

Çalışma Belleğine Ait OİP Temelli Elektrofizyolojik Bulguların İncelenmesi

Assesment of ERP Based Electrophysiological Findings of Working Memory

Selen GÜNEY*
Seray ŐENYER ÖZGÖR**
Cansın ÖZGÖR***
Adil Deniz DURU****

Öz

Uyaranların etkisi ile gözlemlenen Olaya İlişkin Potansiyel (OİP) bileşenleri çalışma belleği araştırmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Çalışma belleği temelde karmaşık bilişsel görevleri yürütme, bilgileri geçici olarak saklama ve kullanma imkanı veren zihinsel bir süreç olarak bilinmektedir. Çalışmanın amacı; çalışma belleği kavramının, bilişsel süreçler sırasında beyinde oluşan elektriksel yanıtlar ile anlaşılmasının sağlamasıdır. Araştırmaya Marmara Üniversitesi'nden toplamda 21 katılımcı yaş ortalaması 21 olan 1 kadın ve yaş ortalaması 22.95 (SS= 5.549) olan 20 erkek sporcu katılmıştır. EEG kaydı 16 kanal Brain Products actiCAP ile 1000 Hz örnekleme frekansında alınmıştır. N-geri görevi olarak katılımcılara LCD ekran aracılığı ile siyah ekran üzerine beyaz fontlarla yazılmış 8 adet harf (B, Q, X, F, M, K, H, R) rastgele ve bir sette 25 harf olacak şekilde 8 set halinde gösterilmiştir. Deneyden toplanan verilerin analizleri için Brain Products Analyzer, Matlab R2013 ve SPSS v17 paket programları kullanılmıştır. Verilerin istatistiksel analizi Çok Değişkenli Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın elektrofizyolojik analizleri, ortalama güç değerleri kapsamında incelendiğinde frontal, santral, oksipital ve parietal alanda anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($F=(2,19)=17.43$; $p=0.00$). Ortalama zaman değerleri kapsamında incelendiğinde ise yine frontal, santral, oksipital ve parietal alanda anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($F=(4,76)=10.07$; $p=0.00$). Fakat ortalama frekans değerleri incelendiğinde anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Katılımcıların uyaranlara karşı reaksiyon zamanları; basması gerekip bastığı (doğru durum) ve basmaması gerekip bastığı (yanlış durum) şeklinde incelendiğinde basması gerekip bastığı durumunun, basmaması gerekip bastığı durumdan daha önce yaşandığı görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında N-geri görevinin çalışma belleği ve dikkat süreçlerini anlama konusunda kullanılış bir araç olduğu düşünölmektedir.

* Yüksek Lisans Öğrencisi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, se.lot@hotmail.com

** Yüksek Lisans Öğrencisi, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü seraysenyar@yandex.com

*** Doktora Öğrencisi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, cozgor@gmail.com

**** Dr. Öđretim Üyesi, Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakóltesi, deniz.duru@marmara.edu.tr

Geliş tarihi: 25.10.2018, Kabul tarihi: 30.11.2018

Anahtar Kelimeler: Çalışma belleği, N-geri görevi, Reaksiyon zamanı

Abstract

The Event Related Potential (ERP) components that are observed in response to the stimuli play an important role in working memory research. The working memory is known as a mental process that basically allows the use of complex cognitive tasks, the ability to temporarily store and use information. The purpose of this study is to understand the concept of the working memory and electrical responses of the brain during cognitive processes. A total of 21 participants from Marmara University, 1 female (mean age=21) and 20 male (mean age=22.95, SD=5.54) athletes voluntarily participated in the study. EEG recordings were performed with 16 channel Brain Products actiCAP at 1000 Hz sampling frequency. 8 letters (B, Q, X, F, M, K, H, R) written in white on a black screen were used as stimuli. All stimuli randomly presented in 8 sets with each set consisting of 25 letters. An LCD screen was used as presentation apparatus. For the analysis of the data, Brain Products Analyzer, MatlabR2013 software program and SPSS17 package program were used. Statistical analyzes of the data were done using Multivariate Analysis of Variance (ANOVA). Electrophysiological analysis of the study showed significant differences in frontal, central, occipital and parietal areas ($F(2,19) = 17.43; p = 0.00$). When the mean time values were examined, significant differences were found in frontal, central, occipital and parietal areas ($F(4,76) = 10.07; p = 0.00$). However, there was no significant difference in the mean frequency values. When the participants' reaction times were examined, it is found that they press the button faster for the stimuli they need to press (correct situation) than they do for the stimuli they should not press (wrong situation). In light of these results, it is thought that the N-back task can provide an illuminating result to understand working memory processes.

Keywords: Working Memory, N-back task, Reaction Time

GİRİŞ

Baddeley ve ark. (1992) tarafından ilk kez ele alınan çalışma belleği kavramı, gerekli bilgilerin geçici olarak saklanması ve saklanan bilgilerin kullanılmasına imkân veren zihinsel bir süreç olarak bilinmektedir. Bu nedenle öğrenme ve akıl yürütme gibi karmaşık bilişsel görevlerin gerçekleştirilmesinde büyük öneme sahiptir (Pesonen, Hämäläinen ve Krause, 2007; Brouwer ve ark., 2012). Araştırmacılar, bu karmaşık yapısından dolayı çalışma belleğini; beyin çevresel uyarlardan soyutlanmış olduğu ve hiçbir işle meşgul olmadığı varsayılan dinlenme durumu ile karşılaştırarak ele almanın da verimli sonuçlar ortaya koyacağını öne sürmektedirler. Buna göre dinlenme sırasında oluşacak olan beyin aktivitesinin, kişi bir görev ile meşgulken baskılanacağı düşünülmektedir (Raichle ve ark., 2001). Bu durum, beyin aktivitesinin incelenmesinin çalışma belleğini anlamada ve araştırmada verimli bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Elektroensefalogram (EEG) yüksek zamansal çözünürlüğü ile beyin korteksindeki nöronlar ve beyin subkortikal yapıları tarafından üretilen elektromanyetik aktivitenin ölçümüne olanak sağlayan önemli bir beyin görüntüleme cihazıdır (Nunez ve Srinivasan, 2006). EEG ölçümleri; herhangi bir uyarının ölçüme dahil olmadığı, süregelen bir kayıt şeklinde alınabileceği gibi görsel, somatosensoryel veya işitsel uyarıların ölçüme dahil olması ile de alınabilmektedir. Uyarıların etkisi ile gözlemlenen beyin elektriksel aktivitesindeki ani voltaj dalgalanmaları Olaya İlişkin Potansiyel (OİP) olarak

tanımlanmaktadır. Bir uyarının ortaya çıkmasından sonraki süreler göre farklı OİP bileşenleri görülmektedir. Her bir bileşen literatürde farklı görevlerle ilişkilendirilmektedir. Örneğin Flanker deney paradigması gibi hata tespitinin önem kazandığı deney paradigmalarında N200 bileşeni önemli bir yer tutarken, görsel ve işitsel uyarıların ayırt edilmesi noktasında N100 bileşeninin önem kazandığı bilinmektedir (Kopp, Rist ve Mattler, 1996; Vogel ve Luck, 2000). Bunun yanı sıra en sık karşılaşılan bileşenlerden biri de P300' dür. Uyarının ortaya çıkışından yaklaşık 300 ms sonra pozitif yönlü olarak görülen dalgaya P300 bileşeni adı verilmektedir (Luck ve Kappenman, 2011; Key, Dove ve Maguire, 2005). P300 bileşeni, bilişsel süreçlerin dinamiğini açığa çıkarma potansiyelinden ötürü literatürde büyük bir önem ve ilgi kazanmış durumdadır (Bressler ve Ding, 2002).

Sinyallerin hangi sürede ortaya çıktığının yanı sıra, görüldükleri frekans bandı da o anki bilişsel süreçlere dair önemli bilgiler sunmaktadır. EEG ritmi olarak da isimlendirilmiş olan bu dalga frekansları delta (0.5-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13-30 Hz) ve gamma (30 Hz ve üzeri) olarak ayrılmaktadır. Bu frekansların EEG sinyallerini anlama açısından önemine bakacak olursak örneğin, parietal alanda oluşan alfa sinyallerinin mental çabayı anlama noktasında önemli bir işaret olduğu ve alfa gücündeki düşüşün; uyarılma, kaynak dağılımı veya bilişsel iş yükündeki bir artış ile ilişkili olabileceği söylenmektedir (Ray ve Cole, 1985). Bunun yanında teta bandında oluşan güç artışının ise görev yükündeki artış ile paralellik gösterdiği bilinmektedir (Klimesch, 1999; Missonnier ve ark., 2006). Tüm bu detaylar göz önüne alındığında EEG' nin çalışma belleğini daha iyi anlama noktasında önemli bir araç olduğu söylenebilmektedir. Literatürde, EEG sırasında kişiye verilen çeşitli görevler ile çalışma belleğine yönelik oluşan beyin aktivitesinin belirlenmeye çalışıldığı pek çok çalışma bulunmaktadır (Falkenstein, Hoormann ve Hohnsbein, 1999; İla ve Polich, 1999). Bu anlamda en çok kullanılan paradigmalardan biri de N-Geri paradigmasıdır (Gevens ve Cutillo, 1993; Krause ve ark., 2000; Jensen ve Tesche, 2002). Çoğunlukla, 1 geri 2 geri gibi farklı seviyelerdeki bilişsel yük koşulları ile birlikte uygulanan n-geri deney paradigmasında sıklıkla hedef uyarı olarak harfler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, şekiller ve renkler de hedef uyarı olarak kullanılabilen ve oluşturulmak istenen bilişsel yüke göre şekillerin renk ve konumları da görev için önemli hale gelebilmektedir (Chen ve ark., 2015).

Deney paradigmasına uygun olarak n-geri görevinde oluşturulan bilişsel yüke göre OİP bileşenlerinde farklılıklar görülebilmektedir. 1 ve 2 geri yük koşullarında gerçekleştirilen N-geri çalışmaları sırasında çeşitli OİP bileşenleri (Zunini, 2016) incelenmiş olsa da P300 bileşeni üzerine büyük bir ilgi söz konusudur. Bununla birlikte bu OİP bileşenlerinin oluştuğu beyin bölgeleri ve frekans bantları açısından da farklılıklar meydana geldiği gözlenmektedir. Geri sayıların değişimi ile uygulanan bir n-geri çalışmasında, görece daha basit olan n-geri görevlerinde birçok beyin bölgesi arasında güçlü bağlantıların olduğu, fakat görev zorlaştıkça güçlü bağlantının frontal ve temporal bölgelere doğru kaydığı söylenmektedir. Beynin bilişsel görevler sırasında devam eden birçok bağlantısına rağmen frontal ve temporal bölgenin diğer bölgeleri baskılayarak güçlü bir karakteristik rol sergilemesi de bu bölgelerin çalışma belleği sırasındaki önemini ortaya koymaktadır (Chen ve ark., 2015). Krause ve ark. (2000) N-geri deney paradigmasında bellek yüküyle birlikte hedef ve hedef olmayan uyarıların çeşitli frekans bantlarında zamansal olarak ne gibi değişikliklere uğradıklarını incelemiştir. Anterior bölgedeki elektrotlardan alınan 4-6 hz teta bandının belirlenen (n-geri) yüklerden bağımsız olarak

hedef olmayan uyarılarda hedef olan uyarılara göre daha erken latansta gerçekleştiğini ve hedef uyarılara göre daha dūřuk bir genlikte OİP oluşturduğu da belirtilmektedir. Bu çalışmada merak konusu olan çalışma belleği kavramı; bilişsel sūreler sırasında beyinde oluşturduğu elektriksel yanıtları anlamlandırabilmek adına çalışma belleği kapsamında yapılmış olan araştırmalarda teta bandının būyuk bir yere sahip olmasından kaynaklı olarak teta bandı ūzerinden ve uyarılar sınıflandırılmadan incelendi.

GEREÇ VE YÖNTEM

Katılımcılar

Araştırmaya, Marmara Ūniversitesinden toplamda 21 katılımcı, yař ortalaması 21 olan 1 kadın ve yař ortalaması 22.95 (SS=5.549) olan 20 erkek sporcu gönüllölük esasına dayalı olarak katılmıştır. Deney esnasında ūüncü ve karıştırıcı değişkenlerin etkisini en aza indirmek adına herhangi bir nörolojik, psikolojik veya kronik hastalık tanısı olmaması deneye katılım ön şartı olarak belirlenmiştir.

Ekipmanlar

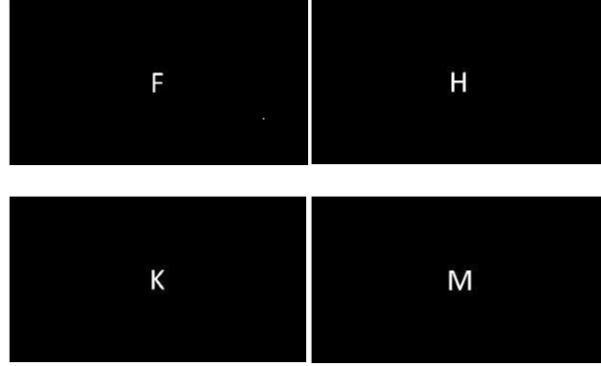
Deneklere uyarılar 17 in lik bilgisayar ekranında gōsterilmiřtir. Kiřilerden fare yardımı ile cevap alınmış ve sadece farenin sol tuřu kullanılmıştır. EEG kaydı Brain Products actiCAP ile 1000 Hz örnekleme frekansıyla gerçekleştirilmiştir. Kayıt esnasında FP1, FP2, F3, Fz, F4, P3, P4, Pz, C3, C4, Cz, O1, O2 Oz, T7 ve T8 elektrotlarından olacak şekilde 16 kanaldan ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kulađa yerleştirilen 2 elektrot referans ve toprak elektrotu olarak belirlenmiştir. Çalışma sırasında ortamın sestten ve gūrültü oluşturması muhtemel cihazlardan arındırılmış olmasına būyuk önem gōsterilmiřtir. Deneyde kullanılan uyarılar Matlab programı aracılığı ile gōsterilmiřtir. EEG kaydı ise Brain Vision Recorder yazılımı ile alınmıştır.

Uyarılar

N-geri gōrevi olarak katılımcılara LCD ekran aracılığı ile siyah ekran ūzerine beyaz fontlarla yazılmış 8 adet harf (B, Q, X, F, M, K, H, R) rastgele ve bir sette 25 harf olacak şekilde 8 set halinde gōsterilmiřtir. Katılımcılardan ekranda gōrdükleri her bir harfin iki gerideki harf ile aynı olması durumunda farenin sol tuşuna basmaları istenmiştir. Her bir harf ekranda 175 ms kalacak şekilde gōsterilmiř ve iki harf arası siyah gōlgeleme ekranının sūresi 825 ms olarak belirlenmiştir. Deney her set içinde 6 tane uyarı doğru yanıt olacak şekilde oluşturulmuştur. Setler arasında bir adet 'RAHATLAYINIZ' ekranı 10000 ms olacak şekilde gōsterilmiřtir. Bu dōngü tüm setlerde aynı olacak şekilde dizayn edilmiştir. Kullanılan yazı fontu kullanılan LCD ekranda rahat okunabilmesi adına 100 punto olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Deneyden toplanan verilerin analizleri için Brain Products Analyzer, Matlab R2013 ve SPSSv 17 paket programları kullanılmıştır. Verilerin istatistiksel analizleri ise Çok Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak yapılmıştır.



Resim 1: N-geri için hazırlanan uyarılar

BULGULAR

Davranışsal Sonuçlar

Yanıt Verme Süreleri

Katılımcıların reaksiyon zamanları basılması gerekip basılan (doğru durum) ve basılmaması gerekip basılan (yanlış durum) olacak şekilde 2 başlık altında analiz edilmiş ve her 2 durum için de ortalama ve standart sapma değerleri elde edilmiştir. Katılımcıların basması gerekip bastığı koşullardaki sonuçlar (ORT=757.00 ms, SS=178.56 ms) ve basmaması gerekip bastığı koşullardaki sonuçlar (ORT=786.64 ms, SS=102.36 ms).

Tablo 1. Eşleşen ve eşleşmeyen uyarılara ait reaksiyon zaman sonuçları (ms)

Reaksiyon Zamanı	
Eşleşen	Eşleşmeyen
Ort=757.00 (SS=178.56)	Ort=786.64 (SS=102.36)

Uyarı Yanıtlarının Konfüzyon Matrisi

Sınıflandırma modellerinin performansını değerlendirebilmek amacıyla, 'hedefe ait tahminler' ile 'gerçek değerlerin' karşılaştırılmasını temel alan Hata Matrisi, makine öğrenimi alanında sıklıkla

kullanılan bir yöntemdir. Çalışma kapsamında, oluşturulmuş olan Hata Matrisi temelinde bize dört ana bilgi vermektedir. (i) Doğru pozitif değeri, uyarılar karşısında katılımcının basması gerekip ve bastığı durumlardaki sayıların ortalaması (ORT=34.42, SS=5.70), (ii) doğru negatif değeri, uyarılar karşısında katılımcının basmaması gerekip fakat bastığı durumlardaki sayıların ortalaması (ORT=164.80, SS= 5.90), (iii) yanlış pozitif değeri, uyarılar karşısında katılımcının basması gerekip fakat basmadığı durumlardaki sayıların ortalaması (ORT=12.61, SS=5.81), (iiii) ve yanlış negatif değeri, uyarılar karşısında katılımcının basmaması gerekip bastığı durumlardaki sayıların ortalamasını (ORT=3.00, SS=1.85) vermektedir.

Uyarıların Konfüzyon Matrisi

Tablo 2. Beklenen ve tahmin edilen değerlerin hata matrisi

		Beklenen	
		Pozitif	Negatif
Tahmin	Pozitif	34.42±5.70 (DP)	3±1.85 (YP)
	Negatif	12.61±5.81 (YN)	164.80±5.90 (DN)

Uyarı Yanıtlarının Konfüzyon Matrisi Çıktıları

Beklenen ve tahmin edilen değerler ile elde edilen Hata Matrisi sonuçları belli formüllere yerleştirilmektedir. Bu formüllere yerleşen değerler, uygulanan deney paradigmasına ait yeni bilgilerin elde edilmesine olanak tanımaktadır (Doğruluk, Duyarlılık, Özgünlük, Hassaslık, Yanlış Pozitif Oran). N-back deney paradigması uyarılarına karşı verilen yanıtların sınıflandırılmasında kullanılan Hata Matrisi sınıflandırıcısı aracılığı ile elde edilen sonuçlar; Doğruluk değerinin % 92.73, Duyarlılık değerinin % 91.98, Özgünlük değerinin % 92.89, Hassaslık değerinin % 73.18 ve Yanlış Pozitif oranının % 07.11 olduğunu göstermektedir

Tablo 3. Uyarı yanıtlarının konfüzyon matrisi çıktıları

Doğruluk	Duyarlılık	Özgünlük	Hassaslık	Yanlış Pozitif Oranı
%92.73	%91.98	%92.89	%73.18	%7.11

Elektrofizyolojik Bulgular

Ortalama Güç Değerlerinin İncelenmesi (mv)

Mauchly's küresellik testine göre ortalama güç değerleri noktasında katılımcılar homojen olarak dağılmamış durumdadır, $p = 0.00$. Bu sonuç doğrultusunda Mauchly's küresellik testine eş değer

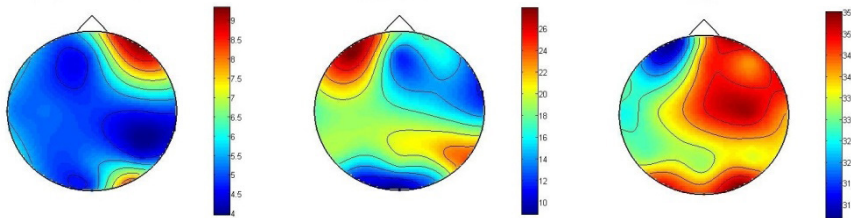
olarak sunulan Greenhouse-Geisser değerine bakılmış olup bu değer için anlamlı olduğu görülmüştür, Greenhouse-Geisser= 0.549. Elde edilmiş olan ANOVA test sonuçlarına göre frontal, santral, oksipital, parietal ve temporal alanlarındaki ortalama güç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur, $F=(2.19)=17.43$; $p=0.00$. Benforonni düzeltmesi yapılarak gerçekleştirilmiş olan ikili karşılaştırmalarda frontal (Ort=14.56, SS=6.06) oksipital (Ort=26.09, SS=14.19) bölgeler arasında, santral (Ort=18.91, SS=7.37) temporal (Ort=10.71, SS=8.78) bölgeler arasında, oksipital (Ort=26.09, SS=14.19) parietal (Ort=18.33, SS=6.60) bölgeler arasında, oksipital (Ort=26.09, SS=14.19) temporal (Ort=10.71, SS=8.78) bölgeler arasında ve parietal (Ort=18.33, SS=6.60) temporal (Ort=10.71, SS=8.78) bölgeler arasında anlamlı fark bulunmuştur.

Ortalama Frekans Değerlerinin İncelenmesi (Hz)

Mauchly's küresellik testine göre ortalama frekans değerleri noktasında katılımcılar homojen olarak dağılmamış durumdadır, $p=0,00$. Bu sonuç doğrultusunda Mauchly's küresellik testine eş değer olarak sunulan Greenhouse-Geisser değerine bakılmış olup bu değer için anlamlı olduğu görülmüştür, Greenhouse-Geisser= 0.386. Elde edilmiş olan ANOVA test sonuçlarına göre frontal (ORT=5.81, SS=3.25), central (ORT=7.02, SS=7.17), oksipital (ORT=5.10, SS=0.91), parietal (ORT=5.35, SS=0.55), temporal (ORT=5.09, SS=0.64) alanlarındaki ortalama frekans değerleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır, $F=(1.273)=1.596$; $p=0.184$.

Ortalama Zaman Değerlerinin İncelenmesi (ms)

Mauchly's küresellik testine göre ortalama zaman değerleri noktasında katılımcılar homojen olarak dağılmış durumdadır, $p=0.64$. Elde edilmiş olan ANOVA test sonuçlarına göre frontal, santral, oksipital parietal temporal alanlarındaki ortalama zaman değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur, $F=(4,76)=10.07$; $p=0.00$. Benforonni düzeltmesi yapılarak gerçekleştirilmiş olan ikili karşılaştırmalarda frontal (Ort=346.36, SS=31.05) ve oksipital (Ort=307.30, SS=13.98) bölgeler arasında, santral (Ort=343.71, SS=31.67) ve oksipital (Ort=307.30, SS=13.98) bölgeler arasında, oksipital (Ort=307.30, SS=13.98) ve parietal (Ort=330.21, SS=24.96) bölgeler arasında, oksipital (Ort=307.30, SS=13.98) ve temporal (Ort=345.07, SS=27.34) bölgeler arasında anlamlı fark bulunmuştur.



Resim 2. Sırası ile ortalama frekans-genlik - zaman topografi haritaları

TARTIşMA ve SONUÇ

Yapılan alışmada N-geri deney paradigması esnasında eşleşen uyanarlara karşı verilen yanıtların, ortalama süre (ms) değerleri $ORT= 757.00$, $SS=178.56$ ve katılımcıların deney performansı olarak bilinen ortalama doğruluk değeri % 92.73 olarak bulunmuştur. Literatürde yapılmış olan çalışmalara bakıldığında; Missonnier ve ark. (2006) tarafından 2-geri yük koşulunda katılımcıların ortalama reaksiyon zaman sonuçları $ORT= 811.35$, $SS= 59.60$ ve ortalama deney performans sonuçları % 98.05 olarak gösterilirken, Watter ve ark. (2001) 2-geri yük koşulundaki reaksiyon zaman sonuçlarını $ORT= 554$, $SS= 47$ olarak ve ortalama deney performans sonuçları % 93.8 olarak raporlamıştır. Yapılan alışma, literatürde gerçekleştirilmiş olan çalışmalar ile benzer yük koşullarında yapılmış olmasına rağmen uyanarlara karşı verilen yanıtların ortalama zaman değerleri ve deney performansı olarak bilinen doğruluk değerlerinin farklılaştığı görülmektedir. Bunun sebebinin ise uyanarların ekranda sunulma sürelerinin her bir çalışmada farklılık göstermesinden kaynaklandığı dşnlmektedir. Uyanarların ekranda kalış süresi uzadıka deney performansının arttığı ve reaksiyon sresinin de bundan etkilendiği dşnlmektedir.

Yapılan çalışmada katılımcıların eşleşen uyanarlara karşı daha erken bir reaksiyon gösterdiği görülmüştür. Literatürde eşleşmeyen uyanarlar ile karşılaştırıldığında eşleşen uyanarların daha büyük bir P300 genliği ortaya koyduğu görülmüş olup bu genlik farkının ise üçte bir oranında ekrana gelmiş olan 'eşleşen uyanarlara' karşı katılımcının sahip olduğu beklenti durumu ile ilgili olabileceği dşnlmektedir. Davranışsal performanstaki bozulmaların ise devam eden deney boyunca çalışma belleğindeki talebin artmasından ve katılımcının iki gerideki uyanarı hatırlama noktasında dikkatinin alt görevlere kaymasından ötürü gerçekleşmiş bir durum olabileceği dşnlmektedir (Watter, Geffen ve Geffen, 2001; Johnson, 1993).

Çalışmadaki bir diğer araştırma konusu da çalışma belleği sırasında ortaya çıkan teta aktivitesidir. Teta bandının eşleşen ve eşleşmeyen uyanarlar şeklinde çalışma belleği üzerine olan etkisinin incelenmesinden ziyade; çalışmada uyanarların ayırımı yapılmaksızın, kişinin uyanara karşı gösterdiği dikkat, teta bandı üzerinden anlaşılmaya çalışılmıştır. Kemirgenlerde hipokampal teta aktivitesinin keşfinin (Wetzel, Ott ve Matthies, 1977) ardından insanlarda hafıza işlevi sırasındaki teta salınımlarının rolü büyük ölçüde merak konusu olmak ile birlikte tartışma konusu haline de gelmiştir. Yakın zamanda gerçekleştirilen çalışmalar da teta aktivitesinin; dikkat, bellek, depolama ve geri çağırma görevleri ile ilgili olabileceği fikrini desteklemektedir. Bunun yanında bellek gereksinimi ile ilgili görevlerde teta aktivitesindeki artışın, artımış dikkat ile ilişkili olduğu da belirtilmektedir (Jensen ve Tesche, 2002; Gevins, Smith, McEvoy ve Yu, 1997). Bu çalışmada yapılan analizler sonucunda da uyanar sunumundan sonra sol anterior bölgede teta güç değerinde bir artış olduğu gözlenilmiştir. Bu g artışının yine sol anterior bölgedeki latansın erken gerçekleşmesi ile görüldüğü ve latansın geç yaşandığı bölgelerde ise g değerinin düşük olduğu gözlenilmektedir. Frontal bölgede bellek yükü ile birlikte yaşanan g değişimlerinin sürekli bir nrol aktiviteyi yansıtabileceği (Jensen ve Tesche, 2002) yapılan araştırmalarda söz konusu olmuştur. Krause ve ark., (2000) anterior bölgedeki teta bandında yüklerden bağımsız olarak eşleşmeyen uyanarlara karşı daha erken bir latans yaşandığını ve daha düşük bir genlikte senkronizasyon yaşandığını belirtmiştir. Bu çalışmada da özellikle erken

latanslarda frontal bölgede teta güç değerinde artış olduğunun görülmesi, frontal bölgenin çalışma belleğine yönelik belirleyici bir rolü olduğunu düşündürmektedir.

Teta aktivitesinin dikkat ile birlikte çalışma belleği görevinde de önemli bir ayırt edici unsur olduğunu ortaya koyan çalışmalar da bulunmaktadır. Tsoneve ve ark. (2011) yapmış oldukları çalışmada fronto-central bölgedeki teta aktivitesindeki artışa tanıklık etmiş ve çalışma belleği görevinin yürütülmesiyle ilgili değişikliklerin sergilenmesi noktasında önemli bir parametre olduğunu vurgulamıştır. Missonnier ve ark. (2006) ise çalışma belleğindeki iş yükü arttıkça teta senkronizasyonunun azaldığını ifade etmektedir. Değişik yüklerin karşılaştırıldığı bu çalışmada, çalışma belleğinin teta bandına olan etkisinin yanında, görece daha basit ama dikkatin daha çok önem kazandığı görevlerde teta bandının daha yüksek bir genlikte gerçekleşebileceğini ifade etmektedir. Yapılan çalışmada değişik yük koşulları ve eşleşen-eşleşmeyen uyaran ayrımı yapılmasa da ortaya çıkan teta aktivasyonunda oluşan farklılaşmanın n-geri görevinin doğasından dolayı çalışma belleği görevi ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu durumun daha iyi anlaşılabilmesi için ileriki çalışmalarda hem eşleşen-eşleşmeyen uyaranların hem de farklı yük koşullarının karşılaştırıldığı analizlerin uygulanması literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Baddeley, A.** (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Bressler, S. L., & Ding, M.** (2002). Event-related potentials. *The handbook of brain theory and neural networks*, 412-415.
- Brouwer, A. M., Hogervorst, M. A., Van Erp, J. B., Heffelaar, T., Zimmerman, P. H., & Oostenveld, R.** (2012). Estimating workload using EEG spectral power and ERPs in the n-back task. *Journal of neural engineering*, 9(4), 045008.
- Chen, R., Wang, X., Zhang, L., Yi, W., Ke, Y., Qi, H., & Zhou, P.** (2015). Research on multi-dimensional N-back task induced EEG variations. In Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), *37th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 5163-5166). IEEE.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., & Hohnsbein, J.** (1999). ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta psychologica*, 101(2-3), 267-291.
- Gevins, A., & Cuttillo, B.** (1993). Spatiotemporal dynamics of component processes in human working memory. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 87(3), 128-143.
- Gevins, A., Smith, M. E., McEvoy, L., & Yu, D.** (1997). High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cerebral cortex*, 7(4), 374-385.
- Ila, A. B., & Polich, J.** (1999). P300 and response time from a manual Stroop task. *Clinical Neurophysiology*, 110(2), 367-373.
- Jensen, O., & Tesche, C. D.** (2002). Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *European journal of Neuroscience*, 15(8), 1395-1399.
- Johnson Jr, R.** (1993) On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30(1), 90-97.
- Key, A. P. F., Dove, G. O., & Maguire, M. J.** (2005). Linking brainwaves to the brain: an ERP primer. *Developmental neuropsychology*, 27(2), 183-215.

- Klimesch, W.** (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain research reviews*, 29(2-3), 169-195.
- Kopp, B., Rist, F., & Mattler, U. W. E.** (1996). N200 in the flanker task as a neurobehavioral tool for investigating executive control. *Psychophysiology*, 33(3), 282-294.
- Krause, C. M., Sillanmäki, L., Koivisto, M., Saarela, C., Häggqvist, A., Laine, M., & Hämäläinen, H.** (2000). The effects of memory load on event-related EEG desynchronization and synchronization. *Clinical neurophysiology*, 111(11), 2071-2078.
- Luck, S. J., & Kappenman, E. S.** (2011). The Oxford handbook of event-related potential components. *Oxford university press*.
- Missonnier, P., Deiber, M. P., Gold, G., Millet, P., Pun, M. G. F., Fazio-Costa, L., & Ibáñez, V.** (2006). Frontal theta event-related synchronization: comparison of directed attention and working memory load effects. *Journal of Neural Transmission*, 113(10), 1477-1486.
- Nunez, P. L., & Srinivasan, R.** (2006). *Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG*. USA: Oxford University Press.
- Pesonen, M., Hämäläinen, H., & Krause, C. M.** (2007). Brain oscillatory 4–30 Hz responses during a visual n-back memory task with varying memory load. *Brain research*, 1138, 171-177.
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L.** (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 676-682.
- Ray, W. J., & Cole, H. W.** (1985). EEG activity during cognitive processing: influence of attentional factors. *International Journal of Psychophysiology*, 3(1), 43-48.
- Tsoneva, T., Baldo, D., Lema, V., & Garcia-Molina, G.** (2011). EEG-rhythm dynamics during a 2-back working memory task and performance. *In Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE* (pp. 3828-3831). IEEE.
- Vogel, E. K., & Luck, S. J.** (2000). The visual N1 component as an index of a discrimination process. *Psychophysiology*, 37(2), 190-203.
- Watter, S., Geffen, G. M., & Geffen, L. B.** (2001). The n-back as a dual-task: P300 morphology under divided attention. *Psychophysiology*, 38(6), 998-1003.
- Wetzel, W., Ott, T., & Matthies, H.** (1977). Post-training hippocampal rhythmic slow activity (“theta”) elicited by septal stimulation improves memory consolidation in rats. *Behavioral biology*, 21(1), 32-40.
- Zunini, R. A. L., Knoefel, F., Lord, C., Dzual, F., Breau, M., Sweet, L., & Taler, V.** (2016). Event-related potentials elicited during working memory are altered in mild cognitive impairment. *International Journal of Psychophysiology*, 109, 1-8.