

DOKUNSA OLAY İLİŞKİLİ YANITLAR IŞIĞINDA ÖĞRENME SÜRECİNİN İRDELENMESİ

Adile ÖNİZ¹, Çağdaş GÜDÜCÜ¹, Onur BAYAZIT¹, Murat ÖZGÖREN¹

ÖZET

AMAÇ: Bu çalışmada basit dokunsal uyarılar kullanılarak elektrofizyolojik yaklaşımla öğrenme ve bilişsel süreçlerin irdelenmesi hedeflenmiştir.

GEREÇ ve YÖNTEMLER: 23 sağlıklı bireye (21.44±2.73 yaş; 8 kadın) ait 64 kanal EEG kayıtları değerlendirilmiştir. Basit dokunsal uyarılar olarak 4-D Pnömatik Stimulatör cihazı içeren düzenele farklı iki el işaret (hedef) ve üçüncü parmaklarına (hedef olmayan) dokunsal basınç uygulanmıştır. Hedef uyarıların sayılması istenmiş, hata oranları % 10 altında olan koşullardaki süpürümler elde edilmiştir. Post analizde bireysel ve grup ortalaması yanıtları 14 elektrotta (F_Z, F₃, F₄, C_Z, C₃, C₄, T₇, T₈, P₃, P₄, P₇, P₈, O₁ ve O₂) gösterilmiştir.

BULGULAR: Tüm kafada yaygın olarak gözlenen, en yüksek genlikle Cz'de saptanan olaya ilişkin potansiyeller (SERP) ve basit dokunsal uyarılma potansiyelleri (SEP) saptanmıştır. Bu yanıtlarda çok erken, erken ve geç zaman pencerelerinde dalga bileşenleri analiz edilmiştir. Analize göre, çok erken yanıtlar (50-120 msn) ilk ve ikinci uygulamada değişmezken, erken yanıtlar (150-250 msn) belirgin olarak küçülmüştür (her bir ölçüm için, $p < 0.05$). Geç yanıt bileşenleri (300-450 msn) ise deney sonuna kadar korunmuştur. Geç yanıt bileşenleri hedef uyarı yanıtlarında hedef olmayanlara göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (herbir ölçüm için, $p < 0.001$).

SONUÇ: Çok erken yanıtların değişmemesi, duyuşsal yanıtların korunması olarak değerlendirilmiştir. Erken yanıtların belirgin azalması, bilişsel süreç olarak deneye katılımın ölçütü olarak ele alınmış ve bu koşul bireylerin deney desenini öğrenmesi olarak yorumlanmıştır. Geç yanıtların korunması ise bireylerin sayma ödevlerini tüm deney boyunca koruması ve bununla ilgili dikkat bileşenlerinin öne çıkması olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: SEP, SERP, dikkat, öğrenme, EEG

The Assessment of Learning Through the Scope of Somatosensory Event Related Potentials

SUMMARY

OBJECTIVE: The current study aims to investigate the cognitive processes through the scope of electrophysiological approach on the application of simple somatosensory stimuli.

MATERIAL and METHODS: Total of 23 subjects participated to the study (21.44±2.73 years; 8 females) for the analysis of 64 channel EEG data. Simple tactile stimuli were delivered using 4-D pneumatic stimulator, delivering a soft touch stimulus to the index (target) and middle fingers (non-target) of the subjects in two consecutive sessions. The subjects were requested to mentally count the target stimuli. The sweeps resulting from less than 10 percent error rate were accepted into the study. The individual and group event related responses were analyzed over 14 electrode (F_Z, F₃, F₄, C_Z, C₃, C₄, T₇, T₈, P₃, P₄, P₇, P₈, O₁ and O₂) sites in a post-analysis session.

RESULTS: The responses (SEP and SERP) to the tactile stimuli were widely observed across the electrode sites with the the biggest amplitudes at Cz (central) electrode. Within the responses, very early, early and late time windows and their respective wave forms were analysed. The analysis revealed that very early waveforms (50-120 msn) remained the same in two sessions, whereas, the early responses (150-250 msn) decreased significantly from the first session to the second (for each comparison, $p < 0.05$). The late time components (300-450 msn) maintained their level throughout the experiment. The target and standard late responses were also found to differ significantly in two consecutive sessions (for each comparison, $p < 0.001$).

CONCLUSION: No changes very early responses suggests the preservation of sensory responses. The significant decrease of early responses may be explained by the attendance of the subjects to the experiment, pointing their learning of the template of the experimental set-up. On the other hand, the maintaining of the late responses might be related to the task performance of the subjects, where they are demanded to keep their attention throughout the experiment.

Key words: SEP, SERP, attention, learning, EEG

Dokunsal uyarılar, görme ve işitme modalitelerine göre elektrofizyolojide daha az kullanılsa da nörofizyoloji çalışmalarında farklı şekillerde karşımıza çıkmaktadır^{1,2}. Daha çok periferik sinir sistemi ölçümleri, omurilik cerrahisi sırasında yapılan ölçümler, ağrı ve ağrı baskılamasına yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur^{3,4}.

Yakın zamanlarda, zamansal çözünürlüğü ve sağladığı dinamik bilgiler ile elektrofizyolojik

yöntemler kognitif nörobilimlerdeki yerini sağlamlaştırmaktadır⁵. Elektrofizyolojik yaklaşım kullanılarak, somatosensoryel sistem mekanizmalarının aydınlatılmasının yanısıra beynin yanıtıllığı (responsiveness), plastisite ve deney esnasında oluşan dinamik değişiklikler de irdelenebilir.

Genel kapsamda, öğrenme kavramı ile dinamik bir süreç ifade edilmektedir. Burada tek bir olgudan

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyofizik Anabilim Dalı, İZMİR, TÜRKİYE

çok, uyum, kuralların ve koşulların saptanması, iç ve dış etmenlerin etkinliklerinin değerlendirilmesi gibi bir çok karmaşık bileşen konuya dahil olmaktadır. Bilişsel yaklaşımla deney ortamında öğrenmenin çalışılmasında; davranışsal verilerin yanında, bireyin katıldığı deney ile ilgili faktörleri içselleştirmesi, uyum sağlaması ve ardından tekrarlayan uyarılara yanıt vermesi ile ilgili bilgiler söz konusudur. Bu durum, laboratuvar ortamında dakikalar içerisinde değişen elektrofizyolojik yanıtların incelenmesiyle somut olarak ele alınabilir.

Bireyin en basit olaylarda bile yanıt vermesi bir tür stratejiye bağlıdır. Olaya ilişkin yanıtların alındığı deneysel kurulumlarda, hedef olarak belirlenen bir uyarının tanınması, başka bir standart (hedef-olmayan) uyarandan ayırt edilmesi, akılda tutulması ve sayılması gerekmektedir. Bu süreçte, dikkatin hedef uyaranda yoğunlaşması gerekmektedir ve kısa süreli bellek, uzun süreli bellek, çalışan bellek süreçlerinin aktiflenmesi ve öğrenme söz konusu olmaktadır. Basit anlamda duyuşsal uyarıların adaptasyonunda prosedürel bellek mekanizmalarından bahsedilmektedir^{6,7}. Prosedürel bellek, içerikten çok, neyin nasıl yapıldığının hatırlanmasına dayalı bir bellektir. Bu bellek türünde akılda tutmaktan çok yorum ve kavrayış vardır ki neden sonuç ilişkisi kurularak geliştirilebilir ve bilginin içselleştirilmesi sonucunda bir önceki öğrenilenlere göre davranılması söz konusu olur. Prosedürel bellek hipotezine göre performanstaki hızlı artış, gözlemcinin strateji değişikliklerine bağlıdır^{6,7}. Bazı çalışmalardan, performans artışından sorumlu değişimin en azından bir kısmının duyuşsal kortekste olduğu sonucu çıkmaktadır. Alain ve ark.⁸, hızlı ve yavaş algısal öğrenme ile prosedürel öğrenme süreçleri üzerinde durmuşlardır. Bu öğrenme süreçlerinde meydana gelen nöral plastisite değişimlerinin katılımcının dikkatine bağlı olarak değiştiğini, yalnızca görevler uygulanmaya devam ettiği sürece artacağını ve sadece görevi öğrenmenin yeterli olmayacağını belirtmişlerdir. Dokusal-motor öğrenme konusu kısa bir süre önce bir müzik aletinin öğrenilmesi süreci ile çalışılmıştır⁹. Patoloji grubunda felçli ve vasküomotor hasarlı hastalardan alınan bilgiler ile hem kısmen işlev yitiminden hem de plastisiteden bahsedilebilecek bir kavramsal dizgi oluşmaktadır. Bu bağlamda, ağrısız uyarıların basit dokusal bir düzenekle çalışılması daha az ek sorunla irdeleme olanağı sunabilir. Böylece, ağrısız uyarıların ile çalışıldığında oluşabilecek, ağrının bilişsel süreçleri etkilemesi gibi, olumsuz unsurlardan kaçınılmış olur. Diğer bir çalışma grubu olan elektriksel uyarıların ise kendi başlarına temiz yanıtlar oluşturmalarına karşın, elektriksel olarak yanıt etkileme olasılığına sahiptir.

Yukarıda tanımlanan kavramlar ışığında bu çalışmanın amacı şöyle özetlenebilir: Basit dokusal uyarıların sürekli alınan elektroensefalografi (EEG) kaydı ile eş zamanlı olarak kaydedilmesi, dokusal

uyarılara eşlik eden basit bilişsel ödev verilmesi ve uygulamanın birden çok zaman diliminde, ilk süreç ve ikinci sürecin yanıtlarında dikkat ve öğrenme durumlarının irdelenmesidir.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Çalışma Evreni: Çalışmaya 40 sağlıklı gönüllü alınmıştır. Dışlanma kriteri olarak, kayıtların gürültülü olması, hedef uyarı saymada %10'dan fazla hata yapılması ve/veya oturumlarda verilen görevlerin yerine getirilememesi alınmıştır. Analize alınan 23 bireyin (21.44 ; ±2.73 yaş; 8 kadın) kayıt yapılan zamana kadar almış oldukları herhangi bir nörolojik, psikiyatrik, kronik hastalık tanısı yoktur ve bilişsel işlevleri etkilediği bilinen bir ilaç kullanmamaktadırlar. Çalışmanın etik kurul onayı alınmış olup çalışmaya katılan tüm bireylerin "aydınlatılmış onam formu" bulunmaktadır.

Uyarının Uygulanması ve EEG Kayıtları: Somatosensoryel seyrek uyarı paradigmasında, tek tip basınç uyarı birbirini takip eden seanslarda sağ ve sol elin iki farklı parmağına uygulanmıştır: İşaret parmak ve orta parmak. Bireylere gönderilen toplam uyarı sayısı 140'tır. Bu uyarıların %20-25'i hedef uyarı olarak işaret parmağına, %75-80'i ise hedef-olmayan uyarı olarak orta parmağına gönderilmiştir (*ilk uygulama*). Seçilen iki parmak aldıkları iletiyi median sinir aracılığı ile aynı yolaklardan beyne iletir. Bu uyarılar, parmağına takılan klipste hareketli zar (Somatosensory Stimulus Generator 4-D Neuroimaging) ile bireylere uygulanmıştır. Zardaki hareketi sağlamak üzere kanaldan kuru hava sabit bir basınç değerinde yalnızca tetikleme anında gönderilmiştir.

Hedef ve hedef-olmayan uyarılar arası herhangi bir basınç farkı bulunmamaktadır. Uyarılar arası süre uyarının seçkisiz verilmesini sağlamak ve beklentiye önlemek amacıyla 2.5-4.5 saniye olarak belirlenmiştir. Bireylerden hedef uyarıları akıldan saymaları istenmiştir. Bir süre ara verildikten sonra, aynı deneysel süreç diğer ele uygulanmıştır (*ikinci uygulama*). İki uygulama arasında ortalama 14.2 dakika süre geçmiştir. Her iki uygulama arasında yaklaşık on dakikalık bir dinlenme süresi verilmektedir. Amaç, tekrarlayan dokusal uyarılara bağlı habitüasyon gelişmesinin önlenmesidir. Sağ ve sol ele karşı seçkisiz desen nedeniyle bu makalede lateralite benzeri bulgulara yer verilmemiştir.

Bireylerin EEG kaydı ses, elektrik ve manyetik alandan yalıtılmış bir odada alınmıştır. EEG kayıtları Neuroscan (Scan 4.2, Neuroscan, Synamps, ABD) cihazı ile alınmıştır. Kayıtlar için uluslararası 10-10 sistemine göre bireyin kafasına yerleştirilen ve saçlı deri için tasarlanan özel Ag/AgCl elektrotlar içeren 64 kanallı EEG kepleri (QUIK, Compumedics Neuromedical Supplies) kullanılmıştır.

EEG kanalları kulak memesine takılan iki elektrot ile referanslanmıştır (A1+A2). Alınan EEG

kayıtları üzerinde işlemler kayıt sonrası yapılmıştır. Bu işlemler sırasında uyaran öncesi bir saniye ve uyaran sonrası bir saniyelik kısmı içine alan süpürümler oluşturulmuştur. Bu süpürümlerde elektrookülogram kanalında $\pm 50\mu V$ 'luk sinyal gözlenenler ile gürültü içerenler ayıklanmıştır. Her birey için elde edilen dosyalar yatay eksen temel alınarak düzeltilmiş (baseline corrected) ve dijital olarak 0.5-48 Hz bant geçiren filtre ile filtrelenmiştir (12 dB/oct ve sıfır faz kayması, Neuroscan 4.3). Bu işlemin ardından her birey için ortalama dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan dosyalar 23 birey için toplu bir ortalama dosyası haline getirilerek şekiller için kullanılmıştır.

Bu çalışmada 64 kanaldan 14'ü ($F_z, F_3, F_4, C_z, C_3, C_4, T_7, T_8, P_3, P_4, P_7, P_8, O_1$ ve O_2) 0.5-48 Hz frekans bandında gösterilmiş ve tek örneklerde Cz elektrodu tercih edilmiştir. Cz elektroduna ait veriler, analizlerde 0-1000 ms arasındaki en büyük genlikli P50, N1P2 ve P300 yanıtının iki ucu arasındaki veya tepe noktasındaki μV cinsinden ölçüm değeri olarak kullanılmıştır.

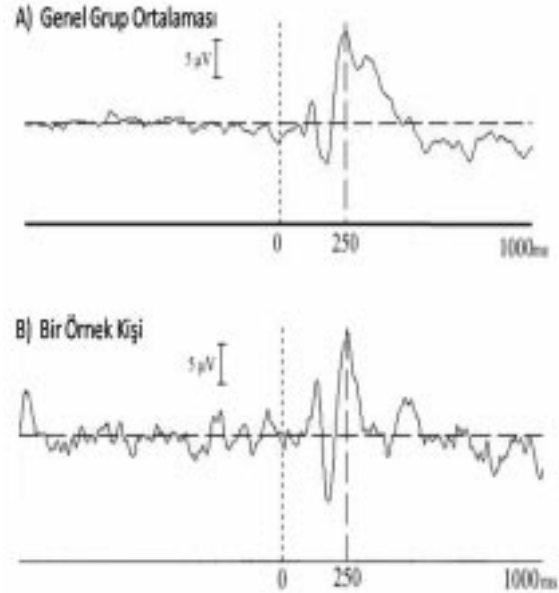
İstatistiksel Analiz: İstatistiksel analiz için SPSS 11 kullanılmıştır. Tek ölçüm bölgesinde iki uyarının karşılaştırılması ve tek uyaran için iki deneysel uygulamanın kıyaslanması durumlarında “bağımlı gruplarda *t* testi” kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR

Çalışmaya katılan tüm bireyler zorlanmadan hedef uyarıyı saptayabildiklerini ifade etmiştir. Elektrofizyolojik analize yalnızca belli bir hata eşiği (%10) altındaki yanıtlar alındığı için genel olarak çalışmada rapor edilen bütün veriler davranışsal olarak tutarlı kabul edilmiştir. İlk uygulamada hedef uyarıyı sayma hata oranı % 3.30, ikinci uygulama da ise %3.33 olarak bulunmuştur.

Bireylerin yanıtları, ayrı ayrı ve birlikte ele alındığında tüm ortalama süpürümlerde somatosensoryel uyarılmış potansiyeller

saptanmıştır. Bu traselerin bir kişiye ve genel grup ortalamasına ait örneği Şekil 1'de verilmektedir. Bu şekilde görüldüğü üzere, Somatosensoryel uyarılma potansiyeli (SEP) yanıtları uyarıdan sonra özellikle 150-250 ms zaman diliminde yüksek genlikle ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1. Tüm grup ortalaması (A) ve bir kişiye ait (B) örnek bir somatosensoryel uyarılmış potansiyel gösterimi. Yatay ekseninde zaman (-1000 ms 1000ms) gösterilmekte ve orta nokta olan 0 anında uyarı verilmektedir (dik kesikli çizgi). İkinci dik kesikli çizgi pozitif ikinci defleksiyonu (P2) göstermektedir. (+) yön şekillerde yukarı kısımlardadır.

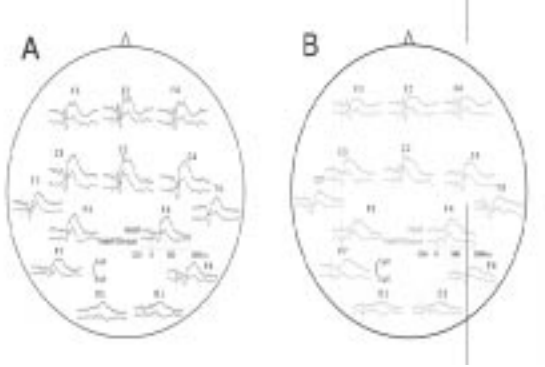
Elde edilen dokusal yanıtlarda erken ve geç dalga bileşenleri ortaya çıkmaktadır. Bu dalgalar incelendiğinde çok erken bir pozitif defleksiyon (P50), negatif N1 tepesi ve pozitif takip eden defleksiyon (N1P2) erken dalga yanıtları olarak sınıflandırılmıştır. Negatif dalga ve pozitif dalga tepeden tepeye genlik ölçümlerine ait erken yanıtlar

Tablo 1: Somatosensoryel olay ilişkili potansiyel (SERP) yanıtlarının zaman pencerelerinde hedef ve hedef olmayan koşullarda ilk uygulama ve ikinci uygulamadaki durumları. Standart hatalar parantez içerisinde verilmiştir.

ZAMAN					
Çok Erken (P50)	Hedef	Hedef olmayan	İlk Uygulama	İkinci Uygulama	<i>p</i>
İlk Uygulama	2.65 μV (± 0.60)	3.13 μV (± 0.67)	-	-	0.521
İkinci Uygulama	3.64 μV (± 0.71)	3.34 μV (± 0.71)	-	-	0.714
Hedef	-	-	2.65 μV (± 0.60)	3.64 μV (± 0.71)	0.260
Hedef olmayan	-	-	3.13 μV (± 0.67)	3.34 μV (± 0.71)	0.772
Erken (N1P2)					
İlk Uygulama	18.67 μV (± 2.17)	15.88 μV (± 1.47)	-	-	0.057
İkinci Uygulama	14.54 μV (± 1.54)	12.39 μV (± 1.39)	-	-	0.139
Hedef	-	-	18.67 μV (± 2.17)	14.54 μV (± 1.54)	0.007*
Hedef olmayan	-	-	15.88 μV (± 1.47)	12.39 μV (± 1.39)	0.016*
Geç (P300)					
İlk Uygulama	4.92 μV (± 0.77)	0.59 μV (± 0.73)	-	-	0.000*
İkinci Uygulama	3.64 μV (± 0.66)	0.39 μV (± 0.58)	-	-	0.000*
Hedef	-	-	4.92 μV (± 0.77)	3.64 μV (± 0.66)	0.111
Hedef olmayan	-	-	0.59 μV (± 0.73)	0.39 μV (± 0.58)	0.809

(N1P2) tablo 1'de sunulmaktadır.

Erken ve geç yanıtların kafa üstünde daha fazla elektrot örneği ile gösterimi Şekil 2'de sunulmaktadır. Burada standart (hedef olmayan) uyarın ve hedef uyarın yanıtlarının yaygın dağılımlı oldukları, özellikle santral (Cz) bölge kayıtlarının en yüksek genlikli olduğu gözlenmektedir. Birinci uygulamada olduğu gibi ikinci uygulamada da SEP/SERP yanıtları yaygın olarak saptanmaktadır.



Şekil 2: Dokunsal olay ilişkili potansiyeller; hedef uyarın ve hedef olmayan uyarın yanıtları, 14 elektrot bölgesinde kafa üstünde (üst kısım frontal bölge, tepeden görünüm) gösterilmektedir. Her elektrot bölgesinde üstte hedef uyarına ait olan hedef, alt kısımda hedef olmayan uyarılara ait yanıtlar bulunmaktadır. Düşey eksen, genliği (μV); yatay eksen, zamanı göstermektedir (-250 ms 1000 ms). "0" anında uyarın uygulanmıştır. Resimde A) da birinci uygulama B) de ikinci uygulama verilmektedir.

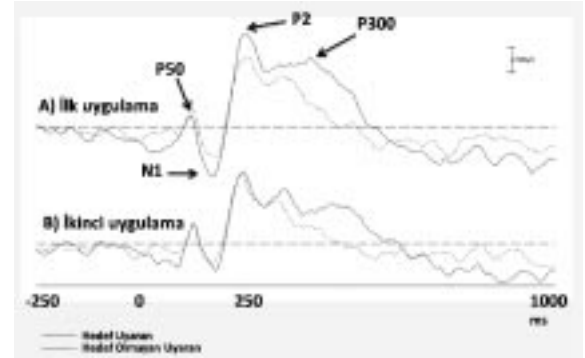
En yüksek genlikli olan Cz elektrodu bilgileri, Şekil 3'de bağımsız olarak incelenmektedir. Geç yanıt olarak ele alınan bileşenler bağımsız bir dalga formatından çok N1P2'de inen dalgaya süperempoze olmuştur ve yükselen bir trase oluşturmaktadır. P300 yanıtlarına denk gelen bu defleksiyonun genlikleri de hedef ve hedef olmayan uyarınlar arasında farklılıklar göstermiştir. Her uygulamada hedef uyarınlar daha büyük yanıtlar oluşturmuştur ($p < 0.05$). Ancak, ilk uygulama ve ikinci uygulama arasında, aşağıda ayrıntıları verildiği üzere, hem hedef uyarında hem de hedef olmayan uyarında herhangi bir istatistiksel değişiklik saptanmamıştır. P300 yanıtları ısrarlı olarak korunmaktadır (Şekil 3).

İlk uygulama ve ikinci uygulamanın irdelenmesi

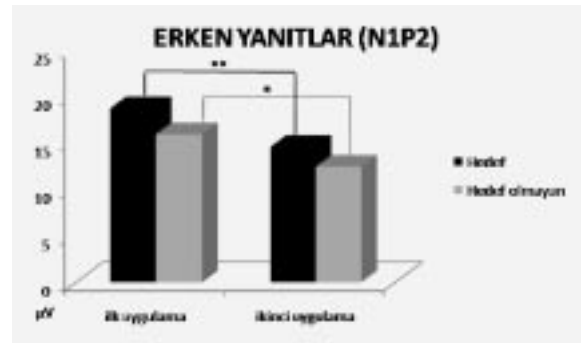
Bu çalışmada, uygulamalar arası farklar, yöntemsel olarak yalnızca el değiştirilmesidir. Seçkisiz olarak el değiştirilmesine özen gösterildiği için burada sol el sağ el gibi bir ayrımın yerine ilk uygulama ve ikinci uygulama terminolojisi bilimsel olarak tercih edilmiştir. Birinci uygulamadan ikinciye geçiş arasında zamansal olarak ortalama 14.2 dakikalık bir süre mevcuttur. Arada dinlenme süresi verilmesi ardarda dokunsal uyarın uygulama sonucu uyarına alışkanlık (habitüasyon) gelişmesini önleme amacıyla. Bu sürede ilk uygulama sırasında birey

tarafından öğrenilen "akılda tutma ve sayma" işlemi ikinci uygulamada yeni koşulda da sürdürülmüş ve kayıt sonuçları ikinci uygulama olarak Tablo 1 ve Şekil 2 ve 3'de sunulmuştur.

Birinci ve ikinci uygulamalar arasında en çarpıcı olarak ortaya çıkan bulgu, ikinci süreçte erken yanıtlarda (N1P2) genlik azalmasıdır (Şekil 4). Bu genlik azalması geç yanıtlarda (P300) gözlenmemektedir. Farklılaşma traselerinden elde edilen sonuçlar (ilk uygulama ve ikinci uygulamanın karşılaştırılması) ile elde edilen sonuçlar da Tablo 1'de verilen sonuçları doğrular niteliktedir.



Şekil 3: İlk uygulama (A) ve ikinci uygulama (B) sırasında elde edilen ve Cz elektrot bölgesinden kayıt edilmiş, dokunsal yanıtlar gösterilmektedir. Her bir grafikte üstte hedef uyarına ait ve altta hedef olmayan uyarına ait yanıtlar sunulmaktadır. Yatay eksen zamanı göstermekte ve "0" anındaki düşey kesikli çizgi uyarın verildiği ana işaret etmektedir. Dikey eksen genlik bilgisini vermekte ve üst taraf pozitif defleksiyon yönünü göstermektedir. Düz çizgiler: hedef uyarın, kesikli çizgiler: hedef olmayan uyarın yanıtlarını göstermektedir. Skala sağ üst köşede yer almaktadır (2.500 μV).



Şekil 4: İlk uygulama ve ikinci uygulama sırasında elde edilen ve Cz elektrot bölgesinden kayıt edilmiş, dokunsal yanıtlar histogram şeklinde gösterilmektedir. Dikey eksen μV cinsinden genlik (ortalama) ifade etmektedir. Siyah ile hedef uyarınlar, gri ile hedef olmayan uyarın yanıtlar gösterilmektedir. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Elde edilen bulgular özetlenecek olursa; ilk ve ikinci uygulamalarda erken zaman penceresinde (N1P2) hedef uyarınlar verilen yanıtlar ile hedef olmayan uyarınlar verilen yanıtlar arasında anlamlı

fark bulunmamıştır. Zaman içinde (uygulama seansları arası) yanıt değişimleri incelendiğinde hedef olmayan uyarana N1P2 yanıtı ilk uygulamada 18.67 μ V iken ikinci uygulamada 14.54 μ V genliğine küçülmüştür ($p<0.01$). Benzer şekilde hedef uyarana N1P2 yanıtı ilk uygulamada 15.88 μ V iken ikinci uygulamada 12.39 μ V genliğine küçülmüştür ($p<0.01$) (Şekil 4).

Geç yanıtlar (P300) incelendiğinde, ilk uygulamada ortalama hedef yanıtlar 4.92 μ V, hedef olmayan yanıtlar 0.59 μ V; ikinci uygulamada hedef yanıtlar 3.64 μ V, hedef olmayan yanıtlar 0.39 μ V bulunmuştur. Her iki durumda da hedef uyarılar hedef olmayanlara göre anlamlı olarak büyük genlikler ortaya çıkarmıştır (iki uygulama içinde $p<0.001$). Ancak, ne hedef uyaranda ne de hedef olmayan uyarılarda birinci uygulamadan ikinci uygulamaya geçişte fark oluşmamıştır.

TARTIŞMA

Bu çalışma, bilindiği kadarıyla, basit dokunsal uyarın ile öğrenmenin irdelendiği ilk 64 kanal EEG kullanılan çalışma olma özelliğindedir. İlk el ve ikinci elin ardışık şekilde ele alınarak ölçülmesi ile, duyuşsal ve bilişsel süreçlere ait yanıtlar incelenmiştir. Sonuçlar, ikinci ele geçildiğinde, duyuşsal öğrenmenin etkisi olarak irdelenebilecek erken yanıtların hızla küçülmesine karşın, dikkate yönelik geç P300 bileşenlerinin tutarlı olarak korunduğunu ortaya koymuştur.

Literatür incelendiğinde basit dokunsal uyarınlarla yapılan olay ilişkili potansiyellerin beyinde yaygın olarak hedef ve hedef olmayan uyarınları ayırt edici elektrofizyolojik yanıtlar oluşturduğu görülmektedir¹⁰. Basit dokunsal uyarınların incelendiği pnömatik stimülatörle çalışılan çok az çalışmaya ulaşılabilir^{11,12}. Bu çalışmanın da olaya ilişkin (bilişsel) süreçlerle yapılmadığı söylenebilir. Benzer şekilde, mevcut çalışma deseni, bir elde çok uzun süreli yanıt verme ile oluşması olası olan klasik habituasyon (uyum, sönümlenme) sürecine izin vermeden diğer ele geçilerek; bilişsel olarak dokunsal bir ödevin yerine getirilmesine olanak vermiştir. Burada elde edilen önemli sonuç, basit dokunsal geç yanıtlarda ortaya konulan süreçtir. Bu değerlerin işaret ettiği bilişsel unsur; öğrenme şablonunun bireylerde korunması ve ikinci uygulamada da geç bileşenlerin korunmuş olmasıdır. Öğrenme ve dikkat süreçlerinin birlikteliğini gerektiren bu bulgu çalışmanın önemli bir çıktısıdır.

Mevcut çalışmada ortaya çıkarılan yanıtlar, kortikal geniş bir alanda yayılım göstermekle beraber santral bölgede bir baskın (dominat) yanıt söz konusudur. Benzer şekilde literatürde az sayıda dokunsal OİP'de santral baskınlık mevcuttur. Yine mevcut çalışmadaki bulgularda önemli yanıtlar 200-400 ms aralığında bulunmaktadır. Literatürdeki

raporların çoğunluğu 20-50 ms'deki çok erken bileşenlere aittir^{13,14,15}. Geç bileşenlerin raporlandığı çalışmalarda dalga traseleri ile bu çalışmadakiler birebir uyum içindedir^{16,17,18}.

Çalışmamızda elde edilen bulguların iki aşama arası kıyaslanması yanısıra; her bir aşamada hedef ve hedef olmayan yanıtlara verilen yanıt farkı da önemlidir. Geç bileşen; hedef uyarılarda hedef olmayanlara göre belirgin olarak büyük bulunmuştur. Bu bulgu klasik P300 yanıtına karşılık gelmekte ve literatürle uyum göstermektedir^{19,20,21}. Çok erken yanıtlarda ise hedef/hedef olmayan farkı yoktur ve bu da beklenen bir sonuçtur²². N1P2 yanıtlarında hedefler lehindeki fazlalık; bu bileşenin duyuşsal işlemelemeden bilişsel işlemelemeye geçişteki etkisinden kaynaklanmaktadır. Deneye katılımın özellikle hedeflerdeki göreceli fazlalığı anlamlıdır¹⁸.

Elektriksel uyarına karşı somatosensoryel uyarılma potansiyellerinin P300 açısından irdelendiği bir çalışmada, N140 ve P300 yanıtları üzerinde durulmaktadır¹⁷. Bu çalışmada yaygın mediotemporal yanıtların varlığı bildirilmiştir. Kida ve arkadaşlarının (2003) takip eden bir çalışmasında yine elektrik uyarını kullanılmış ve N250 ve P300 bileşenlerinin yanıt hızına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir¹⁸.

Çalışmamızda, elektriksel olmayan membran dokunması tarzı uyarı uygulanmış olması bu iki çalışmadan farklı bir yöndür. Ancak yine de benzer negatif ve pozitif dalga traseleri elde edilmiştir. Belirtilen iki çalışma ve bizim çalışmamızdaki negatif defleksiyon erken negatif bileşen olarak eşdeğer sayılabilir. Benzer şekilde geç pozitif defleksiyon da ortaktır (P300). Ölçümdeki tutarlılık için bizim çalışmamızda erken dalga N1P2 genliği ile değerlendirilmiştir.

Bu çalışmadaki önemli bulgu erken yanıtın ikinci uygulamada küçülmüş olmasıdır. Kida ve ark. (2003)'na göre erken bileşen hedef ile ilgili deneye katılım ile ilişkilidir¹⁸. Bu bileşenin çalışmamızda küçülmüş olmasının katılımın azalması ile yorumlanması doğru olmayacaktır; çünkü ikinci uygulamada da hata oranı ilk aşama ile aynıdır. Buradaki önemli sonuç, aynı işlemele ilgili daha az bilişsel kaynak kullanarak performansın gerçekleştirilmesi, diğer bir deyişle deneyin (ödev) öğrenilmiş olmasıdır.

Geç bileşenin ise ikinci aşamada korunmuş olması bilişsel ödevin (sayı sayma ve bellekte tutma) korunması ile uyumlu olarak büyük bir azalma göstermediğini bulgular ortaya koymuştur.

Rektor ve ark. (2007) bir süre önce yayımladıkları çalışmada, bilişsel ödev ve yanıt düzeneğinin, somatosensoryel olaya ilişkili yanıtları etkilediğini açıklamışlardır¹⁶. Mevcut çalışmada, motor bileşenlerden korunmak amacıyla tuş basımı yanıt almada kullanılmamış ve herhangi bir (motor) bulaştan kaçınılmıştır. Rektor ve ark. (2007) OİP yanıtlarının kaynağının; prefrontal korteks, singulat, amigdalo-hipokampal kompleks ve lateral temporal

korteks olarak bulunması yanında çok basit bir uyarının bile bir çok kortikal yapıyı etkinleştirdiğini belirtmişlerdir¹⁶.

Çalışmamızdaki bulgular belirtilen yayınlardaki bulgular ile uyum sağladığı gibi aynı zamanda yeni bir bilgi açılımı oluşturmaktadır. Somatosensoryel bir ödevin duyuşsal ve bilişsel mekanizmaların yoğun ve içiçe kullanıldığı bir deneme modeli oluşturulmuştur. Yaklaşık olarak 14.2 dakikalık bir süre sonunda, santral sinir sisteminde bilişsel yanıtlar bir şablon çerçevesinde tekrarlanabilir kılınmıştır. Dokusal sistemin habituasyon tarzı sönümlenmesine izin verilmeden farklı ele uygulama yapılması; bu yeni ödev aşamasında da periferik uyarıdan bağımsız bir kaynak kullanım performansına işaret etmektedir. Burada ortaya konulan önemli ayrıntı; çok erken bileşenleri tümüyle duyuşsal sayılabilecek yapısı ile genliklerinin ikinci aşamada da aynen korunmasıdır. Deney katılımı konusunu öğrenilebilir bir şablon sunarken; yine geç dikkat ve sayma ödevi sona kadar korunmuştur. Bulguların ışığında; basit sayılabilecek bu çalışma deseni içinde bile duyuşsal, bilişsel bir çok sürecin içiçe örgülenmiş olması gösterilebilmektedir.

Sonuç

Beyinde basit dokusal uyarımlarla bilişsel süreçler incelenmiştir. Çok erken yanıt bileşenin duyuşsal işleme gösterdiği ve iki uygulama arası değişmediği saptanmıştır. Erken bilişsel yanıtların ikinci uygulamaya geçildiğinde belirgin olarak azaldığı ve bu azalmanın deneye katılım aşamasını öğrenme sürecini yansıttığı sonucuna varılmıştır. Geç yanıtların geç aşamada azalmaması ise; dikkat ve sayma ödevlerinin deney süresince korunması zorunluluğundan kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.

Mevcut çalışmanın ortaya koyduğu bulgular ışığında, dokusal uyarımlara karşı basit erken duyuşsal yanıtlar ve öğrenmenin içiçe geçen bir süreç olduğu saptanmıştır. Bu makaledeki yaklaşım ile girişimsel olmayan ve göreceli olarak kolay uygulanabilir, nesnel bir ölçme aracı kullanıma sunulmuştur. Mevcut yaklaşım, bilişsel çalışmalar dışında vaskülmotor hasar, rehabilitasyon, sporcu eğitimi vb. somut somatosensoryel işleme değerlerini oluşturma potansiyeli ile klinik uygulamalara da açıktır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 108S113 ve DEÜ-SAG-2008-019 projeleri ile desteklenmiştir. Yazarlar, desteklerinden dolayı Uğraş Erdoğan, Burcu Aydın ve Sibel Kocaaslan'a teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

1. Jousmäki V. Tracking functions of cortical networks on

- a millisecond timescale. *Neural Network* 2000;13(8-9):883-9.
2. Schnitzler A, Rüdiger JS, Freund HJ. The somatosensory system. In: Toga AW, editor. *Brain mapping: the systems*, Academic Pr Inc., USA, 2000: 291-329.
3. De Pascalis V, Magurano MR, Bellusci A, Chen AC. Somatosensory event-related potential and autonomic activity to varying pain reduction cognitive strategies in hypnosis. *Clin Neurophysiol* 2001;112:1475-85.
4. Forss N, Narici L, Hari R. Sustained activation of the human SII cortices by stimulus trains. *Neuroimage* 2001;13(3):497-501.
5. Özgören M. Beyin biyofiziği. In: Karakaş S, editor. *Kognitif Nörobilimler*, MN Medikal & Nobel, Ankara, 2008;125-48.
6. Karni A, Bentini G. Learning perceptual skills:behavioral probes into adult cortical plasticity. *Curr Opin Neurobiol* 1997;7:530-5.
7. Hawkey DJC, Amitay S, Moore DR. Early and rapid perceptual learning. *Nature Neuroscience* 2004;7:1055-6.
8. Alain C, Snyder JS, He Y, Reinke KS. Changes in auditory cortex parallel rapid perceptual learning. *Cerebral Cortex* 2007; 17(5):1074-84.
9. Gaser C, Schlaug G. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *The J Neurosci* 2003; 23(27):9240-45.
10. Öniz A, Güdücü Ç, Aydın B, Özgören M. Dokusal uyarımlara karşı olay ilişkili delta ve teta yanıtları. *Journal of Neurological Sciences Turkish* 2008(a);25(15):117-27.
11. Pihko E, Lauronen L. Somatosensory processing in healthy newborns. *Experimental Neurology* 2004;190(1):2-7.
12. Yılmaz Ö. Fizyoterapide kullanılmak üzere somatosensoryel uyarımların değerlendirilmesine yönelik elektrofizyolojik bir metodun geliştirilmesi. *Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Doktora Tezi*, 2006.
13. Huttunen J. Are Frontal and parietal somatosensory evoked potentials functionally dissociated by changing stimulus rate? *Int J Neurosci* 1994;78(3):207-13.
14. Simões C, Hari R. Relationship between responses to contra- and ipsilateral stimuli in the human second somatosensory cortex SII. *Neuroimage* 1999;10:408-16.
15. Nakashima K, Takahashi K. Topographical displays of somatosensory evoked potentials. *Jpn J Psychiatry Neurol* 1988;42(2):297-306.
16. Rektor I, Brázdil M, Nestrail I, Bares M, Daniel P. Modifications of cognitive and motor tasks affect the occurrence of event-related potentials in the human cortex. *Eur J Neurosci* 2007;26(5):1371-80.
17. Valeriani M, Fraioli L, Ranghi F, Giaquinto S. Dipolar source modeling of the P300 event-related potential after somatosensory stimulation. *Muscle Nerve* 2001;24(12):1677-86.
18. Kida T, Nishihira Y, Hata A, Wasaka T, Nakata H, Sakamoto M, Nakajima T. Changes in the somatosensory N250 and P300 by the variation of reaction time. *Eur J Appl Physiol* 2003;89(3-4):326-30.
19. Öniz A. Beyinde delta, teta ve alfa osilasyon yanıtlarının ışığında öğrenme süreçleri. *Biyofizik Doktora Tezi*, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2006.
20. Eimer M, Driver J. Crossmodal links in endogenous

- and exogenous spatial attention: evidence from event-related brain potential studies. *Neurosci Biobehav Rev* 2001;25(6):497-511.
21. Başar E. Memory and brain dynamic. Oscillations integrating attention, perception, learning and memory. CRC Press, Boca Rato, 2004.
 22. Karakaş S. A descriptive framework for information processing: An integrative approach. *Int J Psychophysiol* 1997;26(1-3):353-68.

YAZIŞMA ADRESİ

Yrd. Doç. Dr. Adile ÖNİZ
Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyofizik
Anabilim Dalı, İZMİR, TÜRKİYE

E-Posta : *adile.oniz@deu.edu.tr*
Faks : 232 4124489
Telefon : 232 4124498

Geliş Tarihi : 07.01.2009
Kabul tarihi : 24.03.2009