

## Algısal Çelişki ve Tepki Rekabeti: Stroop Etkisine İlişkin Olay-İlişkili Potansiyeller\*

Psik. Belma BEKÇİ<sup>1</sup>, Psik. Sirel KARAKAŞ<sup>2</sup>

### Özet / Abstract

**Amaç:** Mevcut çalışmanın amacı, algısal çelişki ve tepki rekabeti hipotezleri ile açıklanmaya çalışılan Stroop etkisinin yol açtığı elektrofizyolojik aktiviteleri analiz etmektir.

**Yöntem:** Örneklem üniversite popülasyonundan 50 (23 kadın 27 erkek) sağlıklı gönüllü yetişkini içermiştir. Uyarım, kayıt ve analiz işlemlerinde NeuroScan 4.2 donanım-yazılım sistemi kullanılmıştır.

**Bulgular:** Stroop bozucu etkisi, davranışsal olarak, uyuşmayan uyarıcılara ilişkin tepki zamanının uzaması ve tepki verilmekte gecikilen uyarıcı sayısının artması olarak elde edilmiştir. Temel bileşenler analizinde (TBA) Stroop performansının seçici dikkat, bozucu etki ve bozucu etkiye direnç faktörlerini içerdiği belirlenmiştir. Stroop bozucu etkisi, elektrofizyolojik olarak ise uyuşmayan uyarıcılara ilişkin P3 ve N4, yanlış tepkilere ilişkin olarak da N2, P3, N3 ve N4 bileşenlerinin genliklerinde artış olarak elde edilmiştir.

**Sonuç:** P3 ve N4 zirvelerine ilişkin genlik artışının çelişki belirleme sürecini yansıttığı sonucuna varılmıştır. Yanlış tepkilere ilişkin genlik artışı değişiklikleri ise karmaşıktır. N2 ve P3 bileşenlerindeki genlik artışı yalnızca uyuşmayan uyarıcılarda, N3 ve N4 bileşenlerinin genliği ise hem uyuşmayan hem de uyuşan uyarıcılarda artmıştır. Söz konusu daha erken ve geç aktivitelerin sırasıyla tepki rekabeti ve hata belirleme süreçleri ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Söz konusu bulgular, Stroop etkisini açıklamada öne sürülen algısal çelişki ve tepki rekabeti hipotezlerinin her ikisinin de geçerli olduğunu desteklemektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Stroop etkisi, algısal çelişki, tepki rekabeti, olay-ilişkili potansiyeller

**SUMMARY: Perceptual Conflict and Response Competition: Event-Related Potentials of the Stroop Effect\***

**Objective:** The aim of the present study was to analyze electrophysiological activity associated with the Stroop effect.

**Method:** The sample included 50 healthy volunteer adults (23 female and 27 male) from the university population. Stimulation, recording and analyses were carried under NeuroScan 4.2 hardware-software system. The effect of the experimental variables (stimulus congruency, response accuracy and electrode location) on event-related potentials (ERPs) was studied using 2x2x3 analysis of variance for repeated measures.

**Results:** The Stroop effect was demonstrated as prolonged reaction time to incongruent stimuli and increased total number of missed stimuli. Principal components analysis (PCA) showed that Stroop performance was related such factors as selective attention, interference, and resistance to interference. The electrophysiological Stroop effect was demonstrated as increased amplitude of P3 and N4 peaks for incongruent stimuli, and of N2, P3, N3, and N4 peaks for incorrect responses.

**Conclusion:** Increased amplitude of P3 and N4 peaks associated with stimulus-related activation has been suggested to reflect conflict detection process. The variations in amplitudes for incorrect responses were complicated. While the amplitude of the N2 and P3 components increased only for incongruent stimuli, those of the N3 and N4 components increased for both congruent and incongruent stimuli. It was concluded that these earlier and later activations were associated with response competition and error detection processes, respectively. In this respect, these findings support both the perceptual conflict and the response competition hypotheses of Stroop interference.

**Key Words:** Stroop effect, perceptual conflict, response competition, event-related potentials

Geliş Tarihi: 28.02.2008 – Kabul Tarihi: 01.08.2008

*Teşekkür:* Katkılarından dolayı Uzm. Psk. Zeynel Baran'a teşekkür ederiz. Çalışma, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından HÜBAB-07-D04-701003 sayılı Destek Projesi ve TÜBİTAK Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Grubu tarafından SOBAG-105K137 sayılı Hızlı Destek Projesi olarak desteklenmiştir.

\*Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Psikoloji Anabilim Dalı Deneysel Psikoloji Bilim Dalı Doktora Programı gereği hazırlanan "Üst-bellek türlerinin beyin elektrofizyolojik tepkileriyle ilişkisi" başlıklı tez çalışmasına dayanmaktadır.

<sup>1</sup>Psik. Yrd. Doç., Okan Ü Psikoloji Bl., İstanbul. <sup>2</sup>Psik. Prof., Hacettepe Ü Psikoloji Bl., Ankara.

Psik. Belma Bekçi, e-posta: belma.bekci@okan.edu.tr

## GİRİŞ

'Stroop etkisi' olarak adlandırılan olay, ifade ettiği renkten farklı bir renk kullanılarak basılmış olan uyuşmayan (örneğin kırmızı kelimesinin mavi renkle yazılmış olduğu) uyarıcıların renklerinin söylenmesinin gerektiği durumda elde edilmektedir. Olay, otomatik temelli okuma tepkisinin renk söylemeye karıştırıcı etki yapması, bu nedenle de tepki süresinin uzamasını içerir (MacLeod 1992, Stroop 1935).

Stroop Testleri algısal kurulumu değişen talepler doğrultusunda ve bir "bozucu etki" altında değiştirebilme becerisini; alışılmış bir davranış örüntüsünü bastırabilme ve olağan olmayan bir davranışı yapabilme yeteneğini ortaya koyar (Spreen ve Strauss 1991). İfade ettiği renkten farklı bir renk kullanılarak basılmış renk isimlerine tepkide bulunma özelliği etrafında düzenlenmiş değişik Stroop Testleri bulunmaktadır. Değişik uyarıcı ve tepki koşulları altında, kolaylaştırıcı (facilitatory) ve ketleyici (inhibitory) etkilerin bulunduğu tüm durumlarda elde edilmesi nedeniyle, Stroop bozucu etkisi (interference) güvenilir bir davranış olayıdır (MacLeod 1991, Santos ve Montgomery 1962).

Literatürde Stroop etkisini açıklamada iki hipotez öne sürülmektedir: algısal çelişki hipotezi (perceptual conflict hypothesis) ve tepki rekabeti hipotezi (response competition hypothesis). Stroop performansında tepki süresindeki gecikmeyi her iki hipotez bilgi işlemenin farklı aşamaları ile açıklamaktadır (uyarıcı işleme: stimulus processing stage ve tepki: response stage).

Algısal çelişki hipotezi, kelime ve kelime ile uyuşmayan rengin çelişki durumu yarattığını ve bu çelişkinin bilgi-işleme sistemine aşırı yüklenme (overloading) yaptığını ileri sürmektedir. Hem kelime hem de renge ilişkin bilgiyi işlemede kısıtlı kapasiteli sistem kullanıldığından, söz konusu durum tepki zamanında gecikmeye yol açmaktadır (Doehrmann ve ark. 1978).

Tepki rekabeti hipotezine göre ise, tepkiyi başlatma aşamasında iki yarışan tepki tek tepki kanalını (single response channel) kullanmak durumundadır. Renk uyarıcısı algısaldan sözel koda çevrilmeyi gerektirirken, kelime uyarıcısı için böyle bir çevirme işlemi gerekmemektedir. Böylece, kelime bilgisi, renk bilgisinden önce tepki başlatma aşamasına ulaşmakta, bu durum, tepki zamanında gecikmeye yol açmaktadır (Doehrmann ve ark. 1978).

Özetle, Stroop bozucu etkisi, "algısal çelişki" hipotezine göre, uyarıcı durumunun algılama aşamasında yarattığı çelişki; "teпки rekabeti" hipotezine göre ise, tepki aşamasında yarattığı rekabet nedeniyle ortaya çıkmakta-

dır. Her yönü ile ilgi çekici olan Stroop bozucu etkisi çok sayıda araştırmanın konusu olma özelliğine sahiptir (MacLeod 1991). Stroop test/görevleri bilişsel psikolojide olduğu kadar nörobilim alanında da en yoğun araştırılan 'paradigma'lardan biridir. Aşağıda, bilişsel elektrofizyoloji alanında, Stroop Testine ilişkin olay-ilişkili potansiyeller konusundaki literatür özetlenmiştir.

### Stroop Testine İlişkin Olay-ilişkili Potansiyeller (OİP)

Yüzey elektrotlarıyla, saçlı deri üzerinden kaydedilen elektriksel aktivite beynin duyuşsal ve bilişsel işlevlerini yansıtmaktadır. Beyinde dış uyarıcılara karşı nöroelektrik tepkiler oluşmakta, dış uyarıcılarla tepkiler arasında işlevsel bir ilişki bulunmaktadır. Bu niteliklerinden ötürü ilgili potansiyeller, olay-ilişkili potansiyeller (OİP; event-related potentials: ERP) olarak adlandırılmaktadır. OİP'ler, görev ile ilgili uyarıcı veya tepkilerle zaman kilitli elektriksel faaliyetin ortalamasından elde edilir. Pozitif ve negatif zirveler dizisi şeklinde beliren, genlik, latans, süre ve topografya değişiklikleri gösteren OİP'ler, hem beynin hem de bilişsel ve psikolojik süreçlerin güvenilir göstergeleri niteliğindedir (Gaillard 1988, Başar 1999).

Stroop Testinde renk adlarına ilişkin kelimelerin, ifade ettiğinden farklı renkte yazıldığı uyuşmayan denemeler (uyuşmayan uyarıcı), ifade ettiği renkte yazıldığı uyuşan denemeler (uyuşan uyarıcı) ve renk adı olmayan kelimelerin farklı renklerde yazılmış olduğu nötr denemeler (nötr uyarıcı) bulunmaktadır. Stroop performansı sırasındaki elektriksel aktivite, uyarıcı türüne (uyuşan, uyuşmayan ve/veya nötr uyarıcılar) ayrıca, tepkinin doğruluğuna göre (doğru tepki ve yanlış tepki) analiz edilebilmektedir. Elde edilen elektriksel tepkilerin psikofizyoloji parametrelerine (genlik, latans vd.) göre değişimlerinden, Stroop performansının ilişkili olduğu bilişsel/psikolojik süreçler konusunda çıkarımlarda bulunulmaktadır.

Stroop etkisi ile ilgili çalışmaların büyük bir kısmında sadece uyarıcı uyuşma durumu ele alınırken, diğer bir kısmında ise sadece tepki doğruluğu ele alınmıştır (Alain ve ark. 2002, DeSoto ve ark. 2001, Grapperon ve ark. 1998, Hajcak ve Simons 2002, Ilan ve Polich 1999, Kerns ve ark. 2004, Lansbergen ve ark. 2007, Mager ve ark. 2007, Masaki ve ark. 2001, Warren ve Marsh 1979). Bu doğrultuda ilgili literatürde Stroop etkisi, uyarıcı uyuşma durumu ve tepki doğruluğu durumlarından hangisinin ele alındığına göre değişen, iki hipotez ile açıklanmaktadır. Bu çalışmalarda, uyarıcı türüne bağlı değişikliklerin algısal çelişki, tepkiye bağlı değişikliklerin

**TABLO 1.** Stroop Testi Koşulları Altında Elde Edilen Puanlar ve Tepki Zamanlarının (milisaniye: ms) Aritmetik Ortalama (Ort.) ve Standart Sapma (SS) Değerleri.

		Uyuşan uyarıcı	Uyuşmayan uyarıcı	
		Ort.±SS	Ort.±SS	
Doğru tepki	Toplam puan	10.917±1.164	11.313±0.854	*
	Tepki zamanı (ms)	0.615±0.068	0.648±0.074	***
Yanlış tepki	Toplam puan	1.021±1.194	0.500±0.684	**
	Tepki zamanı (ms)	0.558±0.104	0.599±0.079	AD

\*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001

AD: Anlamli değil.

ise tepki rekabeti sürecini yansıttığı sonucuna varılması eğilimi dikkati çekmektedir.

Stroop Testi performansında uyarıcı anlamının değerlendirilmesi süreçleri ile ilişkilendirilen elektrofizyolojik aktiviteler arasında, uyarıcının sunumundan 350-450 milisaniye sonra uyuşmayan uyarıcılara karşı, uyuşan ve nötr uyarıcılara karşı elde edilenden daha büyük bir negativite ve 450-550 milisaniye civarında daha büyük bir pozitivite (Markela-Lerenc ve ark. 2004); fronto-sentral alanda kaydedilen artan negativite ve frontopolar alandan kaydedilen artan pozitivite (West ve Alain 2000); uyuşan uyarıcılar ile ilgili temporo-parietal yavaş dalga; uyuşan ve uyuşmayan uyarıcıların her ikisine karşı sol temporo-parietal korteksten kaydedilen 500-800 milisaniye latanslı pozitivite (Liotti ve ark. 2000) yer almaktadır.

Stroop Testinde, uyarıcının uyuşma durumunun beyin elektrofizyolojisini etkilediğini gösteren söz konusu bulguların yanında, diğer bazı çalışmalar da, Stroop etkisinin uyarıcı değerlendirmesinden sonra meydana geldiği; etkinin, uyarıcı özelliklerinin yol açtığı tepki rekabetiyle ilişkili olduğunu gösteren bulgular öne sürmektedir. 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 milisaniye 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). Uyarıcı uyuşma durumu ve tepki doğruluğu etkisinin birarada incelendiği çalışmada (Karakaş ve ark. 2005) ise, tepki doğruluğu ile ilgili olarak bir etki elde edilmiş, fa-

kat uyarıcı uyuşma durumu ile ilgili doğrudan bir kanıt elde edilememiştir.

Özetle, bir grup çalışma Stroop etkisini algısal düzeyde, algısal çelişki hipoteziyle açıklamakta (örn., Atkinson ve ark. 2003, Kerns ve ark. 2004, Liotti ve ark. 2000, Mager ve ark. 2007, West ve Alain 2000), diğer grup çalışma ise, tepki düzeyinde bu etkinin ortaya çıktığına ilişkin, doğrudan veya dolaylı kanıtlar ileri sürerek tepki rekabeti hipotezini savunmaktadır (örn., İlan ve Polich 1999, Karakaş ve ark. 2005, Rebai ve ark. 1997, Warren ve Marsh 1979).

### Araştırmanın amacı

Mevcut çalışmanın amacı, Stroop etkisini açıklamada öne sürülen algısal çelişki ve tepki rekabeti hipotezlerinin geçerliğini sınamaktır. Çalışmalarda Stroop etkisi açısından önemli olan etkenin uyarıcı mı yoksa tepki mi olduğu konusunda uzlaşma bulunmamaktadır. Ancak, Stroop Test performansı, sadece ilgili uyarıcıların duyumsanıp algılanması süreçlerini içermez; aynı zamanda algısal kurulum ile çelişen bir talep doğrultusunda motor hareketleri düzenleme ve kontrol etme süreçlerini de içerir (Burke ve Light 1981). Bu doğrultuda mevcut çalışmanın hipotezi, Stroop Testi performansında uyarıcının uyuşma durumu kadar, bu uyarıcılara verilen tepkilerin doğruluğunun da OİP zirvelerini etkileyeceği yönündedir.

## YÖNTEM

### Katılımcılar

Çalışmada 18-29 yaş aralığında, 12 yıl ve üstü eğitim görmüş olan toplam 50 sağlıklı katılımcı yer almıştır. Yaş ortalaması 21.56 (± 2.64) olan katılımcıların 23'ü kadın, 27'si erkek olmuştur. Örneklemdeki katılımcı-

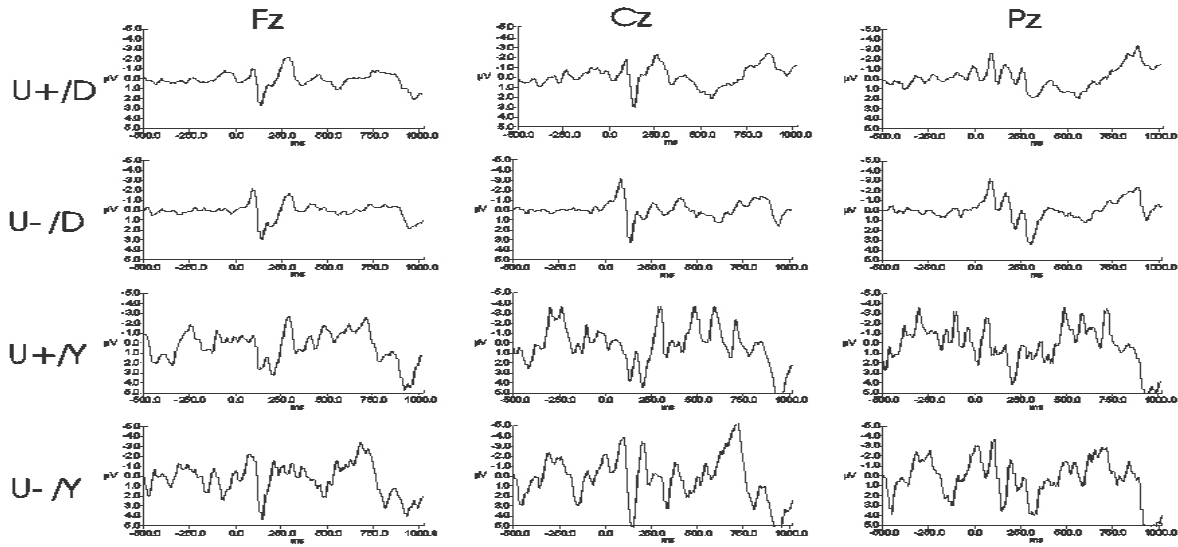
**TABLO 2.** Stroop Puanlarına Uygulanan Temel Bileşenler Analizi Sonuçları (TBA). A: Uyuşan ve Uyuşmayan Uyarıcı Koşullarında Doğru ve Yanlış Tepki Puanları İle Tepki Zamanı Puanlarına Uygulanan TBA Sonucu. B: Uyuşan ve Uyuşmayan Uyarıcı Koşullarında Doğru ve Yanlış Tepki Puanları İle Toplam Tepki Süresi Puanlarına Uygulanan TBA Sonucu.

A	Faktör 1:	Faktör 2:	Faktör 3:
U+/Y	0.889	0.000	0.000
U+/D	-0.889	0.000	0.000
U+/D -TZ	0.851	0.000	0.000
U-/D -TZ	0.842	0.000	0.406
U-/D	0.000	-0.917	0.000
U+/Y -TZ	0.380	0.845	0.000
U-/Y -TZ	0.000	0.000	-0.760
U-/Y	0.000	0.422	0.650
Özdeğer	3.159	1.909	1.429
Açıklanan varyans (%)	39.483	23.863	17.860
Birikimli varyans (%)	39.483	63.346	81.206
B	Faktör 1: Seçici dikkat	Faktör 2: Bozucu etki	Faktör 3: Bozucu etkiye direnç
U+/Y	0.994	0.000	0.000
U+/D	-0.994	0.000	0.000
U+/Y - Süre	0.974	0.000	0.000
U+/D - Süre	-0.435	0.400	0.407
U-/Y	0.000	0.955	0.000
U-/Y - Süre	0.000	0.922	0.000
U-/D	0.337	0.000	0.909
U-/D - Süre	0.000	-0.364	0.704
Özdeğer	3.284	2.063	1.532
Toplam varyans (%)	41.053	25.786	19.146
Açıklanan varyans (%)	41.053	66.839	85.985

U+/D: Uyuşan uyarıcı doğru tepki, U+/Y: Uyuşan uyarıcı yanlış tepki, U-/D: Uyuşmayan uyarıcı doğru tepki, U-/Y: Uyuşmayan uyarıcı yanlış tepki, U+/D-TZ: Uyuşan uyarıcı doğru tepki zamanı, U+/Y-TZ: Uyuşan uyarıcı yanlış tepki zamanı, U-/D-TZ: Uyuşmayan uyarıcı doğru tepki zamanı, U-/Y-TZ: Uyuşmayan uyarıcı yanlış tepki zamanı, U+/D-Süre: Uyuşan uyarıcı doğru tepki toplam tepki süresi, U+/Y-Süre: Uyuşan uyarıcı yanlış tepki toplam tepki süresi, U-/D-Süre: Uyuşmayan uyarıcı doğru tepki toplam tepki süresi, U-/Y-Süre: Uyuşmayan uyarıcı yanlış tepki toplam tepki süresi.

ların tümü sağ elini kullanan bireylerden oluşmuştur. Bireylerin el tercihleri, “çok uzağa bir taş atması gerektiğinde, hangi elini kullanacağı” sorularak belirlenmiştir. Nörolojik ve psikolojik rahatsızlığı olduğunu bildiren katılımcılar ile bilişsel süreçleri etkileme potansiyeli

li olan ilaçları kullanmakta olan veya bir süre kullandıktan sonra bırakmış olduğunu bildirenler örnekleme dahil edilmemiştir. Gönüllülük esasına göre belirlenmiş olan katılımcılardan Bilgilendirilmiş Onam (informed consent) alınmıştır.



**ŞEKİL 1.** Stroop Testinde Uyuşan Uyarıcı Doğru Tepki: U+/D (1. Sıra), Uyuşmayan Uyarıcı Doğru Tepki: U-/D (2. Sıra), Uyuşan Uyarıcı Yanlış Tepki: U+/Y (3. Sıra) ve Uyuşmayan Uyarıcı Yanlış Tepki: U-/Y (4. Sıra) için Fz (1. Sütun), Cz (2. Sütun) ve Pz (3. Sütun) Elektrot Alanlarından Kaydedilen Ortalama Olay-ilişkili Potansiyeller (OIP). Uyarıcı Anı 0 Olarak Belirtilmiştir.

### Araç-gereç ve işlemler

Stroop Testi, NeuroScan 4.2'nin Stim sistemi kullanılarak, bilgisayar üzerinden uygulanmıştır. Test, 24 adet renk ifade eden (mavi, kırmızı, sarı ve yeşil) kelimeden oluşmuş, uyarıcı kelimeler ImageWord programı kullanılarak, 45 punto büyüklüğünde Ariel Fontunda hazırlanmıştır. Uyarıcılar, siyah zemin üzerinde 19" bilgisayar ekranından 100 cm mesafeden sunulmuştur. Testte, eşit sayıda olmak üzere, iki tür uyarıcı kelime sunulmuştur: ifade ettiği renk ile kelimenin yazımında kullanılmış olan rengin uyuştığı (U+) ve uyuşmadığı (U-) kelimeler. Bu iki tür kelime seçkisiz sırada, 1 saniye uyarıcılar arası aralıklarla (inter-stimulus interval: ISI) sunulmuş, kelimelerin ekranda kalım süresi (stimulus duration) 0.750 sn olmuştur.

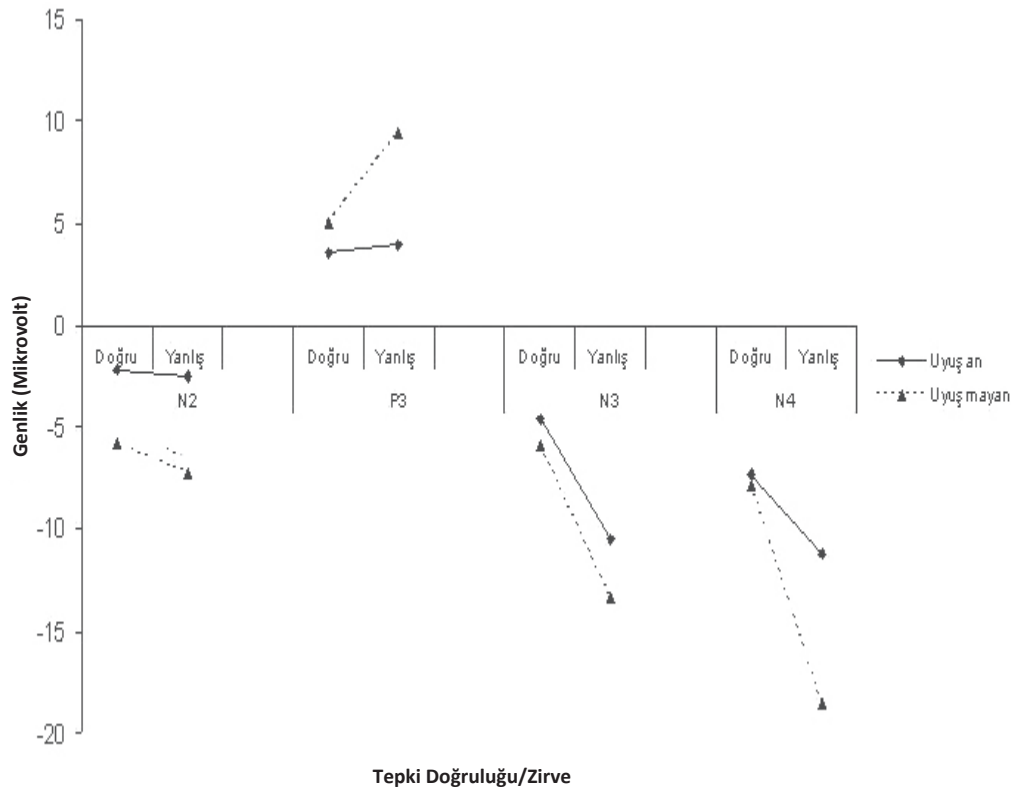
Katılımcılardan tepkilerini, StimPad cihazını kullanarak, motor olarak vermeleri istenmiştir. Görev, uyarıcının uyuştığı durumda 1, uyuşmadığı durumda ise 2 numaralı tuşa, mümkün olduğu kadar hızlı ve doğru bir şekilde tepki verilmesidir. Deneye geçmeden önce, katılımcının yapacağı görevi anlaması için, 8 uyarıcıdan oluşan bir deneme serisi uygulanmıştır.

Stroop Testinde uyuşan uyarıcılar için doğru tepki (U+/D) ve yanlış tepki (U+/Y) sayısı ile uyuşmayan uyarıcılar için doğru tepki (U-/D) ve yanlış tepki (U-/Y) sayısı hesaplanmıştır. Bu testte ayrıca tepki zamanı (reaction time) puanları da hesaplanmıştır. Tepki zamanı,

uyarıcının ekranda görünmesinden tuşa basmak yoluyla tepki verilmesine kadar geçen süre olarak ölçülmüştür. Böylece, uyuşan uyarıcılar için doğru tepki zamanı (U+/D-TZ) ve yanlış tepki zamanı (U+/Y-TZ) ile uyuşmayan uyarıcılar için doğru tepki zamanı (U-/D-TZ) ve yanlış tepki zamanı (U-/Y-TZ) olmak üzere her bir koşul için tepki zamanı puanları hesaplanmıştır.

### Elektrofizyolojik ölçümlere ilişkin araç-gereç ve işlemler

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. EEG kayıtları ses ve elektrik alanlarından yalıtılmış bir odada yapılmıştır. EEG aktivitesi uluslararası 10-20 sistemine göre yerleştirilen 30 elektrot alanından kaydedilmiştir. Kayıtlarda US-FDA onaylı, Ag-Ag/Cl maddesinin kullanıldığı QuickCap kullanılmıştır. Referans olarak birleştirilmiş kulak elektrotları (linked mastoid) kullanılmış ve topraklama alın elektrotundan sağlanmıştır. Göz hareketi artefaktlarının belirlenebilmesi için, her iki göze elektrotlar yerleştirilmiştir (VEOG, HEOH). EEG sinyalleri 0.16-100 Hz arasında filtrelenmiş, örnekleme hızı 512 Hz olmuştur. Empedans bütün elektrot alanlarında 10 Kohm veya daha az olmuştur. EEG kaydı uyarıcıdan önce 1024 ve uyarıcıdan sonra 1022 ms olmak üzere toplam 2046 ms olmuştur.



**ŞEKİL 2.** Stroop Testi Uyuşan ve Uyuşmayan Uyarıcı, Doğru ve Yanlış Tepki Koşullarında Elde Edilen N2, P3, N3 ve N4 Bileşenlerinin Genliklerine İlişkin Çizgi Grafik.

### Elektrofizyolojik verilerin analizi

Zamansal alan cevabı olan olay-ilişkili potansiyeller (OİP; event-related potential: ERP), zaman ekseninde genlik değişimlerinin yarattığı zirvelerden oluşmaktadır. Mevcut çalışmada da elektrofizyolojik kayıtlar zamansal alanda analiz edilmiş, bu doğrultuda olay-ilişkili potansiyel ve ortalamaları belirlenmiştir. OİP'lere ilişkin ortalama alma işlemi, Stroop Testine ilişkin uyarıcı türü ve tepki doğruluğu koşullarındaki 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 ortalama OİP'ler hesaplanmıştır. Her bir katılımcı için, zirvelerin latansı (latency) x eksenine iz düşümünden milisaniye (ms), genliği (amplitude) ise y eksenine iz düşümünden mikrovolt ( $\mu$ V) cinsinden belirlenmiştir. Zirveler ortaya çıkış sırası (1-4) ve polaritesine (negatif: N, pozitif: P) göre N1, N2, P3, N3 ve N4 olarak isimlendirilmiştir.

Analizlere geçmeden önce, ilgili koşul birleşimleri altında elde edilen veriler aşırı değer (univariate outliers) analizine tabi tutulmuştur. Bu amaçla z dağılımlarında,

kritik z değeri olarak çift yönlü hipotez testinde  $\alpha/2 = .001$ 'e karşılık gelen 3.00 seçilmiş, 3.00 ve daha büyük z değerine sahip olan veriler belirlenmiştir. İnceleme sonucu, aşırı puanlara sahip 2 katılımcı analiz dışı bırakılmıştır. Bu işlemlerden sonra örneklem 48 katılımcıdan oluşmuştur.

Anlamlılık testlerinde, tekrar ölçümlü desene uygun varyans analizi (analysis of variance: ANOVA) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde varyansların homojenliği (sphericity) varsayımını karşılamayan temel etkiler ve etkileşim etkileri için Greenhouse-Geisser düzeltmesi uygulanmış, söz konusu durumlarda bu düzeltmeye ilişkin serbestlik dereceleri ve anlamlılık değerleri rapor edilmiştir. Anlamlı bulunan temel etkilerin kaynağını belirlemek için yapılan post hoc analizlerde çoklu karşılaştırma etkisinden doğabilecek Tip I hatayı azaltmak için Bonferroni düzeltmesi kullanılmıştır.

## BULGULAR

### Davranışsal bulgular

Stroop Testinden elde edilen puanların ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1'de sunulmaktadır. Tablo



incelendiğinde, uyuşmayan uyarıcı koşulunda doğru tepki sayısı uyuşan uyarıcı koşuluna göre daha yüksek olmuştur. Tepki zamanı puanları açısından ise, tepkinin doğruluğundan bağımsız olarak, uyuşmayan uyarıcı koşulunda uyuşan uyarıcı koşuluna göre daha uzun süreler elde edilmiştir.

Stroop Testi uyuşan ve uyuşmayan uyarıcı koşulları altında elde edilen davranışsal verilere tekrar ölçümlü desen uyarınca varyans analizi uygulanmıştır. Desendeki bağımsız değişken uyarıcının uyuşma (uyuşan, uyuşmayan) durumu olmuştur. Analizlerde toplam tepki sayısı puanı (frequency) ve tepki zamanı (reaction time) ölçümleri bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. Analizler yanlış ve doğru tepkiler ve tepki zamanı puanları için ayrı ayrı yürütülmüştür.

Doğru tepkiler için uyarıcının uyuşma durumu değişkeni toplam tepki sayısı puanı  $F_{(1,47)} = 5.568$ ,  $p \leq 0.022$  ve tepki zamanı  $F_{(1,47)} = 20.152$ ,  $p \leq 0.0001$  üzerinde anlamlı etki göstermiştir. Buna göre, uyuşmayan uyarıcılara ilişkin toplam tepki sayısı puanı, uyuşan uyarıcılara ilişkin olandan daha yüksek ve tepki zamanı daha uzun olmuştur. Yanlış tepkiler için uyarıcının uyuşma durumu değişkeni toplam tepki sayısı puanı  $F_{(1,47)} = 8.055$ ,  $p \leq 0.007$  üzerinde anlamlı etki göstermiş, tepki zamanı üzerinde anlamlı etki elde edilememiştir. Ayrıca, Stroop Testi performansında tepki verilmeyen, başka bir deyişle 'kaçırılan' uyarıcı (omission error) sayısı üzerinde de uyarıcı uyuşma durumunun temel etkisi anlamlı bulunmuştur,  $F_{(1,49)} = 4.096$ ,  $p \leq 0.048$ . Buna göre, uyuşmayan uyarıcı koşulunda, daha fazla sayıda uyarıcı 'kaçırılmıştır'.

Mevcut çalışmada, Stroop puanlarının oluşturduğu faktörleri belirlemek için verilere temel bileşenler analizi (TBA) uygulanmıştır. Analiz, Stroop Testindeki uyuşan ve uyuşmayan uyarıcılara ilişkin doğru ve yanlış tepki puanları (sırasıyla U+/D, U+/Y, U-/D ve U-/Y) ile bunlara ilişkin tepki zamanı puanları (sırasıyla U+/D-TZ, U+/Y-TZ, U-/D-TZ ve U-/Y-TZ) üzerinde yürütülmüştür.

Yapılan TBA sonucu, Stroop puanları için elde edilen faktör yapısı Tablo 2-A'da yer almaktadır. Tablo 2 A'dan da izlenebileceği gibi, toplam varyansın .81'ini açıklayan 3 faktör, Stroop Testi için tutarlı bir çözümleme olamamıştır. Standart Stroop Testinin tepki süresi puanı, ilk uyarıcı ile son uyarıcıya verilen tepkiler arasında geçen zaman olarak ölçülmektedir. Bu doğrultuda standart puanlama ile aynı olacak şekilde, yeni analizlerde tepki zamanı puanları yerine her bir koşul için toplam tepki süresi (response duration) puanları kullanılmıştır. Toplam tepki süresi, ilgili dört koşul için ayrı ayrı olmak üzere, uyarıcının sunumundan ilgili tepkinin yapılmasına ka-

dar geçen sürelerin toplamından oluşmuştur. Yapılan TBA sonucu, modelin açıkladığı varyans .86 olarak bulunmuştur (Tablo 2B). Stroop Testinin uyuşan uyarıcılara ilişkin tüm puanları ilk faktöre yüklenmiştir (açıklanan varyans: %41.053). Uyuşmayan uyarıcılara karşı hatalı tepkilere ilişkin puanlar ikinci faktörde yer almıştır (açıklanan varyans: %25.786). Son faktörde ise, yine uyuşmayan uyarıcı ancak bu defa doğru tepkilere ilişkin puanlar yer almıştır (açıklanan varyans: %19.146).

### Olay-İlişkili Potansiyeller (OİP)

Stroop Testinde uyuşan ve uyuşmayan uyarıcıya karşı elde edilen doğru veya yanlış tepkilerden oluşan dört koşul (U+/D, U-/D, U+/Y, U-/Y) için ayrı ayrı olmak üzere her bir katılımcıya ait ortalama olay-ilişkili potansiyel bileşenleri belirlenmiştir. Şekil 1'de, Stroop Testine ilişkin U+/D, U-/D, U+/Y ve U-/Y için elde edilen ortalama OİP'ler, üç ortahat elektrodu (Fz, Cz, Pz) için sunulmaktadır. Şekil 1'de yer alan OİP eğrilerinde, zamandaki sıralanışı ve polaritesine göre N1 (latans: 86.71-98.15 ms), N2 (latans: 175.42-188.58 ms), P3 (latans: 213.37-232.08 ms), N3 (latans: 413.67-448.61 ms) ve N4 (latans: 755.15-829.46 ms) zirveleri yer almaktadır.

İstatistik analizler ortahat elektrotlarındaki OİP'ler üzerinde yürütülmüştür. Bu analizlere yönelik olarak katılımcılara ait ortalama OİP dalga formlarında söz konusu zirveler (N1, N2, P3, N3 ve N4) ve her bir katılımcı için bunların genlik ve latansları belirlenmiştir.

Stroop Testinin uyuşan ve uyuşmayan uyarıcı koşullarında, doğru ve yanlış tepkilerin genlik ve latanslarından oluşan verilere uyarıcı türü (uyuşan ve uyuşmayan uyarıcı), tepki doğruluğu (doğru ve yanlış tepki) ve elektrot alanı (Fz, Cz, Pz) değişkenlerinin oluşturduğu 2 x 2 x 3 faktörlü tekrar ölçümlü varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizinde bağımlı değişken, ilgili tepkilere ait genlik ve latans değerleri olmuş, analizler her bir zirveye ilişkin genlik ve latans için ayrı ayrı yürütülmüştür.

Uyarıcı uyumluluğu değişkeninin temel etkisi P3 ve N4 zirvelerinin genliği üzerinde anlamlı etki göstermiştir (P3 için:  $F_{(1,12)} = 5.781$ ,  $p \leq 0.033$ ; N4 için:  $F_{(1,12)} = 8.936$ ,  $p \leq 0.011$ ). Tepki doğruluğu değişkeninin temel etkisi ise N2, P3, N3 ve N4 zirvelerini içermiştir (N2 için:  $F_{(1,12)} = 13.527$ ,  $p \leq 0.003$ ; P3 için:  $F_{(1,12)} = 10.155$ ,  $p \leq 0.008$ ; N3 için:  $F_{(1,12)} = 16.218$ ,  $p \leq 0.002$  ve N4 için:  $F_{(1,12)} = 17.558$ ,  $p \leq 0.001$ ). Elektrot alanı değişkeninin temel etkisi yalnızca P3 zirvesinin genliği üzerinde anlamlı bulunmuştur ( $F_{(2,24)} = 3.887$ ,  $p \leq 0.034$ ). Uyarıcı uyumluluğu ve tepki doğruluğu değişkenlerinin ortak etkisi ise N4 zirvesinin genliği üzerinde anlamlı etki göstermiştir ( $F_{(1,12)} = 5.276$ ,

$p \leq 0.040$ ). Ayrıca tepki doğruluğu ve elektrot alanı değişkenlerinin ortak etkisi P3 genliği üzerinde ( $F_{(2,24)} = 5.430$ ,  $p \leq 0.011$ ), uyarıcı uyumluluğu, tepki doğruluğu ve elektrot alanı değişkenlerinin ortak etkisi ise N3 genliği üzerinde ( $F_{(2,24)} = 4.409$ ,  $p \leq 0.024$ ) anlamlı etki göstermiştir. Anlamlı bulunan temel etkiler için yürütülen post hoc analizlerde, uyuşmayan uyarıcılara ilişkin P3 ve N4 zirvelerinin genlikleri uyuşan uyarıcılara ilişkin zirve genliklerinden (P3 için:  $p \leq 0.017$  ve N4 için:  $p \leq 0.011$ ), yine yanlış tepkilere ilişkin N2, P3, N3 ve N4 zirvelerinin genlikleri doğru tepkilere ilişkin zirve genliklerinden yüksek olmuştur (N2 için:  $p \leq 0.003$ ; P3 için:  $p \leq 0.008$ ; N3 için:  $p \leq 0.002$  ve N4 için:  $p \leq 0.001$ ). Bonferroni düzeltmesi sonrası, P3 zirvesi genliği üzerinde elektrot alanı temel etkisi anlamlı bulunmamıştır. Şekil 2'de Stroop Testi uyuşan ve uyuşmayan uyarıcı, doğru ve yanlış tepki koşullarında elde edilen N2, P3, N3 ve N4 bileşenlerinin genliklerine ilişkin çizgi grafik yer almaktadır.

Latansin bağımlı değişken olarak kullanıldığı varyans analizinde, uyarıcı uyumluluğu değişkeninin temel etkisi yalnızca N4 zirvesi için anlamlı olmuş ( $F_{(1,12)} = 7.916$ ,  $p \leq 0.016$ ), tepki doğruluğu ve elektrot alanı değişkenlerinin temel etkileri ise anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca, tepki doğruluğu ve elektrot alanı değişkenlerinin ortak etkisi N2 ve P3 zirveleri için anlamlı bulunmuştur (N2 için:  $F_{(2,24)} = 3.793$ ,  $p \leq 0.037$ ; P3 için:  $F_{(2,24)} = 5.552$ ,  $p \leq 0.010$ ).

## TARTIŞMA

Mevcut çalışmada, Stroop testinin uyuşan ve uyuşmayan uyarıcı koşulları ile bu uyarıcılara ilişkin doğru ve yanlış tepki koşullarının analizi yoluyla Stroop etkisini açıklamada ileri sürülen iki hipotezin geçerlik durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Tepkiler saçlı deri üstünden kaydedilen olay-ilişkili potansiyelleri (OİP) ve ayrıca davranışsal tepkileri içermiştir. Denek-içi desen uyarınca, her bir katılımcıdan çalışmanın tüm koşullarında ölçüm alınmış olması, denek özelliklerinden kaynaklanan ve ilgili elektrofizyolojik tepkileri etkileyebilecek pek çok karıştırıcı değişkenin (confounding variable) kontrol edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, çalışmada, dakik deneysel ve elektrofizyolojik veri analizi işlemlerini içermiştir. İlgili işlemler, elektrofizyolojik tepkileri etkileyebilecek pek çok değişkenin (Polich ve Kok 1995), ortadan kaldırma (elimination) ve sabit tutma (constancy) teknikleriyle, kontrolünü sağlamıştır (çalışmanın deneysel işlemleri ile ilgili ayrıntılar için bkz. Bekçi, 2007). Bu özellikleriyle çalışma, standart bir nöropsikolojik göreve dayanan Stroop performansının tetiklediği nöroelektrik zirveleri ve temsil ettikleri bilişsel işlevleri ortaya koyan deneysel bir araştırmadır.

## Davranışsal bulgular ve ilgili yorumlar: stroop testi performansında olası bilişsel süreçler

Literatürde, 'farklı renkte yazılmış renk isimlerinin renginin söylenmesi' özelliği etrafında düzenlenmiş çok sayıda Stroop Testi bulunmaktadır. Mevcut çalışmadaki Stroop Testi, testin bilgisayar formudur (NeuroScan 4.2). Stroop Testinde, kelimenin yazımında kullanılan rengin, kelimenin ifade ettiği renk ile uyumlu olduğu ve uyumsuz olduğu koşulda, katılımcının koşulun uyumlu veya uyumsuz olduğuna karar vererek, kararını bir düğmeye basmak yoluyla belirtmesi gerekmektedir. Bu koşullar altında, bu iki tür uyarıcıya karşı doğru veya hatalı tepki verilebilmektedir. Ayrıca, bu formda uyarıcılar, katılımcının tepki verip vermemesinden bağımsız olarak, seri olarak sunulmakta ve uyarıcılara hızlı bir şekilde tepki verilmesi gerekmektedir. Katılımcı eğer tepki vermekte gecikirse, bir sonraki uyarıcı gelmekte, tepki verilmekte gecikilen uyarıcı için herhangi bir işlem yapılmamış olmaktadır.

Stroop Testinde, hem yanlış hem de doğru tepkilerde uyuşmayan uyarıcılara karşı tepki zamanı uyuşan uyarıcılar için olandan daha uzun olmuştur; bu fark doğru tepkiler için istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur (bkz. Tablo 1). Çalışmada ayrıca, tepki verilmekte gecikilen, başka bir deyişle 'kaçırılan' (omission error) uyarıcı sayıları da ele alınmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı düzeyde, uyuşmayan uyarıcılara ilişkin olarak bu sayının uyuşan uyarıcılara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Böylece, mevcut çalışmada davranışsal düzeyde bozucu etki, uyuşmayan uyarıcılara ilişkin sürenin uzaması ve 'kaçırılan' uyarıcı sayısının artması ile temsil edilmiştir.

Stroop Testi koşullarında elde edilen doğru ve yanlış tepki puanları ile tepki zamanı puanları üzerinde yürütülen TBA sonucu Stroop Testinden beklenen yönde olmamış; Stroop Testi puanları için tutarlı bir faktör yapısı elde edilememiştir. Oysa testin yapısı gereği, uyuşan ve uyuşmayan uyarıcılara ilişkin puanların ayrı faktörler altında toplanması beklenirdi. Tepki hızına ilişkin olarak, tepki zamanı (reaction time) puanları yerine tepki süresi (response duration) puanlarının kullanımı hem tutarlı, hem de özgün bir faktör çözümlemesi ile sonuçlanmıştır.

Analiz sonucunda, Stroop Testinin uyuşan uyarıcılara ilişkin tüm puanları ilk faktöre yüklenmiştir. Bu faktör, literatürde dikkatin 'altın standardı' olarak kabul edilen Stroop Testinin ilgili olduğu başlıca süreç olması bakımından (MacLeod 1991, 1992), seçici dikkat olarak isimlendirilmiştir. Uyuşmayan uyarıcılara karşı hatalı tepki puanları ikinci faktörde, yine uyuşmayan uyarıcı ancak bu defa doğru tepkilere ilişkin puanlar ise üçüncü faktörde yer almıştır. Bu son iki faktör, uyuşmayan uyarıcılara verilen



tepkinin doğru veya yanlış olmasına göre değişen iki farklı psikolojik sürecin olduğunu göstermesi bakımından, hem ilginç hem de yeni bir bulguya işaret etmektedir. Bozucu etkinin söz konusu olduğu uyuşmayan uyarıcılara karşı hatalı tepki puanlarının oluşturduğu ikinci faktör bozucu etki faktörü; yine bozucu etkinin söz konusu olduğu fakat, uyuşmayan uyarıcılara rağmen doğru tepkilerin verilebildiği koşulu yansıtan son faktör ise bozucu etkiye direnç faktörü olarak düşünülmüştür. Bu doğrultuda elde edilen faktör örüntüsü, literatürde Stroop Testi için belirtilen seçici dikkat ve bozucu etki süreçleri ile uyumlu olmuş (Glaser ve Glaser 1989, Helmstaedter ve ark. 1996, MacLeod 1991), ayrıca bozucu etkiye direnç olarak isimlendirilen özgün bir faktörü de içermiştir. Böylece mevcut çalışmada kullanılan Stroop testinin, literatürdeki diğer Stroop testleri gibi, ölçtüğü ileri sürülen özellikleri içerdiği ve ilgili formun Stroop etkisini ölçmede geçerli olduğu belirlenmiştir.

#### **Stroop testine ilişkin olay-ilişkili potansiyel bulguları ve ilgili yorumlar**

Stroop etkisi elektrofizyolojik düzeyde, uyuşan ve uyuşmayan uyarıcı veya doğru ve yanlış tepki koşullarında ortaya çıkan OİP bileşenlerindeki genlik ve latans değişimleri ile temsil edilmektedir. Daha önce Stroop etkisinin, uyarıcı uyuşma durumu ve tepki doğruluğu durumlarından hangisinin ele alındığına göre değişen, iki hipotez ile açıklanmaya çalışıldığından bahsedilmiştir. Ancak, bulguların, Stroop etkisine ilişkin öne sürülen algısal çelişki ve tepki rekabeti hipotezlerinden hangisini desteklediğini belirleyebilmek, denek-içi desen uyarınca hem uyarıcı uyuşma hem de tepki doğruluğu durumlarının bir arada ele alınmasını gerektirir. Böylece bu 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.

#### **Stroop etkisini açıklamada algısal çelişki hipotezi geçerlidir**

Mevcut çalışmada, Stroop Testi koşulları altında elde edilen N1 dışındaki bileşenlerin tümü, uyuşmayan uyarıcı koşullarında uyuşan uyarıcı koşullarına göre yüksek genlik değerleri ile elde edilmiştir. Bu genlik değişimi, P3 ve N4 zirveleri açısından istatistiksel olarak da anlamlı olmuştur. Bu bulgular, uyarıcının uyuşma durumunun beyin elektrofizyolojisini etkilediğini; uyuşmayan uyarıcılara ilişkin genliklerin uyuşan uyarıcılara ilişkin olanlardan büyük olduğunu, literatürdeki çalışmalarda da uyumlu olarak, gös-

termiştir (Atkinson ve ark. 2003, Lansbergen ve ark. 2007, Liotti ve ark. 2000, Mager ve ark. 2007, West ve Alain 2000). Buna göre, mevcut çalışma kapsamında Stroop Testi performansında P3 ve N4 zirvelerine ilişkin genlik artışı (bkz. Şekil 2), uyarıcının anlamı konusundaki bilgi işleme ile ilgili olup, çelişki belirleme (conflict detection) sürecini yansıtmaktadır.

#### **Stroop etkisini açıklamada tepki rekabeti hipotezi geçerlidir**

Literatürde, bazı çalışmalarda Stroop etkisinin uyarıcı değerlendirmesinden sonra meydana geldiği; etkinin, uyarıcı özelliklerinin yol açtığı tepki rekabetiyle yani motor sistemle ilişkili olduğu yönündeki görüşlere daha önce değinilmişti (Alain ve ark. 2002, Hajcak ve Simons 2002, Ilan ve Polich 1999, Rebai ve ark. 1997, Warren ve Marsh 1979). Karakaş ve arkadaşlarının (2005) çalışmasında da yanlış tepki koşulundaki geç negatif zirvelerin, GN1 ve GN2'nin, genliği doğru tepki koşulundakinden yüksek olarak bulunmuştur.

Mevcut çalışma kapsamında, literatürde elde edilenlerle uyumlu olarak, tepki doğruluğuna ilişkin olarak da genlik değişimi saptanmıştır. Stroop Testi koşulları altında elde edilen N2, P3, N3 ve N4 zirveleri için, yanlış tepkilerde doğru tepkilerdekine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek genlik değerleri elde edilmiştir. Tepki doğruluğu etkisinin görece olarak erken N2 ve P3 zirveleri açısından da elde edildiğini gösteren bu bulgular, Stroop Testi performansında, erken zamandan itibaren bütün aşamalarda tepki doğruluğu konusunda 'bilgi işleme süreçlerinin' gerçekleştiğini göstermektedir. Ancak, 'bilgi işleme süreci' genel bir terimdir. Stroop Testi performansı da, 'yönetici işlev' testi (Lezak 1995) olma özelliğinden beklenileceği gibi, karmaşık özellikler kümesini içermektedir. Bu doğrultuda tepki doğruluğu etkisine ilişkin elektriksel cevaplardaki değişimlerin, bilişsel olarak hangi süreçlere karşılık geldiği konusundaki değerlendirmelerin, zirvelerin genliği üzerinde, uyarıcı uyumluluğu ve tepki doğruluğu değişkenlerinin etkilerinin birarada ele alınarak yapılması gerekmektedir.

Bu doğrultuda Şekil 2'de, N2, P3, N3 ve N4 zirveleri üzerinde tepki doğruluğu ve uyarıcı uyumluluğu değişkenleri birlikte yer almaktadır. Şekilden de görülebileceği gibi, görece olarak erken zaman penceresinde, N2 ve P3 latansında yanlış tepkilere ilişkin genlik artışı yalnızca uyuşmayan uyarıcılar için elde edilmektedir. Bir bozucu etkinin söz konusu olduğu ve tepki ketlemesini gerektiren uyuşmayan uyarıcılara karşı elde edilen söz konusu olay-ilişkili potansiyel zirvelerindeki (N2 ve P3) genlik

artışının, tepki rekabeti (response competition) sürecini yansıttığı sonucuna varılmıştır. Buna karşın, geç zaman penceresinde ortaya çıkan N3 ve N4 latansında, yanlış tepkilere ilişkin genlik artışı uyuşan ve uyuşmayan uyarıcıların her ikisi için de elde edilmiştir. Hem geç zaman penceresinde ortaya çıkması, hem de bozucu etkinin söz konusu olmadığı uyuşan uyarıcılara karşı da elde edilmesi nedeniyle, ilgili zirvelerdeki genlik artışının, davranışın doğruluğu konusundaki değerlendirme/karar ile ilişkili olduğu, hata belirleme (error detection) sürecini yansıttığı sonucuna varılmıştır.

### **Stroop testi performansında 'algısal çelişki' ve 'teпки rekabeti' etkileşime girmektedir**

Çalışmanın bir diğer bulgusu da, N4 zirvesi açısından uyarıcı uyumluluğu ile tepki doğruluğu durumunun etkileşime girmesidir. Şekil 2'den de izlenebileceği gibi, yanlış tepki koşullarındaki genlik artışı uyarıcı türüne göre değişmektedir; genlik artışı uyuşmayan uyarıcılar için, uyuşan uyarıcılar için olandan daha fazladır. Stroop Testi performansı açısından, tepkinin doğru olup olmadığına ilişkin kararın uyarıcı anlamının değerlendirilmesine de bağlı olması olağandır. Zira, mevcut çalışmada kullanılmış olan Stroop Testi performansı (NeuroScan 4.2), rengin ve kelimenin algılanmasını, bunların uyuşup uyuşmadığına karar verilmesini, her bir durum için hangi tepkinin verileceğinin hatırlanmasını, ilgili motor davranımın gerçekleştirilmesini ve gerçekleştirilmiş davranımın gerçekleştirilmesi gereken davranım ile uyum-

luluğunun değerlendirilmesini içermektedir. Bu doğrultuda, algısal çelişki ve tepki rekabeti süreçleri ayrı ayrı Stroop etkisine aracılık etmemekte; 'algısal çelişki' ve 'teпки rekabeti' etkileşime girmektedir. Bu bulgu, bilişsel süreçlerimizin, beynin bütünlüğü (integrative) olarak çalışan paralel sinir-ağlarında olduğu yönündeki güncel model ve kuramlarla da uyumluluk göstermektedir (Cohen ve ark. 1990, Fernandez-Duque ve ark. 2000).

Mevcut çalışmanın bulguları, genel olarak, belirli bir bilişsel faaliyet sırasında uyarıcı ile tepki arasında yer alan süreçler konusundaki yordamaların, salt davranışsal tepkilere dayanılarak yapılamayacağını, bilişsel faaliyetlerin incelenmesinde beyin faaliyetine atıfta bulunmanın zorunlu olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Stroop Testi performansı sırasında elde edilen OİP zirveleri sadece uyarıcının uyuşma durumuna göre değil, aynı zamanda söz konusu uyarıcıya verilen tepkinin doğru veya yanlış olmasına göre de değişmektedir. Diğer bir deyişle beyinden kaydedilen tepkiler sadece uyarıcının etkisini değil, bireyin verdiği tepkinin doğruluğuna ilişkin etkileri de taşımaktadır. Buna göre, Stroop performansında ortaya çıkan elektriksel cevaplar, hem uyarıcı özelliklerinin yol açtığı algısal çelişki, hem de tepki rekabeti süreçlerine ilişkin aktiviteleri yansıtmaktadır; Stroop etkisi bakımından algısal çelişki ve tepki rekabeti hipotezlerinin her ikisi de geçerlidir (Schmidt ve Cheesman 2005, Karakaş ve ark. 2005).

### **KAYNAKLAR**

- Alain C, McNeely HE, He Y ve ark. (2002) Neurophysiological evidence of error-monitoring deficits in patients with schizophrenia. *Cereb Cortex*, 12: 840-6.
- Atkinson CM, Drysdale KA, Fulham WR ve ark. (2003) Event-related potentials to Stroop and reverse Stroop stimuli. *Int J Psychophysiol*, 47: 1-21.
- Başar E (1999) Brain Function and Oscillations: II. Integrative Brain Function. *Neurophysiology and Cognitive Processes*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bekçi B (2007) Üst-bellek türlerinin beyin elektrofizyolojik tepkileriyle ilişkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi (DeneySEL Psikoloji). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Burke DM, Light LL (1981) Memory and aging: The role of retrieval processes. *Psychol Bul*, 90: 513-46.
- Cohen JD, Dunbar K, McClelland JL ve ark. (1990) On the control of automatic processes: A parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychol Rev*, 97: 332-61.
- 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 Cog Neurosci*, 13: 523-36.
- Doehman S, Landau R, O'Connell D ve ark. (1978) The Stroop phenomenon: Perceptual conflict or response competition? *Percept Mot Skills*, 47: 1127-31.
- Fernandez-Duque D, Baird JA, Posner MJ ve ark. (2000) Executive attention and meta-cognitive regulation. *Conscious Cogn*, 9: 288-307.
- Gaillard AWK (1988) Problems and paradigms in ERP research. *Biol Psychol*, 26: 91-109.
- Glaser WR, Glaser MO (1989) Context effects in Stroop-like word and picture processing. *J Exp Psychol Gen*, 118 (1): 13-42.
- Grapperon J, Vidal F, Leni P ve ark. (1998) [The contribution of cognitive evoked potentials to knowledge of mechanisms on the Stroop Test]. *Neurophysiol Clin-Abstract*, 28: 207-20.
- Hajcak G, Simons RF (2002) Error-related brain activity in obsessive-compulsive undergraduates. *Psychiatry Res*, 110: 63-72.
- Helmstaedter C, Kemper B, Elger CE ve ark. (1996) Neuropsychological aspects of frontal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*, 34 (5): 399-406.
- Ilan AB, Polich J (1999) P300 and response time from a manual Stroop task. *Clin Neurophysiol*, 110: 367-73.
- Karakaş S, Erdemir C, Bekçi B ve ark. (2005) Nöropsikolojik test performansının beyindeki karşılığının beyin haritalama, olay-ilişkili potansiyel ve osilasyonlar yoluyla analizi. Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi (Proje No: 99K120370).

Kerns JG, Cohen JD, MacDonald AW 3rd ve ark. (2004) Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303: 1023-6.

Lansbergen MM, van Hell E, Kenemans JL ve ark. (2007) Impulsivity and conflict in the Stroop task an ERP study. *J Psychophysiol*, 21(1): 33-50.

Lezak MD (1995) *Neuropsychological Assessment* (3rd ed.). New York. Oxford University Press.

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: 701-11.

MacLeod CM (1991) Half a century of research on the Stroop Effect: An integrative review. *Psychol Bul*, 109: 162-203.

MacLeod CM (1992) The Stroop task: The "Gold Standard" of attentional measures. *J Exp Psychol Gen*, 121(1): 12-4.

Mager R, Bullinger AH, Brand S ve ark. (2007) Age-related changes in cognitive conflict processing: An event-related potential study. *Neurobiol Aging*, 28: 1925-35.

Markela-Lerenc J, Ille N, Kaiser S ve ark. (2004) Prefrontal-cingulate activation during executive control: Which comes first? *Brain Res. Cog Brain Res*, 18: 278-87.

Masaki H, Tanaka H, Takasawa N ve ark. (2001) Error-related brain potentials elicited by vocal errors. *Neuroreport*, 12: 1851-5.

Polich J, Kok A (1995) Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biol Psychol*, 41: 103-46.

Rebai M, Bernard C, Lannou J ve ark. (1997) The Stroop's test evokes a negative brain potential, the N400. *Int J Neurosci*, 91: 85-94.

Santos JF, Montgomery JR (1962) Stability of performance on the Color-Word Test. *Percep Mot Skills*, 15: 397-8.

Schmidt JR, Cheesman J (2005) Dissociating stimulus-stimulus and response-response effects in the Stroop task. *Can J Exp Psychol*, 59: 132-8.

Spren O, Strauss E (1991) *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms and Commentary*. New York. Oxford University Press.

Stroop RJ (1935) Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*, XVIII (6): 643-61.

Warren LR, Marsh GR (1979) Changes in event related potentials during processing of Stroop stimuli. *Int J Neurosci*, 9: 217-23.

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: 102-11.