

ARAŞTIRMA RESEARCH

## Sağlıklı Yetişkinlerde Sinirsel Geribildirim Eğitiminin Dikkat Değişkenleri Üzerindeki Etkisi

*The Effect of Neurofeedback Training on Variables of Attention in Healthy Adults*

Hande Kaynak<sup>1</sup>, Burak Erdeniz<sup>2</sup>

### Öz

Bu çalışmanın amacı sinirsel geribildirim (neurofeedback) eğitiminin dikkat süreci üzerindeki etkisi sağlıklı yetişkinlerden oluşan iki katılımcı grubunda incelenmiştir. Deney esnasında, deneysel gruptaki katılımcılar, bir yandan sinirsel geribildirim eğitimi alırken diğer yandan kendilerinden bilgisayar ekranında gösterilen iki adet bulmaca oyununu tamamlamaları istenmiştir. Bu işlem sırasında, katılımcıların bulmaca çözüme performansı, elektrotların yerleştirildiği Cz bölgesinden elde edilen beyin dalgalarına göre değişim göstermektedir. Ayrıca, toplam yedi sinirsel geribildirim oturumu öncesi ve oturum sonrasında seçici dikkat performansını ölçmek amacıyla Stroop görevi kullanılmıştır. Stroop görevinin sonuçları, sinirsel geribildirim eğitimi öncesi ve sonrasında kaydedilen tepki süreleri arasında anlamlı fark bulunduğunu gösterse de, grubun (deneysel grup ve kontrol grup) temel etkisi anlamlı bulunmamıştır. Diğer yandan, oturumlar boyunca bulmacaları tamamlamak için gerekli tepki süresi deneysel ve kontrol gruplarında anlamlı olarak değişiklik göstermemiştir. Eğitim oturumlarının sayısını artırarak ve eğitim oturumlarında daha dikkat gerektiren bir görevi kullanarak eğitim programının iyileştirilmesi sonucunda, sinirsel geribildirim beklenen etkisi görülebilir.

**Anahtar sözcükler:** Sinirsel geribildirim, elektroensefalografi, dikkat, Stroop görevi.

### Abstract

The aim of present study is to examine the effect of neurofeedback training on attentional processes in two groups of healthy adult participants. During the experiment, participants in the experimental group were required to complete two puzzles displayed on the computer screen while having neurofeedback training. During this procedure, performance on the puzzles was based on participants' brain activity that was recorded from the Cz area. Moreover, before and after completion of seven neurofeedback sessions, Stroop task was used to measure selective attention performance. Results for the Stroop task showed that although there was a significant reaction time difference before and after the neurofeedback training, there was no significant main effect of group (experimental vs. control group). Furthermore, the reaction time to complete the puzzles across the sessions did not differ significantly between the experimental and the control group. Improving the training program by increasing the number of training sessions and employing a more attention-demanding task in the training sessions might have resulted in an expected effect of neurofeedback.

**Keywords:** Neurofeedback, electroencephalography, attention, Stroop task.

<sup>1</sup>Çankaya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Psikoloji Bölümü, Ankara

<sup>2</sup>İzmir Ekonomi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Psikoloji Bölümü, İzmir

✉ Hande Kaynak, Çankaya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Psikoloji Bölümü, Ankara, Turkey  
handekaynak@gmail.com

Geliş tarihi/Submission date: 18.03.2019 | Kabul tarihi/Accepted: 24.05.2019 | Çevrimiçi yayın/Online published: 21.06.2019

**BİYOGERİBİLDİRİM**, bireylerin normalde farkında olmadıkları bazı psikofizyolojik süreçleri değiştirmelerini gerektiren bir tekniktir (Vernon 2005). Basitçe söylemek gerekirse, biyo-sinyalleri üreten bireylere, bilgiyi geri bildirerek çalışır. Bu bağlamda, bireyler aktif olarak kendi fizyolojilerinin kontrolüne dâhil olur (örneğin, kalp atımı) (Fuller 1984). Kullanılan biyogeribildirim türlerine bağlı olarak, geribildirim görsel ve işitsel olarak sunulabilir (Thompson ve Thompson 2003). Diğer yandan, sinirsel geribildirim (SGB, aynı zamanda elektroansefalografik-EEG- biyogeribildirim olarak adlandırılır), beyin aktivitesinin belirli elektrofiziksel özelliklerine bağlıdır ve bireylerin istemli olarak kortikal aktiviteyi değiştirmesini gerektirir (Vernon 2005). Diğer bir deyişle, birey kendi beyninden kaynaklanan elektrofizyolojik bileşenin genliğini ve frekansını şekillendirmeyi öğrenebilir. Bu nedenle, sinirsel geribildirim eğitiminin (SGE) asıl amacı, bireylere hangi zihinsel/psikolojik durumun kortikal aktivitede değişiklik oluşturabileceğini ayırt etmeyi ve bu tür durumların nasıl istemli olarak aktive olabildiğini öğretmektir. SGE sırasında, elektrofizyolojik aktivite EEG ile kaydedilir ve sonrasında katılımcılara görsel ya da işitsel uyaranlar olarak geribildirim yapılır (Vernon 2005).

Sinirsel geribildirim tekniğinde, araştırmacı yüksek derecede iletken olan elektrot jeli ile kafatası yüzeyine yerleştirilmiş elektrotlar (algılayıcılar) aracılığıyla kaydedilen farklı beyin dalgalarının frekansını ve genliğini ölçer. Elektrot, beyindeki sinir hücreleri tarafından üretilen elektriksel aktiviteyi kaydeder. Sonrasında, işlenmemiş EEG datası, dalgaların morfolojisini (biçimini), genliğini (tepeden tepeye, iki nokta arasındaki en yüksek potansiyel farkı) ve frekansını (bir saniyede kaç dalga olduğunu) gösterir. Burada, farklı EEG örüntülerinin farklı zihinsel durumlara karşılık geldiğini belirtmek gerekmektedir. Örneğin, uyku ve uyanık olma hali, odaklanmış konsantrasyon ve problem çözme ya da hayal kurma için farklı örüntüler vardır ve bunlar delta, teta, alfa ve beta aktivitesi olarak sınıflandırılır (Thompson ve Thompson 2003). Mevcut çalışmada, aşağıda daha detaylı olarak açıklandığı gibi, birincil odağımız teta ve beta aktivitesidir, çünkü daha önceki çalışmalar sözü edilen aktivitele ilgili seçici dikkat (Başar ve ark. 1999, Başar ve ark. 2001) ve duyu motor geribildirim (Egner ve Gruzelier 2001, Doppelpmayr ve Weber 2011) ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

Frekans 3-7 Hz ile 4-7 Hz ya da 4-8 Hz arasında değişen aktivite, teta aktivitesi olarak adlandırılır. Bu ritmin merkezi talamus ve limbik sistem olarak görülmektedir. Bu dalgaların, büyük çocuklarda ve yetişkinlerde uyuşukluk ve uyarılma halleri sırasında olduğu bulunmuştur (Thompson ve Thompson 2003). Diğer bir yandan, beta dalgalarının kaynağı 12 Hz'in üzerindedir (duyu motor ritmi haricinde). Bu dalgalar; aktif, meşgul, kaygılı düşünme ya da aktif odaklanma sırasında bulunmaktadır (Vernon 2005). 13-15 Hz, duyu motor ritim (DMR) olarak adlandırılıp duyu motor şeridi boyunca bulunmaktadır. Bu bir tür dinlenme hali dalgasıdır. Talamusta geçişten duysal ve motor yollarının aktivitesinde düşüş olduğu zamanlarda gerçekleşmektedir. Benzer olarak, duysal girdiye daha az dikkat harcanıldığında ve motor çıktıda düşüş olduğu zamanlarda gerçekleşmektedir. 16-20 Hz arasındaki dalgalar düşük beta, 20-42 Hz arasındaki dalgalar yüksek beta olarak ifade edilmektedir (Thompson ve Thompson 2003).

Performansı artırmak için SGE uygulamasının temel gerekçesi, beyindeki aktivite ve belirli bir durumda zihinsel durumdaki değişiklikler arasındaki bağlantıya dayanır. İnsanlar kortikal aktivite ve belirli zihinsel hali örüntüleri arasındaki ilişkiyi açıklayarak

davranışlarını değiştirebilir (Enriquez-Geppert ve ark. 2017). Eğitim süreci EEG sinyallerinde değişikliklere neden olur, dolayısıyla bu değişiklikler davranışın da değişmesiyle sonuçlanır (Vernon 2005). Ancak bu sonuç, EEG sinyalleri ve davranış arasındaki korelasyondan kaynaklı ortaya çıkıyor olabilir. Korelasyon sonuçları neden-sonuç ilişkisine dair bilgi vermediği için, EEG sinyallerindeki değişikliklerin davranışta her zaman değişikliklere neden olacağını söylemek mümkün değildir. Diğer yandan, davranışlar “edimsel koşullanma” ilkeleri uygulanarak değiştirilebilir. Thorndike (1898) davranışları olumlu pekiştiriciler takip ettiğinde, bu sonuçların davranışın gelecekte tekrarlanabilirliğini artıracığını göstermiştir (Edward Thorndike’in Etki Yasası). Sinirsel geribildirim tekniğinde, belirli bir beyin dalgası örüntüsünün ürünü olan davranış, pekiştirilmiştir. Başarı ile ilgili bilgi içeren pekiştiriciler, görsel ve işitsel olarak sunulabilir. Bir diğer söyleyişle, dışsal pekiştiriciler bedendeki fizyolojik değişikliklere etki edebilir (Serman 2000). EEG sinirsel geribildiriminde, araştırmacı EEG sinyalleri ile görülen sinirsel davranış değişikliklerini ödüllendirir. Bu teknik, araştırmacının belirli beyin dalga örüntüsünü işitsel ya da görsel geribildirim ile ödüllendirdiğinde bu bilginin birey için pekiştirici haline gelmesi ve sonuç olarak araştırmacının beyin dalga aktivitesinin tekrar oluşması ihtimalini artırması ilkesine dayanır (Thompson ve Thompson 2003).

Çoğu EEG deneyinde, araştırmacılar beynin çeşitli bölgelerinden elektriksel kayıtlar edebilir. Genellikle, elektrotların sayısı kanallar olarak adlandırılır. Örneğin, elektriksel aktivite 64 kanallı bir kayıt ile beynin 64 farklı alanından ölçülür. Eğer konumsal alanda beyin aktivitesinin kaynağını bulmak için kaynak konumlaması yapmak amaçlanıyorsa, deneydeki kanalların sayısı önemlidir.

Buna rağmen SGE’de yalnızca bir (tekli) ya da iki (ikili) elektrot mekanizması kullanılmaktadır (Demos 2005). Tekli elektrot kaydında, araştırmacı elektrotu beynin, üzerinde çalışılan bölgesine yerleştirir. Örneğin, geçmiş çalışmalar Cz bölgesinden elde edilen kayıtların dikkat için ve Fp bölgesinden elde edilen kayıtların çalışma belleği için önemli olduğunu göstermektedir (Başar ve ark. 1999). Elektrotlar çoğunlukla fonksiyonu daha önceden bilinen nöronal alana yerleştirilir. Örneğin çalışma belleği deneylerinde, kayıtlar Fp bölgesinden elde edilir, çünkü frontal lobların çoğunlukla çalışma belleği görevleri ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Onton ve ark. 2005). Tek kanallı kayıtlarda, referans elektrotları genellikle, elektriksel aktivitenin topraklanması için, nötr elektriksel potansiyele sahip olan kulak memelerine yerleştirilir. Diğer yandan, eğer ikili elektrot kaydı yapılıyorsa iki elektrot birbirinden ayrı yerlere yerleştirilir. Elektrotların biri kaynak konuma, diğeri ise referans noktasına yerleştirilir ve bunlar bedenin birbirinden ayrı bölgelerinde bulunur (Demos 2005).

Sinirsel geribildirim çeşitli uygulamaları bulunmaktadır ve madde kötüye kullanımını (Scott ve ark. 2005), epilepsi (Monderer ve ark. 2002, Egner ve Serman 2006), hemiplejik omuzun yeniden eğitimi (Deniz ve ark. 2018) ve fibromiyalji (Kayıran ve ark. 2010) gibi belirli hasta gruplarının tedavisi için kullanılabilir. Sinirsel geribildirim aynı zamanda Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB) için umut verici bir alternatif olarak görülmektedir (Lubar ve ark. 1995, Lansbergen ve ark. 2011, Yaylacı ve ark. 2019). DEHB hastaları için, SGB’nin davranışsal belirtileri düşürdüğü ve bilişsel performansı geliştirdiği görülmüştür (Micouland-Franchi ve ark. 2014). DEHB’si olan çocuklara uygulanan üç çeşit sinirsel geribildirim yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan biri teta gücünü (4-8 Hz) azaltma eğitimidir. Diğer iki parametre beta gücünü (15-20 Hz) artırma ve duyu motor ritim gücünü (DMR, 12-15 Hz) artır-

ma eğitimini içerir (Vernon ve ark. 2004). Çoğu araştırmacı, tetayı azaltma ve betayı artırma (Lubar ve ark. 1995) ya da tetayı azaltma, betayı ve DMR'i artırma (Alhambra ve ark. 1995) gibi en az iki parametreyi birleştirmektedir. Literatürden bildiğimiz kadarıyla, yavaş kortikal potansiyelin (YKP) öz-düzenlenme eğitimi kullanılan yalnızca iki çalışma bulunmaktadır (Heinrich 2004, Strehl ve ark. 2006). Teta, beta ve/veya DMR'nin öz-düzenlenmesine odaklanan bu çalışmaların sonuçları, sinirsel geribildirim tedavisinin DEHB belirtilerini azalttığını göstermektedir (Leins ve ark. 2007, Gevensleben ve ark. 2014).

Mevcut çalışmanın amacı, DMR frekansı olarak adlandırılan EEG bileşenini ve sinirsel geribildirim tekniği kullanılarak teta aktivitesini güçlendirmek için eğitilen insanların, DMR frekansı bileşeni ile ilişkili olduğu düşünülen (Egner ve Gruzelier 2001, Egner ve Gruzelier 2004) Stroop görevi sırasında dikkat kaynaklarını daha iyi kullanma eğiliminde olup olmadıklarını incelemektir.

Çalışmada, deney ve kontrol grubu olmak üzere sağlıklı iki grup üzerinden dikkat performansı incelenmiştir. SGE sonrasında, eğitim grubundaki katılımcıların DMR aktivitelerini (12-15 Hz) güçlendirmeleri ve teta (4-7 Hz) frekansını azaltmaları beklenmiştir. Önceki çalışmalara dayanarak (Egner ve Gruzelier 2001, Egner ve Gruzelier 2004, Vernon ve ark. 2004), DMR eğitiminin kişinin dikkat kaynaklarını kullanımını olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Kontrol grubuna SGE'ye dâhil edilmeden yalnızca deney öncesi ve sonrasında dikkat görevleri verilmiştir. Dikkat görevi olarak Stroop görevi (Stroop 1935, Macleod 1991) kullanılmıştır. Stroop görevinde, katılımcılar, geometrik şekillerin (örneğin, dikdörtgenler) rengini söyleme, yazılı olan renk isimlerini okuma ve yazılı olan kelimenin kendisini okumadan kelimenin yazıldığı rengi söyleme olmak üzere üç alt göreve tabi tutulur.

SGE ile ilgili önceki bulgular (Alhambra ve ark. 1995, Egner ve Gruzelier 2003, Vernon ve ark. 2004) DMR eğitiminin dikkat performansı üzerinde etkisi olduğunu belirtmektedir. Özellikle, sinirsel geribildirim ile yapılan DMR eğitiminin odaklanmış dikkati ölçen yap/yapma görevinde yanlış belirtilen hedef sayısının azalması ile ilişkili olduğu gösterilmektedir (Egner ve Gruzelier 2003, Vernon ve ark. 2004). Yap/yapma görevinde, katılımcılardan uyarana "yap" veya "yapma" tepkisi vermeleri istenmektedir. Bu bağlamda, bir yap/yapma görevi, aynı zamanda Stroop görevi ile ölçülen başlıca bilişsel bileşenlerden biri ile ilişkili olan tepki ketlemeyi gerektirmektedir. Stroop görevi koşulları, yap/yapma görevinde de olduğu gibi, kısıtlayıcı kontrol gerektiren bilgi işlemini yansıtır. Yönetici işlevleri ölçen görevler, hem Stroop hem de yap/yapma görevlerini içerir. Bu çalışmalar aynı zamanda, DMR eğitiminin yap/yapma görevindeki tepki süresinde anlamlı bir değişikliğe neden olmayacağını göstermektedir. Önceki bulgulara dayanarak, mevcut çalışmanın hipotezleri şu şekilde belirtilebilir:

1. DMR SGE'den önce ve sonra uygulanan Stroop görevi puanlarının DMR sinirsel geribildirim eğitimine maruz kalmamış kontrol grubu katılımcılarının puanları ile farklı olacağı beklenmektedir. Özellikle, başlangıçta ve 4 hafta sonunda kaydedilen görevin süresi açısından (kelimelerin rengini söyleme görevi ile kelimeleri okuma arasındaki zaman farkı) Stroop etkisinin iki grup (SGE alan deney grubu ve SGE almayan kontrol grubu) arasında farklılık göstereceği düşünülmektedir.
2. DMR sinirsel geribildirim eğitiminin, yalnızca deney grubunda, eğitim görevlerinin tamamlanması için gereken süreyi düşüreceği beklenmektedir.

## Yöntem

### Örneklem

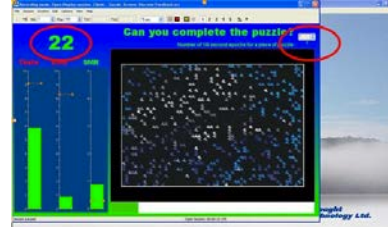
On beş lisans mezunu sağlıklı yetişkin katılımcı (on üç kadın ve iki erkek) seçilmiştir. Katılımların yaşları 23 ile 33 yıl arasında değişmektedir (Ortalama:25.33, SS:2.08). Katılımcılar normal görme becerisine sahiptir ve herhangi bir nörolojik ya da psikiyatrik rahatsızlık geçmişleri bulunmamaktadır. Sinirsel geribildirim grubundaki katılımcılardan biri SGE'den 3 hafta sonra deneyi bırakmıştır. Geri kalan on dört katılımcı çalışmaya dâhil edilmiştir. Son olarak katılımcılardan deneyin yapılacağı gün kafein içerikli herhangi bir ürün tüketmemeleri istenmiştir. Katılımcıların seçilmesinde ardışık örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Tüm katılımcılar deneye gönüllü olarak katılmıştır ve deneye başlanmadan önce tüm katılımcılar bilgilendirilmiş onam formunu doldurmuştur. Bu yöntem Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi tarafından onaylanmış, Helsinki Deklarasyonu'na uygun biçimde yürütülmüştür.

### Deney Tasarımı

Deneyden önce, katılımcılar deney ve kontrol grubuna seçkisiz atanmıştır (her gruba 7 katılımcı olacak şekilde). İki grup cinsiyet, yaş ve eğitim durumu açısından birbirine denktir. Davranışsal dikkat ölçümlerinin etkilerine ilişkin hipotezi test etmek için her iki gruba da Stroop görevi uygulanmıştır. Deney grubu için, SGE oturumları özel bir odada sessiz bir ortam sağlanarak yapılmıştır. SGE oturumları sırasında oluşabilecek dikkat dağınıklığını engellemek için odanın aydınlatması ayarlanmıştır. SGE oturumları sırasında daha iyi odaklanabilmeleri için katılımcılar odada yalnız bırakılmıştır (Resim 1).



Resim 1. Sinirsel geribildirim eğitimini alan katılımcılardan biri



Resim 2. SGE oturumları sırasında kullanılan Yunus bulmacalarından biri.

### Değerlendirme Araçları ve Görevler

#### Sürdürülen Dikkat Performansı

Seçici görsel dikkat, standart bir kâğıt-kalem testi olan Stroop görevi kullanılarak incelenmiştir. Görev, dört haftalık eğitim uygulamalarından hemen önce ve sonra uygulanmıştır. Stroop paradigmasında, uyarılar, kelimeler ve renkler arasındaki tutarlılığa bağlı olarak üç denemeye (uyumlu, uyumsuz ve nötr) ayrılmıştır. Uyumsuz uyarı koşulunda, kelimeler uyumsuz renklerde (örn., mavi renkte yazılmış yeşil kelimesi) sunulurken, uyumlu uyarı durumunda kelimeler uyumlu renklerde (örn., yeşil renkte yazılmış yeşil kelimesi) sunulmuştur. Görevin ilk kısmında, katılımcılardan kelimeleri okumaları, ikinci kısmında ise kelimelerin renklerini söylemeleri istenmiştir. Son oturumda, katılımcılardan renk isimlerini okumalarını bastırırken mürekkep rengini söyle-

meleri istenmiştir. Uyumlu ve uyumsuz uyarılar arasındaki tepki zamanı Stroop etkisi olarak adlandırılmaktadır.

Mevcut çalışmada, katılımcılara üç seri deneme aynı sırayla uygulanmıştır. İlk seride, katılımcılara gösterilen farklı renklerde dikdörtgenlerin renklerini söylemeleri ve ikinci seride farklı renklerde yazılmış kelimeleri okumaları istenmiştir. Son seride ise kelimelerin renklerini söylemeleri istenmiştir. Her bir serideki tepki süreleri kronometre kullanılarak kaydedilmiştir. Oluştugu takdirde hatalar ve kendiliğinden oluşan-hemen düzeltilen-hatalar da kaydedilmiştir.

### **Sinirsel Geribildirim Eğitimi (SGE)**

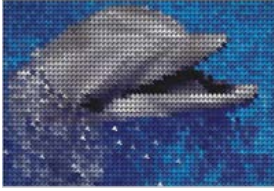
Sinirsel geribildirim yazılımı, 512 MB RAM ve 2 GHz Intel® Pentium® işlemcili Casper marka bir bilgisayar ile uygulanmıştır. SGE oturumları sırasında, piyasada mevcut bir donanım/yazılım paketi olan BioGraph/ProComp+ biyogeribildirim sistemi, gümüş kaplı elektrotlar ile kullanılmıştır. Öncesinde, elektrotların geçirgenliğini artırmak için elektrojel kullanılmıştır. Dataların tamamı 160 Hz'de Biograph Infinity yazılımının 2.5.2 sürümü kullanılarak Cz bölgesinden ve referans elektrotunun yerleştirildiği sağ kulak memesinden edinilmiştir. Bu anlamda, ikili elektrot kaydı tutulmuştur. Başlangıçta, ön işleme için, elde edilen analog sinyaller dijitale dönüştürülmüştür. Sonrasında, teta (4-8 Hz), DMR (12-15 Hz) ve beta (18-22 Hz) bileşenlerini ayırtmak için bant-geçiren süzgeç kullanılmıştır. Ayrıca, her frekans bandı için toplam güç hesaplanmıştır.

Daha sonra, ayrıştırılmış bileşenler (DMR ve teta) katılımcılara sütun grafikleri halinde geri bildirilmiştir. Bulmaca görevi sırasında, DMR ve teta aktiviteleri aktif olarak değişen sütun grafikleri ile katılımcılara gösterilmiştir. Bu süreçte katılımcıların görevi, teta aktivitesine bağlı olarak sütunların yüksekliğini artırmak ve DMR aktivitesine bağlı olarak sütunların yüksekliğini düşürmektir. Bu nedenle, bulmacadaki performans, katılımcıların sütunların yüksekliğini ne derecede iyi değiştirdiğine bağlıdır. Önceden belirlenmiş bir süre içerisinde (Şekil 2) bu amaca ulaşmak için, bir ses ile bir sembol aynı anda bilgisayar ekranında sunulmuş ve ekranda katılımcının puanı gösterilmiştir (genellikle her bir bulmaca tamamlandığında 100 puan). Frekans sütunları (teta ve DMR), gösterilen puanlar (22) ve bulmacanın ¼ saniyedeki bulmaca parçası sayısı (1) Resim 2'de gösterilmiştir.

### **İşlem**

SGE oturumları sırasında, her katılımcı dört haftalık bir süre içerisinde haftada iki eğitim oturumuna katılmıştır. Çoğu eğitim oturumu çarşamba ve cumartesi öğleden sonraları gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların o günlerde uygun olmadığı durumlarda, katılımcılar ardışık üç günde herhangi bir katılımcının iki SGE eğitiminden en az birini tamamlamadığı bir güne yerleştirilmiştir. Öncelikle, her katılımcı SGE oturumundan önce ve sonra Stroop görevini tamamlamıştır. İkinci olarak, deney öncesinde, deney grubundaki katılımcılar, SGE'nin nasıl çalıştığı ve teta frekans bileşenini artırarak ve DMR frekans bileşenini azaltarak performanslarını nasıl en üst seviyeye çıkarabilecekleri hakkında bilgilendirilmiştir (Fisbein ve ark. 1990). Deney grubundaki katılımcılardan SGE alırken bilgisayar ekranında sunulan iki bulmacayı tamamlamaları istenmiştir. Tüm deney boyunca toplamda üç çeşit bulmaca kullanılmış olup her bir oturumda bu bulmacalardan rastgele seçilen iki bulmaca kullanılmıştır. Böylece her bir oturum için farklı bulmacalar seçilmiştir (Resim 3). Bu işlem boyunca, katılımcıların bulmaca per-

formansı, Cz alanından kaydedilen beyin aktivitesiyle ilişkilidir. Lubar ve diğerlerinin (1995) çalışmasında olduğu gibi, SGE oturumları katılımcıların performanslarına bağlı olarak her bulmaca için yaklaşık yedi dakika sürmüştür. Her SGE oturumunun sonunda deney grubundaki katılımcılar hemen Stroop görevini yapmıştır. Son olarak, katılımcılar çalışma sonunda uygulanan deney hakkında bilgilendirilmiş ve kendi SGE performansları hakkında ne hissettikleri sorulmuştur.



Bütün Yunus



Bütün Dur İşareti



Bütün Domates

**Resim 3. Deneyde kullanılan bulmaca seti**

Diğer yandan, kontrol grubundaki katılımcılar hiçbir SGE oturumuna dâhil edilmemiştir. Bu katılımcılar yalnızca deney başlamadan önce ve dört hafta sonra deney tamamen bittiğinde Stroop görevini tamamlamıştır. Diğer bir deyişle, kontrol grubundaki katılımcılar SGE oturumlarına katılmadan yalnızca ön ve son oturumlarda dikkat testini almıştır. Son oturum bittikten ve deneysel gruptaki katılımcılar tüm deneyi tamamladıktan sonra, tüm katılımcılara deneye katılarak bilime yaptıkları katkılarından dolayı teşekkür edilmiştir.

### ***İstatistiksel Analiz***

Araştırmanın istatistiksel bulguları SPSS 21.0 İstatistiksel Veri Analizi programı kullanılarak analiz edilmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerde  $p < 0.05$  anlamlı değer olarak kabul edilmiştir. İlk olarak, PMS ile depresyon, öfke ve yaşam kalitesi arasındaki ilişkinin varlığı ve olan ilişkinin düzeyi ile yönünü incelemek üzere Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. İkinci adımda, PMS bağımlı değişken olarak belirlendiğinde, depresyon, öfke ve yaşam kalitesinin her birinin bir diğer değişken üzerinde mediatör (aracı) değişken etkisi yaratabileceği düşünülerek, doğrusal hiyerarşik regresyon analizi ile mediatör etkinliği ve anlamlılığı incelenmiştir. Medyatör analizinin detaylı bulguları ve yapılandırması sonuç bölümünde verilmiştir.

## **Bulgular**

### ***Stroop Performansı***

#### **Stroop Performansı Alt Görevi: Kelimelerin Rengini Söyleme**

2 (zaman: SGE'den önce, sonra)  $\times$  2 (grup: deneysel, kontrol) karışık desen varyans analizi yürütülmüştür. Bağımsız "zaman" (öncesi ve sonrası) değişkeni denek içi tasarımı; diğer bir bağımsız değişken olan "grup" etkisi ise denekler arası değişken olarak tasarlanmıştır. Bu bölümde katılımcıların, Stroop görevinin alt görevi üzerindeki performansı, yani "kelimelerin rengini söyleme" değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, sırasıyla "Stroop görevinin alt görevini tamamlamak için verilen tepki süresi" ve "katılımcılar tarafından yapılan hataların sayısı" bağımlı değişkenler olarak istatistiksel analize katılmıştır. Tüm analizler için istatistiksel anlamlılık değeri, .05 alfa seviyesidir. Deney ve

kontrol grubundaki katılımcıların Stroop alt görev puanlarının (tepki süresi ve hataları) ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 1'de verilmiştir.

Sonuçlar, zamanın Stroop alt görevini tamamlamak için geçen tepki süresi (saniye olarak) üzerindeki temel etkisinin anlamlı olduğunu göstermiştir ( $F(1,12) = 23.53, p = .000, \eta_p^2 = .66$ ). Bu sonuca göre, SGE öncesi Stroop alt görevini tamamlama süresinin (Ort = 55.26; SS = 2.1), SGE oturumundan sonraki tepki süresinden (Ort = 49.39; SS = 2.1) istatistiksel olarak daha uzun olduğu bulunmuştur. Ancak, grubun temel etkisi anlamlı bulunmamıştır ( $F(1,12) = 1.12, p = .31$ ). Ayrıca, zaman ve grup arasındaki etkileşim etkisi anlamlı bulunmamıştır ( $F(1,12) = 3.60, p = .08$ ).

Stroop alt görevindeki hata sayısı için, zamanın temel etkisi anlamlı bulunmamıştır ( $F(1,12) = .36, p = .56$ ). Benzer şekilde, grubun temel etkisi ( $F(1,12) = .83, p = .38$ ) ve zaman ile grup arasındaki etkileşim etkisi anlamlı çıkmamıştır ( $F(1,12) = .36, p = .56$ ).

**Tablo 1. Stroop alt görevi için tepki süresi ve hata sayısı puanları (ort±SS)**

	Deney Grubu		Kontrol Grubu	
	Öncesi	Sonrası	Öncesi	Sonrası
Stroop alt görevi (TS- saniye)	54.29±9.26	46.12±7.83	56.22±5.87	52.65±7.83
Stroop alt görevi (Hata sayısı)	0.43±1.27	0.57±0.56	1.14±1.35	0.71±0.76

Ort = Ortalama; SS = Standard sapma, TS = Tepki süresi

### Stroop Etkisi

İki alt görev arasındaki, diğer bir ifadeyle “kelimelerin rengini söyleme” ve “kelimeleri okuma” performansları arasındaki farklar, “tepki süresindeki farklılıklar” ve “hata sayısı farklılıkları” için 2 (zaman: SGE'den önce, SGE'den sonra) x 2 (grup: deneysel, kontrol) karışık desen varyans analizi ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Deney ve kontrol grubundaki katılımcıların Stroop etkisi puanlarının (tepki süresi ve hataları) ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Sonuçlar, zamanın tepki süresindeki farklılıklar üzerindeki temel etkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymuştur ( $F(1,12) = 5.28, p < .05, \eta_p^2 = .31$ ), buna göre SGE oturumlarından önceki tepki süresinin (Ort = 29.51; SS = 1.9) SGE oturumundan sonraki tepki süresinden (Ort = 26.40; SS = 1.9) anlamlı olarak daha uzun olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, grubun temel etkisi ( $F(1,12) = 1.42, p = .28$ ) ile grup ve zaman arasındaki etkileşim etkisi anlamlı bulunmamıştır ( $F(1,12) = 1.75, p = .21$ ).

Zamanın “katılımcılar tarafından yapılan hata sayısındaki farklılıklar” üzerindeki temel etkisi anlamlı bulunmamıştır ( $F(1,12) = .34, p = .57$ ). Benzer şekilde, grubun temel etkisi anlamlı bulunmamış ( $F(1,12) = .73, p = .41$ ) ve grup-zaman arasındaki etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır ( $F(1,12) = .95, p = .35$ ).

**Tablo 2. Tepki süresi ve hata sayısı açısından stroop etkisinin puanları (ort±SS)**

	Deney Grubu		Kontrol Grubu	
	Öncesi	Sonrası	Öncesi	Sonrası
Stroop etkisi (TS- saniye)	28.17±8.91	23.26±7.16	30.84±5.64	29.52±7.73
Stroop etkisi (Hata sayısı)	0.57±1.13	0.57±0.53	1.14±1.35	0.57±0.79

Ort = Ortalama; SS = Standard sapma, TS = Tepki süresi



### ***Sinirsel Geribildirim Eğitim Oturumlarında Bulmaca Çözme Süreleri***

Deney grubundaki yedi SGE oturumu arasındaki bulmaca çözme sürelerini karşılaştırmak için tekrarlayan ölçümlerde varyans analizi yürütülmüştür. Sonuçlar, görevi tamamlamak için gereken zamanın oturumlar arasında anlamlı bir farklılık göstermediğini ortaya koymuştur ( $F(6, 36) = 1.62, p > .05$ ). Ayrıca, ilk oturum ile son oturum arasındaki bulmaca çözme sürelerinin (saniye cinsinden) birbirinden farklı olup olmadığını görmek için bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. Sonuçlar, 1. oturum (Ort = 783.57) ve 7. oturumun (Ort = 681.29) bulmaca çözme süresi ( $t_0 = 1.62, p > .05$ ) açısından istatistiksel olarak farklılaşmadığını göstermiştir. Tüm SGE oturumlarındaki bulmaca çözme sürelerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Katılımcıların SGE oturumlarındaki bulmaca çözme sürelerinin puanları (ort±SS)**

Bulmaca Çözme Süresi (saniye)	Oturum 1	Oturum 2	Oturum 3	Oturum 4	Oturum 5	Oturum 6	Oturum 7
Ortalama	783.57	659.71	763.85	689.71	725.00	659.28	681.29
Standart sapma	231.05	65.22	206.02	88.35	202.95	111.47	129.65

## **Tartışma**

Mevcut çalışma SGE'nin seçici dikkat üzerindeki etkilerini test etmek için tasarlanmıştır ve bunu için Stroop görevi olarak bilinen bir seçici dikkat görevi kullanılmıştır. Sonuçlar SGE'den önce ve sonra uygulanan Stroop görevi için deney ve kontrol grubu arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir, ancak zamana bağlı olarak (SGE'den önce ve sonra) Stroop performansında anlamlı bir fark bulunmuştur. Ayrıca, DMR geribildirim eğitimi uygulanan katılımcılarda, yedi oturum boyunca eğitim görevlerini (bulmacaları açmak) tamamlamak için gereken tepki süresinde azalma gözlenmemiştir.

Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, DMR geribildirim eğitiminin dikkat kaynakları üzerindeki etkilerini araştıran önceki çalışmaları doğrulamamıştır. Önceki bulgular, DMR frekansının, katılımcıların odaklanma dikkatini ölçen yap/yapma görevlerinde yapılan hatalar ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Egner ve Gruzelier 2003, Vernon ve ark. 2004). Bu çalışmada ise Stroop görevini kullanarak benzer bir dikkat ölçümü amaçlanmıştır, ancak sonuçlar Stroop görevi esnasında yapılan hatalar ile DMR eğitimi arasında anlamlı ilişki ortaya koymamıştır. Bunun nedeninin, bu iki dikkat görevinin dikkat süreçlerinin farklı yönlerini ölçmesinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmüştür. Özellikle, yap/yapma görevindeki dikkat hatası hesaplamalarının, hedef olmayan bir sembolü engelleyememekten kaynaklandığı düşünülürken, Stroop görevindeki dikkat hatalarının genellikle otomatik bir işlem olarak kabul edilen okuma performansını engelleyememekten kaynaklandığı düşünülmektedir (MacLeod 1992). Bu sonuçlar, seçici dikkat performansını geliştirmek için dikkatin farklı yönlerini ayırt etmenin ve buna göre SGE oturumlarını kullanmanın önemli olduğunu göstermektedir.

Bulgular, Stroop görevi performansının yalnızca deney grubunda değil, kontrol grubunda da arttığını göstermektedir ve bu durum başka sorular ortaya koymaktadır. Birincisi, deney ve kontrol grubunun performansındaki artışın, Stroop görevine olan aşinalıktan kaynaklandığı ön görülmektedir. İkincisi, spor faaliyeti, yoga ya da pilates gibi deneysel olarak kontrol edilemeyen bazı değişkenlerin bireylerin performansını etkile-

miş olabileceği ihtimali her zaman vardır. Örneğin, deneyden sonra, kontrol grubundaki katılımcılardan biri, SGE döneminin ortasında haftada üç kez pilates eğitimine gitmeye başladığını bildirmiştir. Bu nedenle, beden eğitimi faaliyetlerine bilinçli katılımın zihinsel durumlar üzerinde olumlu bir etkisi olmuş olabilir ve daha iyi bir konsantrasyona yol açmış olması mümkündür (Bernardo 2007, Memmedova 2015). Böyle bir durum deney grubunda da olmuş olabilir. Bunun yanı sıra, deneye başlarken katılımcıların uykü süreleri kontrol altına alınmamış, bu gibi faktörlerin sonuç bulgularını etkilemiş olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, Stroop görevi performansının süresinin azalmasına ilişkin temel argümanlardan biri, kontrol edilmeyen değişkenlerden kaynaklanıyor olabileceğidir.

Deney grubunun sonuçları incelendiğinde SGE oturumlarının süresinde bir düşüş olmasına rağmen, bu düşüşün istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Başka bir deyişle, istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen, yedi SGE oturumu arasında bulmaca çözme sürelerindeki azalma beklediği gibi gözlenmiştir. Ayrıca, bulmaca çözme süresi açısından ilk ve son SGE oturumu arasında farklılık bulunmamıştır. Bu bulgulara birkaç faktör neden olmuş olabilir. Bunlardan biri geribildirim oturumlarının sayısı olabilir. Son zamanlarda yapılan bir araştırmada (Davelaar 2017) önerildiği gibi, dikkat süreçlerinde belirli bileşenleri tespit etmek için EEG geribildirim eğitimi, çoklu oturumlar gerektirmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmada uygulanan eğitim oturumlarının uzunluğundaki ve sıklığındaki farklılıkların, diğer çalışmaların sonuçları ile oluşan uyumsuzluğun bir nedeni olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bir diğer neden ise SGE oturumlarında kullanılan görevlerin (domates, yunus, dur işareti bulmacaları) çekiciliğinin yetersizliği olarak değerlendirilebilir. Bulmacaların zorluk derecesi yeterli olmamış olabilir, diğer bir deyişle bulmacalar yeterince dikkat gerektirmemiş olabilir. Bu durum da katılımcıların bulmacaları tamamlama konusundaki motivasyonlarını etkilemiş olabilir. Bu nedenle, eğitim oturumlarının sayısını artırarak ve eğitim oturumlarında daha dikkat gerektiren bir görevi kullanarak eğitim programının iyileştirilmesi sonucunda, SGE'nin beklenen etkisi görülebilir.

Bu çalışmanın sınırlılıklarından biri, eğitim oturumları arasındaki zaman aralığıdır. Her ne kadar oturumların sırası seçkisiz olarak ayarlanmış ve katılımcıların hiçbiri art arda üç günde iki SGE oturumu almamış olsa da daha sık ve art arda yürütülecek SGE oturumları sonuçlarda bir fark yaratabilir. Mevcut çalışmanın bir diğer sınırlılığı, toplam gönüllü sayısıdır. Boylamsal çalışmaların doğası gereği, bu tür çalışmalar yüksek bırakma oranlarına sahiptir ve güçlü bir motivasyonel teşvik olmadan gönüllü katılımcı bulmak zordur. Gelecekteki çalışmalar, SGE'nin etkinliği konusunda kesin bir sonuca varmak için daha fazla sayıda katılımcıya ve eşit oranda kadın ve erkek katılımcıya ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca, farklı bilişsel görevleri karşılaştırmak ve doğru frekans bileşenlerini her bir dikkat değişkeni ile ilişkilendirmek, gelecekteki araştırmalar için önemlidir.

## Kaynaklar

- Alhambra MA, Fowler TP, Alhambra AA (1995) EEG biofeedback: a new treatment option for ADD/ADHD. *J Neurother*, 1:39-43.
- Başar E, Başar-Eroğlu C, Karakaş S, Schürmann M (1999) Are cognitive processes manifested in event-related gamma, alpha, theta and delta oscillations in the EEG? *Neurosci Lett*, 259:165-168.
- Başar E, Başar-Eroğlu C, Karakaş S, Schürmann M (2001) Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. *Int J Psychophysiol*, 39:241-248.
- Bernardo LM (2007) The effectiveness of pilates training in healthy adults: an appraisal of the research literature. *J Bodyw Mov*

- Ther, 11:106-110.
- Davelaar EJ (2017) Testing the specificity of EEG neurofeedback training on first- and second-order measures of attention. In *Foundations of Augmented Cognition: Neuroergonomics and Operational Neuroscience* (Eds DD Schmorow, CM Fidopiastis):19-27. New York, Springer International.
- Deniz V, Sarpel T, Gürsoy S (2018) Reeducation of hemiplegic shoulder by using EMG biofeedback. *Cukurova Med J*, 43:692-697.
- Demos JN (2005) *Getting started with neurofeedback*. New York, WW Norton.
- Doppelmayr M, Weber E (2011) Effects of SMR and theta/beta neurofeedback on reaction times, spatial abilities, and creativity. *J Neurother*, 15:115-129.
- Egner T, Gruzelier JH (2001) Learned self-regulation of EEG frequency components affects attention and event-related brain potentials in humans. *Neuroreport*, 12:4155-4159.
- Egner T, Gruzelier JH (2003) Ecological validity of neurofeedback: modulation of slow wave EEG enhances musical performance. *Neuroreport*, 14:1221-1224.
- Egner T, Gruzelier JH (2004) EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. *Clin Neurophysiol*, 115:131-139.
- Egner T, Sterman, MB (2006) Neurofeedback treatment of epilepsy: from basic rationale to practical application. *Expert Rev Neurother*, 6:247-257.
- Enriquez-Geppert S, Huster RJ, Herrmann CS (2017) EEG-neurofeedback as a tool to modulate cognition and behavior: a review tutorial. *Front Hum Neurosci*, 11:51.
- Fishbein DH, Thatcher, RW, Cantor DS (1990) Ingestion of carbohydrates varying in complexity produce differential brain responses. *Clin Electroencephalogr*, 21:5-11.
- Fuller G (1984) *Biofeedback: Methods and Procedures in Clinical Practice*. San Francisco, Biofeedback Press.
- Gevensleben H, Moll GH, Rothenberger A, Heinrich H (2014) Neurofeedback in attention-deficit/hyperactivity disorder—different models, different ways of application. *Front Hum Neurosci*, 8:846.
- Heinrich H (2004) Training of slow cortical potentials in ADHD: evidence for positive behavioral and neurophysiological effects. *Biol Psychiatry*, 55:772-775.
- Kayran S, Dursun E, Dursun N, Ermutlu N, Karamürsel S (2010) Neurofeedback intervention in fibromyalgia syndrome: a randomized, controlled, rater blind clinical trial. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 35:293-302.
- Lansbergen MM, van Dongen-Boomsma M, Buitelaar JK, Slaats-Willemse D (2011) ADHD and EEG-neurofeedback: a double-blind randomized placebo-controlled feasibility study. *J Neural Transm (Vienna)*, 118:275-284.
- Leins U, Goth G, Hinterberger T, Klinger C, Rumpf N, Strehl U (2007) Neurofeedback for children with ADHD: a comparison of SCP and theta/beta protocols. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 32:73-88.
- Lubar JF, Swartwood MO, Swartwood JN, O'Donnell PH (1995) Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in TOVA scores, behavioral ratings and WISC-R performance. *Biofeedback Self Regul*, 20:83-99.
- MacLeod CM (1991) Half a century of research on the stroop effect: an integrative review. *Psychol Bull*, 109:163-203.
- MacLeod CM (1992) The stroop task: the "gold standard" of attentional measures. *J Exp Psychol Gen*, 121:12-14.
- Memmedova K (2015) Impact of pilates on anxiety attention, motivation, cognitive function and achievement of students: structural modeling. *Procedia- Soc Behav Sci*, 186:544-548.
- Micoulaud-Franchi JA, Geoffroy PA, Fond G, Lopez R, Bioulac S, Philip P (2014) EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Hum Neurosci*, 8:906.
- Monderer RS, Harrison DM, Haut SR (2002) Neurofeedback and epilepsy. *Epilepsy Behav*, 3:214-218.
- Onton J, Delorme A, Makeig S (2005) Frontal midline EEG dynamics during working memory. *Neuroimage*, 27:341-356.
- Scott WC, Kaiser D, Othmer S, Sideroff SI (2005) Effects of an EEG biofeedback protocol on a mixed substance abusing population. *Am J Drug Alcohol Abuse*, 31:455-469.
- Sterman MB (2000) EEG markers for attention deficit disorder: pharmacological and neurofeedback applications. *Child Study J*, 30:1-23.
- Strehl U, Leins U, Goth G, Klinger C, Hinterberger T, Birbaumer N (2006) Self-regulation of slow cortical potentials: a new treatment for children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatr*, 118:1530-1540.
- Stroop JR (1935) Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*, 18:643-662.
- Thompson M, Thompson L (2003) *The Neurofeedback Book: An Introduction to Basic Concepts in Applied Psychophysiology*. Colorado, The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.
- Thorndike EL (1898) Animal intelligence: an experimental study of the associative processes in animals. *The Psychol Review: Monogr Supplements*, 2:i-109.

- Vernon D, Frick A, Gruzelier, JH (2004) Neurofeedback as a treatment for ADHD: a methodological review with implications for future research. *J Neurother*, 8:53–82.
- Vernon D (2005) Can neurofeedback training enhance performance? an evaluation of the evidence with implications for future research. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 30:347-364.
- Yaylacı F, Özek Erkuran H, Çetin F, Kara H (2019) Dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu tedavisinde neurofeedback eğitimi. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, doi: 10.18863/pgy.425501.

---

**Yazarların Katkıları:** Tüm yazarlar, her bir yazarın çalışmaya önemli bir bilimsel katkı sağladığını ve makalenin hazırlanmasında veya gözden geçirilmesinde yardımcı olduğunu kabul etmişlerdir.

**Etik Onay:** Çalışma Yerel Etik Kurul tarafından onaylanmıştır. Tüm katılımcılardan yazılı aydınlatılmış onam alınmıştır.

**Danışman Değerlendirmesi:** Dış bağımsız

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

---

**Authors Contributions:** All authors attest that each author has made an important scientific contribution to the study and has assisted with the drafting or revising of the manuscript.

**Ethical Approval:** The study was approved by the Local Ethics Committee. Written informed consent was obtained from all participants.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** No conflict of interest was declared by the authors.

**Financial Disclosure:** The authors declared that this study has received no financial support.

---