süreçleriyle, P3'ün ise latansı ile uyarıcı değerlendirme süresini, genliği ile çalışma belleği, aktif dikkat ve yapılacak davranıma karar verme süreçlerini yansıttığı bilinmektedir (Polich ve Margala 1997, Naatanen 1992, 1990, Naatanen ve Picton 1986, Polich 1986, Sutton ve ark. 1965). Uyuşan uyarıcılara doğru tepki verilmesinin, uyuşmayan uyarıcılara ise yanlış tepki verilmesinin nisbeten doğal olduğu; bunun da erken bilgi-işleme evrelerinde (N2, P3) işleme tabi tutulmasının yeterli olacağı beklendik bir sonuçtur. Buna karşılık, U+/Y ve U-/D durumlarında geç negatif zirvelerin (GN1, GN2) latansları uzamaktadır. Uyuşan uyarıcılara yanlış tepkinin verilmesi, uyuşmayan uyarıcılara ise doğru tepkinin verilmesi nisbeten atipik bir durumdur; bunun ise nisbeten geç bilgi-işleme evrelerinde (GN1, GN2) işleme tabi tutulması doğaldır.

Literatürde Stroop etkisinin bilgi-işlemenin hangi aşamasında meydana geldiğini inceleyen çalışmalarda P300 latansı üzerinde, mevcut çalışmadakinin aksine, bir etki elde edilmemektedir. Buradan, Stroop etkisinin, tepki rekabeti ve motor sistemle ilgili olduğu sonucuna varılmaktadır (Ilan ve Polich 1999, Grapperon ve ark. 1998, Warren ve Marsh 1979). Doğruluk ve uyarıcı türü üzerinde mevcut çalışmada elde edilmiş olan ortak etki, P3 üzerindeki etkinin, sadece uyuşan uyarıcılara doğru tepki verildiğinde ve uyuşmayan uyarıcılara ise yanlış tepki verildiğinde elde edildiğini göstermektedir. Bu bulgu Stroop etkisi konusundaki araştırmaların deney desenlerinin sadece uyarıcının uyuşma durumunu değil, tepkinin doğru veya yanlış olduğunu da içermesi gerektiğini ortaya koymakta; aksi durumda geçersiz bulguların ortaya çıkacağını göstermektedir.

Buna karşılık oksipital bölgede sadece erken N1 zirvesi elde edilmiştir. Uyuşan uyarıcı durumunda özellikle belirgin olan bu zirve, Stroop etkisinin elektrofizyolojisini inceleyen literatürde okumanın bir yansıması olarak değerlendirilmiştir (Grapperon ve ark. 1998).

Koşullara göre elde edilen OİP'ler, görüntüleme ve elektrofizyoloji çalışmalarında olduğu gibi, yaygın bir dağılım göstermiş; zirveler sadece frontal

bölgede değil diğer alanlarda da elde edilmiştir (tarama için bkz. Karakaş ve HM Karakaş 2000). Ancak en belirgin zirveler (tepki doğruluğundan bağımsız olarak uyuşan uyarıcılara karşı GN1, uyuşmayan uyarıcılara karşı GN1 ve GN2) ve en yüksek koherens değerleri ortahat elektrotları için elde edilmiş; parasagittal alanlara doğru zirvelerin nitelikleri kaybolmuştur. Bu bulgular, ortahat elektrotlarına özellikle yansıyan ve Stroop etkisi açısından kritik rolü olan ACC için elde edilen bulgularla uyumludur (Markela-Lerenc ve ark. 2004, Liotti ve ark. 2000, MacLeod 1992, MacDonald ve ark. 2000).

Literatürde de uyuşan ve nötr kelimelerde sol hemisfer aktivasyonu gözlenmekte; bu, anlam-temelli kavram sisteminin aktivasyonu olarak değerlendirilmektedir (West ve Alain 1999). Mevcut çalışmada sol hemisfer yanlılığı sadece uyuşan uyarıcılara karşı değil uyuşmayan uyarıcılara karşı da elde edilmiştir. Uyuşan uyarıcılara karşı sadece GN1 elde edilmekte; bu zirve ortahat ve sagittal elektrotlarda benzer bir morfolojiyle elde edilmektedir. Veriler tepkinin doğruluğuna göre ayrıştırılmadığından etki birikici olmakta; bu da literatürdeki 'uyuşan uyarıcılara karşı sol hemisfer yanlılığı' yolundaki bulguyu doğurabilmektedir. Mevcut çalışmada, uyuşmayan uyarıcılara karşı elde edilen GN1 ve GN2'nin, doğru tepki durumunda, ortahat elektrotlarından sol sagittal elektrotlara kadar gözlendiği ortaya koyulmuştur. Buna karşılık yanlış tepki durumunda sol sagittal elektrotlarda sadece GN1 elde edilmektedir. Veriler tepkinin doğruluğuna göre ayrıştırılmadığında, bu iki ayrı genlik değişimi birbirini götürebilmekte, sol hemisfer yanlılığı böylece görünemez hale gelmektedir. OİP ve koherens analizi sonucu elde edilen bu bulguların gelecekteki çalışmalarda ileri istatistik yöntemlerle de desteklenmesi düşünölmektedir. Ancak, bu bulgular mevcut durumlarıyla da, Stroop etkisine ilişkin sol hemisfer yatkınlığının, sadece uyarıcının uyuşma durumunun değil, aynı zamanda tepkinin doğruluğunun da hesaba katıldığı deney desenlerinde çalışılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Özetle, Stroop Testi altında elde edilen OİP zirveleri uyarıcının uyuşma durumuna göre değişmektedir. Ancak bu zirveler, söz konusu uyarıcıya verilen tepkinin doğru veya yanlış olmasına göre de değişmektedir. Diğer bir deyişle beyinden kaydedilen tepkiler sadece uyarıcının etkisini

değil, bireyin çok sonra vereceği tepkinin doğruluğuna ilişkin etkileri de taşımaktadır. Buna göre, Stroop etkisi bakımından hem algısal çelişki hem de tepki rekabeti hipotezi doğrudur (Schmidt ve Cheesman 2005). Bu durum, beyin bütöleşik (integrative) olarak çalışan paralel sinir-ağlarından oluşması ve bu organizasyon içinde olayların sadece aşığıdan-yukarıya (bottom-up) değil aynı zamanda da yukarıdan-aşığıya (top-down) etkiler altında oluşuyor olmasından beklenen bir sonuçtur (Gilbert ve Shallice 2002, Cohen ve ark. 1990, tarama için bkz. Karakaş ve Başar baskıda). Söz konusu bulgular aynı zamanda da beyin ve süreçlerini sürekli izleyen ve kontrol eden bir üst-biliş sisteminde de beklenen bir sonuçtur (Karakaş ve ark. 2003b, Koch 2003, Koriat 1993, Nelson ve ark. 1986).

Beynin ve üst-biliş sisteminin bu işleyişinden yapılabilecek olan bir yordama, uyarıcı uyuşma durumunun, sadece uyarıcıdan 200 ms sonra ortaya çıkan zirveleri değil, bundan daha erken ortaya çıkan zirveleri de etkilemesiyle ilişkilidir. Literatürdeki bir çalışma, uyuşan ve uyuşmayan ters (reverse) denemelerin (renk söylemenin okumaya etkisi) temporal bölgeden kaydedilen N100 ve parietal bölgeden kaydedilen P100 zirveleri bakımından da farklılaştığını ortaya koymuştur (Atkinson ve ark. 2003). Uyumsuzluğun erken dönemde de algılandığına işaret eden bu bulgu, Stroop performansının paralel olarak çalışan sinir-ağlarında gerçekleşmekte olduğu yönündeki bulgulardan beklenen bir sonuçtur. Daha da ilginç bir yordama, beyin ve üst-biliş sisteminin işleyişinin, çok daha sonra verilen tepkilerin doğru veya yanlış olmasının da bu erken zirveleri etkilemesidir. Diğer bir deyişle, yordama ile, erken zirvelerin durumundan tepkinin doğru olup olmayacağı anlaşılabilir. Geç zirvelere göre daha düşük genlikli bu erken zirvelerin incelenmesinde, OİP zirvelerinin frekans analizine tabi tutulması gerekmekte; zirve morfolojisine farklı frekansların (delta, teta, alfa, beta ve gamma) görel etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Temelde bir duyuşal bileşen olmakla beraber (Karakaş ve Başar 1998) yukarıdan-aşığıya etkiler taşıdığı belirlenmiş olan (Karakaş ve ark. baskıda, Karakaş ve ark. 2003a) zaman-kilitli erken gamma osilasyonunun bu inceleme için uygun bir frekans bileşeni olduğu düşünölmektedir (tarama için bkz. Karakaş ve ark. 2001). Mevcut çalışma, bilişsel

faaliyetlere ilişkin beyin elektriksel aktivitesinin olarak verdiği bu yordamaların davranışsal tepkiler kullanılarak yapılamayacağını da ortaya koymuştur. Bu bulgu, davranışsal tepkilerin beyin elektriksel faaliyetini her zaman yordamadığı gibi ayrıntılı bilişsel faaliyetleri de yordayamadığını göstermekte, bilişsel faaliyetlerin incelenmesinde beyin

faaliyetine atıfta bulunmanın zorunlu olduğunu göstermektedir.

Yazışma adresi: Dr. Sirel Karakaş, Hacettepe Üniversitesi Deneysel Psikoloji Uzmanlık Alanı, Ankara, skarakas@hacettepe.edu.tr

Veri analizindeki katkılarından dolayı Araştırma Görevlisi Zeynel Baran'a, veri toplama işlemlerine katkısından dolayı Araştırma Görevlisi Arzu Özkan'a, teknik donanım ve yazılıma ilişkin katkılarından dolayı Uzman Emine Dilek Çakmak'a teşekkürü borç biliriz

KAYNAKLAR

- Alain C, McNeely HE, He Y ve ark. (2002) Neurophysiological evidence of error-monitoring deficits in patients with schizophrenia. *Cereb Cortex*, 12: 840-846.
- Atkinson CM, Drysdale KA, Fulham WR (2003) Event-related potentials to Stroop and reverse Stroop stimuli. *Int J Psychophysiol*, 47:1-21.
- Barcelo F, Munoz-Cespedes JM, Pozo MA ve ark. (2000) Attentional set shifting modulates the target P3b response in the Wisconsin Card Sorting Test. *Neuropsychologia*, 38: 1342-1355.
- Barcelo F, Perianez JA, Knight RT (2002) Think differently: A brain orienting response to task novelty. *Neuroreport*, 13:1887-1892.
- Barcelo F, Rubia FJ (1998) Non-frontal P3b-like activity evoked by The Wisconsin Card Sorting Test. *Neuroreport*, 9:747-751.
- Barch DM, Braver TS, Akbudak E ve ark. (2001) Anterior cingulate cortex and response conflict: Effects of response modality and processing domain. *Cereb Cortex*, 11:837-848.
- Barkley RA (1997) Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychol Bull*, 121:65-94.
- Başar E (1998) Brain Function and Oscillations: I. Brain Oscillations. Principles and Approaches. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Başar E (1999) Brain Function and Oscillations: II. Integrative Brain Function. Neurophysiology and Cognitive Processes. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Bijl S, de Bruin EA, Bocker KB ve ark. (2005) Chronic effects of social drinking in a card-sorting task: An event related potential study. *Clin Neurophysiol*, 116:376-385.
- Bokura H, Yamaguchi S, Kobayashi S (2005) Event-related potentials for response inhibition in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 43:967-975.
- Brown GG, Kindermann SS, Siegle GJ ve ark. (1999) Brain activation and pupil response during covert performance of the Stroop color word task. *J Int Neuropsychol Soc*, 5:308-319.
- Burke DM, Light LL (1981) Memory and aging: The role of retrieval processes. *Psychol Bull*, 90:513-546.
- Bush G, Whalen PJ, Rosen BR ve ark. (1998) The counting Stroop: An interference task specialized for functional neuroimaging: Validation study with functional MRI. *Hum Brain Mapp*, 6:270-282.
- Cohen JD, Servan-Schreiber D (1992) Context, cortex, and dopamine: A connectionist approach to behavior and biology and schizophrenia. *Psychol Rev*, 99:45-77.
- Cohen JD, Dunbar K, McClelland JL. (1990) On the control of automatic processes: A parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychol Rev*, 97:332-361.
- Dao-Castellana MH, Samson Y, Legault F ve ark. (1998) Frontal dysfunction in neurologically normal chronic alcoholic subjects: Metabolic and neuropsychological findings. *Psychol Med*, 28:1039-1048.
- DeSoto MC, Fabiani M, Geary DC ve ark. (2001) When in doubt, do it both ways: Brain evidence of the simultaneous activation of conflicting motor responses in a spatial Stroop task. *J Cogn Neurosci*, 13:523-536.
- Fan J, Flombaum JI, McCandliss BD ve ark. (2003) Cognitive and brain consequences of conflict. *Neuroimage*, 18:42-57.
- Fuster JM (1989) The Prefrontal Cortex: Anatomy, Physiology and Neuropsychology of the Frontal Lobe. (2. baskı), Raven, New York.
- Fuster JM (1995) Memory in the cerebral cortex: An empirical approach to the neural networks in the human and nonhuman primate. Cambridge, MA, MIT Press.
- Gilbert SJ, Shallice T (2002) Task switching: A PDP model. *Cognit Psychol*, 44: 297-337.
- Goldman-Rakic PS (1987) Circuitry of Primate Prefrontal Cortex and Regulation of Behavior by Representational Memory, Handbook of Physiology, The Nervous System: Higher Functions of the Brain. Plum F (Ed), American Physiology Ass, Bethesda (MD).
- Grapperon J, Vidal F, Leni P (1998) [The contribution of cognitive evoked potentials to knowledge of mechanisms on the Stroop test]. *Neurophysiol Clin*, 28: 207-220.
- Gruber SA, Yurgelun-Todd DA (2005) Neuroimaging of marijuana smokers during inhibitory processing: A pilot investigation. *Brain Res Cogn Brain Res*, 23:107-118.
- Hajcak G, Simons RF (2002) Error-related brain activity in obsessive-compulsive undergraduates. *Psychiatry Res*, 110:63-72.

- Ilan AB, Polich J (1999) P300 and response time from a manual Stroop task. *Clin Neurophysiol*, 110:367-373.
- Karakaş HM (2000) Kognitif Nöroradyolojik Yöntem ve Yaklaşımlar. Multidisipliner Yaklaşımla Beyin ve Kognisyon. Karakaş S, Aydın H, Erdemir C, Özemi Ç (Ed), Çizgi Tıp Yayınevi, Ankara, s.22-37.
- Karakaş S (2004) BİLNOT Bataryası El Kitabı: Nöropsikolojik Testler İçin Araştırma ve Geliştirme Çalışmaları. Dizayn Ofset, Ankara.
- Karakaş 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.
- Karakaş S, Başar E (2004) Oscillatory responses of the brain and their cognitive correlates. G Adelman, BH Smith (Ed.), *Encyclopedia of Neuroscience* (3. baskı), San Diego CA: Elsevier.
- Karakaş S, Başar E (baskıda) Brain models and theories in brain function with special emphasis on cognitive processing. *Special Issue of Int J Psychophysiol*.
- Karakaş S, Başar-Eroğlu C, Özemi Ç ve ark. (2001) Gamma response of the brain: A multifunctional oscillation that represents a bottom-up with top-down processing. *Int J Psychophysiol*, 39:137-150.
- Karakaş S, Bekçi B, Erzenjin ÖU (2003a) Early gamma response in human neuroelectric activity is correlated with neuropsychological test scores. *Neurosci Lett*, 340:37-40.
- Karakaş S, Erdoğan E, Sak L ve ark. (1999) Stroop Testi TBAG Formu: Türk kültürüne standardizasyon çalışmaları, güvenilirlik ve geçerlik. *Klinik Psikiyatri Dergisi*, 2:75-88.
- Karakaş S, Irak M, Bekçi B (2003b) Sağlıklı İnsanda Bilgi İşleme Süreçleri: Biliş ve Üst-Biliş, Beyin ve Nöropsikoloji. Karakaş S, İrkeç C, Yüksel N (Ed), Çizgi Tıp Yayınevi, Ankara, s.31-53.
- Karakaş S, Karakaş HM (2000) Yönetici işlevlerin ayrıştırılmasında multidisipliner yaklaşım: Bilişsel psikolojiden nöroradyolojiye. *Klinik Psikiyatri Dergisi*, 3:215-227.
- Karakaş S, Tüfekçi İ, Bekçi B ve ark. (baskıda) Early time-locked gamma response and gender specificity. *Int J Psychophysiol*.
- Kerns JG, Cohen JD, MacDonald AW 3rd ve ark. (2004) Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303:1023-1026.
- Khateb A, Michel CM, Pegna AJ ve ark. (2000) New insights into the Stroop effect: A spatio-temporal analysis of electric brain activity. *Neuroreport*, 11:1849-1855.
- Koch C (2003) Self-monitoring, need for cognition, and the Stroop effect: A preliminary study. *Per Mot Skills*, 96:212-214.
- Koriat A (1993) How do we know that we know? The accessibility model of the feeling of knowing. *Psychol Rev*, 50:609-639.
- Leung HC, Skudlarski P, Gatenby JC ve ark. (2000) An event-related functional MRI study of the Stroop color word interference task. *Cereb Cortex*, 10:552-560.
- Lezak MD (1995) *Neuropsychological Assessment*. 3. baskı, Oxford Univ Pr, New York.
- Liotti M, Woldorff MG, Perez R ve ark. (2000) An ERP study of the temporal course of the Stroop color-word interference effect. *Neuropsychologia*, 38:701-711.
- Luria A (1966) *Higher Cortical Functions in Man*. Basic Books, New York.
- MacDonald AW 3rd, Cohen JD, Stenger VA ve ark. (2000) Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288:1835-1838.
- MacLeod CM (1992) The Stroop task: The "Gold Standard" of attentional measures. *J Exp Psychol Gen*, 121:2-14.
- Markela-Lerenc J, Ille N, Kaiser S ve ark. (2004) Prefrontal-cingulate activation during executive control: Which comes first? *Brain Res Cogn Brain Res*, 18: 278-287.
- Masaki H, Tanaka H, Takasawa N ve ark. (2001) Error-related brain potentials elicited by vocal errors. *Neuroreport*, 12:1851-1855.
- Mesulam MM (1990) Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann Neurol*, 28:597-613.
- Milham MP, Banich MT (2005) Anterior cingulate cortex: An fMRI analysis of conflict specificity and functional differentiation. *Hum Brain Mapp*, [Epub ahead of print].
- Naatanen R (1990) The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function. *Behav Brain Sci*, 13:201-288.
- Naatanen R (1992) *Attention and Brain Function*. Lawrence Erlbaum Assoc, London.
- Naatanen R, Picton T (1986) N2 and Automatic Versus Controlled Processes, *Cerebral Psychophysiology. Studies at Event-Related Potentials*. McCallum WC, Zappoli R, Denoth I (Ed), (EEG Suppl. 38), Elsevier, North-Holland.
- Nakazawa M, Kitamura S, Nagazumi A ve ark. (1993) [Cognitive function and its evaluation methods in Parkinson's disease study including RCPM and ERP]. *Rinsho Shinkeigaku*, 33:1157-1163.
- Nelson TO, Leonesio RJ, Landwehr RS ve ark. (1986) A comparison of three predictors of an individual's memory performance: The individual's feeling of knowing versus the normative feeling of knowing versus base-rate item difficulty. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 12:279-287.
- Pennington BF, Ozonoff S (1996) Executive functions and developmental psychopathology. *J Child Psychol Psychiatry*, 37:51-87.
- Peterson BS, Skudlarski P, Gatenby JC ve ark. (1999) An fMRI study of Stroop word-color interference: evidence for cingulate subregions subserving multiple distributed attentional systems. *Biol Psychiatry*, 45:1237-1258.
- Polich J (1986) Attention, probability, and task demands as determinants of P300 latency from auditory stimuli. *EEG Clin Neurophysiol*, 63:251-259.
- Polich J, Margala C (1997) P300 and probability: Comparison of oddball and single stimulus paradigms. *Int J Psychophysiol*, 25:169-176.
- Rebai M, Bernard C, Lannou J (1997) The Stroop's test evokes a negative brain potential, the N400. *Int J Neurosci*, 91:85-94.

- Roberts RJ, Hager LD, Heron C (1994) Prefrontal cognitive processes: Working memory and inhibition in the antisaccade task. *J Exp Psychol Gen*, 23:374-393.
- Schmidt JR, Cheesman J (2005) Dissociating stimulus-stimulus and response-response effects in the Stroop task. *Can J Exp Psychol*, 59:132-138.
- Solso R (1995) *Cognitive Psychology 4*. Baskı, Needham Heights, Allyn and Bacon.
- Spreen O, Strauss E (1991) *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms and Commentary*. Oxford Univ. Pr, New York.
- Stroop RJ (1935) Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*, 18:643-661.
- Sutton S, Braren M, Zubin J ve ark. (1965) Evoked potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150:1187-1188.
- Swick D, Jovanovic J (2002) Anterior cingulate cortex and the Stroop task: neuropsychological evidence for topographic specificity. *Neuropsychologia*, 40:1240-1253.
- Tatsuoka MM (1971) *Multivariate analysis: Techniques for Educational and Psychological Research*. Wiley, New York.
- Vendrell P, Junque C, Pujol J ve ark. (1995) The role of prefrontal regions in the Stroop task. *Neuropsychologia*, 33:341-352.
- Volz HP, Gaser C, Hager F ve ark. (1997) Brain activation during cognitive stimulation with the Wisconsin Card Sorting Test: A functional MRI study on healthy volunteers and schizophrenics. *Psychiatry Res*, 75:145-157.
- Warren LR, Marsh GR (1979) Changes in event related potentials during processing of Stroop stimuli. *Int J Neurosci*, 9:217-223.
- Welsh MC, Pennington BF (1988) Assessing frontal lobe function in children: Views from developmental psychology. *Dev Neuropsychol*, 4:199-230.
- West R, Alain C (1999) Event-related neural activity associated with the Stroop Task. *Brain Res Cogn Brain Res*, 8:157-164.
- West R, Alain C (2000) Effects of task context and fluctuations of attention on neural activity supporting performance of the Stroop Task. *Brain Res*, 873:102-111.
- Whalen PJ, Bush G, McNally RJ ve ark. (1998) The emotional counting Stroop paradigm: A functional magnetic resonance imaging probe of the anterior cingulate affective division. *Biol Psychiatry*, 44:219-228.