

15. Özne yüklem uyumunun altında yatan nöral dinamikler: Delta ve teta salınımlarının ayrıştırıcı rolleri¹

Mehmet AYGÜNEŞ²

APA: Aygüneş, M. (2023). Özne yüklem uyumunun altında yatan nöral dinamikler: Delta ve teta salınımlarının ayrıştırıcı rolleri. *RumeliDE Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi*, (Ö13), 276-294. DOI: 10.29000/rumelide.1379194.

Öz

Alanyazında, özne ile yüklem arasındaki uyum ilişkisini Olaya İlişkin Beyin Potansiyeli (OİP) kullanarak inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Ancak, bu ilişkinin beyin salınım dinamikleri perspektifinden ele alındığı sadece bir çalışma (Perez ve diğ., 2012) bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkçede özne-yüklem uyumu ilişkisini zaman-frekans analizi ile anlamak, bu uyum ilişkisinin hangi frekans bileşenleriyle karakterize olduğunu belirlemek ve OİP alanyazında öne sürülen kişi ve sayı özelliklerinin farklı şekillerde işlendiği gözleminin beyin salınımları bağlamında doğrulanıp doğrulanamayacağını ortaya koymaktır. Bu çalışmada, 33 katılımcının EEG verilerine Dalgacık Dönüşümü analizi uygulanmış ve katılımcıların dilbilgisel, kişi uyumsuzluğu ve sayı uyumsuzluğu içeren tümcelere verdikleri bilişsel yanıtlar incelenmiştir. Sonuçlar, kişi özelliğinin işlenmesinde delta frekans bandında, sayı özelliğinin işlenmesinde ise, teta frekans bandında güç artışının gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, bu iki frekans bandında kişi ve sayı özelliklerinin işlenmesinde anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kişi özelliğinin işlenmesinin, sayı özelliğine kıyasla daha fazla özellik veya aşama içermesinden dolayı, bu özelliğin çözümlenmesi için daha fazla bilişsel kaynağa ihtiyaç duyulabileceği ve artan bilişsel yükün karar verme süreçlerinin daha yoğun bir şekilde kullanılmasına etki edebileceği öne sürülmektedir. Bu ek yükün çözümlenmesi, kişi özelliğinin çözümlenmesinde daha büyük bir delta yanıtının ortaya çıkmasının olası bir nedeni olarak görülmektedir. Sayı özelliğinde ise, deney deseninde kullanılan dilbilgisi dışı yapının olası dilbilgisel biçimlerinin sayıca kişi uyumsuzluğuna göre daha fazla olması nedeniyle, sayı özelliğindeki uyumsuzluğun onarımının sözel çalışma belleğinin daha fazla yüklenmesine neden olabileceği düşünülmüştür. Tüm bu bulgular bir araya getirildiğinde, dil işleme süreçlerinin beyinde çeşitli frekans bantları altında özgün şekillerde temsil edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Uyum, işleme, beyin salınımları, delta bandı, teta bandı

Neural dynamics underlying subject-verb agreement: Dissociable roles of delta and theta oscillations

Abstract

In the literature, numerous studies have investigated the neural dynamics of subject-verb agreement relations using event-related brain potential (ERP) analyses. However, only one study (Perez et al.,

¹ Bu çalışma TÜBİTAK (Proje No: 114K607) ve İstanbul Üniversitesi BAP Birimi (Proje No: SDP-2016-21580) tarafından desteklenmiştir.

ETİK: Bu makale için İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığınca 03.01.2014 tarihli, 28 sayılı kararlar ve oybirliğiyle etik uygunluk raporu verilmiştir.

² Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Dilbilimi Bölümü, Uygulamalı Dilbilim ABD (İstanbul, Türkiye), mehmet.aygunes@istanbul.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0327-6905. [Araştırma makalesi, Makale kayıt tarihi: 17.08.2023-kabul tarihi: 23.10.2023; DOI: 10.29000/rumelide.1379194]

2012) has approached this relationship from the perspective of oscillatory dynamics. The aim of the current study is to understand the relationship between person and number agreement in Turkish using time-frequency analysis. The study aims to identify the specific frequency features that characterise these linguistic features. It also aims to test, in the area of brain oscillations, whether there is a difference in the processing of person and number features, as suggested in the ERP literature. Wavelet transform analysis was applied to EEG data collected from 33 participants. Their cognitive responses to sentences containing grammatical, person mismatch and number mismatch were analysed. The results showed a power increase in the delta frequency band during the processing of person features and in the theta frequency band during the processing of number features. As the processing of the person feature involves more features/levels than the number feature, it was suggested that more cognitive resources may be required to analyse the person feature and that this increased cognitive load may affect the more intensive use of decision-making processes. The processing of this additional load was suggested as a possible reason for the larger delta response when processing of the person feature. For the number feature, the number of possible grammatical forms of the non-grammatical sentences used in the experimental design was higher than for the person mismatch, suggesting that the processing of the number feature mismatch may cause a higher demand on verbal working memory. Taken together, these findings suggest that language processing mechanisms may be differentially encoded in the brain across different frequency bands.

Keywords: Agreement, processing, brain oscillations, delta band, theta band

1. Giriş

Özne yüklem uyumu, dilbilgisel yapıların işlenmesinde ele alınan önemli bir fenomendir. Uyum, genel olarak iki üye arasındaki özelliklerin eşleşmesini ifade etmektedir (bkz Chomsky, 1995). Türkçe özelinde değerlendirdiğimizde, bu eşleşen özellikler kişi özelliklerini ve sayı özelliklerini ifade etmektedir.

Sigurdsson (2004) sayı özelliği ile kişi özelliği arasındaki farkı sözdizim içerisindeki yapıları üzerinden betimleyerek, bu iki özelliğin farklı yetkilendirme süreçlerine tabi olduğunu belirtmektedir. Buna göre, sayı özelliği Çekim Öbeği içerisinde yetkilendirilirken kişi özelliği Çekim Öbeğinin yanı sıra daha yukarıda yer alan ve söylemsel özelliklerin yetkilendirildiği Konuşma Eylemine Katılım Öbeği içerisinde yetkilendirilmektedir. Dolayısıyla, kişi ve sayı uyumu arasındaki temel farkı da iki özelliğin yetkilendirilme sürecindeki bu farklılığın oluşturduğu öne sürülmektedir. Nevins (2011)'i ise kişi ve sayı özelliği arasındaki farkın bu özelliklerin iç yapısıyla ilgili olduğunu belirtmektedir. Buna göre, kişi özelliği +/- katılımcı özelliğine sahipken sayı özelliğinde sadece çoğul özelliğinin bulunduğunu diğer bir ifadeyle, tekil olmanın bir özellik olmadığını belirtmektedir. Ackema ve Neeleman'ın (2013, 2018, 2019) geliştirdikleri phi-özellikleri kuramına göre adılar hem kişi hem de sayı özelliği taşımasına karşın kişi ve sayı özelliğinin iç yapısı farklılıklar içermektedir. Kişi özelliğinin belirlenmesinde YAKIN (PROX) ve UZAK (DIST) olmak üzere iki özellik etkili olmaktadır. Sözelimi birinci tekil kişi adlı YAKIN özelliğinin uygulanmasıyla belirlenmektedir. Ancak burada birinci tekil kişiye ulaşmak için kümenin daraltılması gerektiğinden YAKIN işleminin iki kez uygulanması söz konusudur. Buna karşın üçüncü tekil kişi UZAK özelliğinin uygulanmasıyla, ikinci tekil kişi ise hem YAKIN hem UZAK özelliğinin uygulanmasıyla belirlenmektedir. Dolayısıyla kişi adlarında kişi kategorisinden YAKIN ya da UZAK özelliklerinden en az birisi bulunmaktadır. Dahası bu durum birinci, ikinci ve üçüncü kişilerin tümü için geçerlidir. Ancak sayı özelliğinde ise sadece ÇOĞUL özelliğinin bulunduğunu TEKİL özelliğinin belirlenmediği belirtilmektedir. Adıllara ilişkin bu tespitlere ek olarak R-ifadeleri (R-expressions) olarak adlandırdıkları düzenli ad öbeklerinde (AÖ) durumun adılardan farklı olduğu ve AÖ'lerinin, diğer bir

ifadeyle öznenin bir içerik AÖ'sinden oluşması durumunun, adılların aksine kişi özelliği taşımadığını ve sadece sayı özelliği taşıdıkları öne sürülmektedir (Ackema ve Neeleman, 2019). Görüleceği gibi yapılan açıklamalarda farklı bakış açıları ortaya konulsa da temel olarak kişi özelliğinin sayı özelliğine göre daha karmaşık bir yapı sergilediği öne sürülmektedir.

Uyum özelliklerinin bilişsel yapılanmasını tepki süresi (Carminati, 2005; Mancini ve diğ., 2014), onarım analizi (Aygüneş, 2012; Aygüneş, 2013b;), Olaya İlişkin Beyin Potansiyelleri (OİP) (Nevins ve diğ., 2007; Silva-Pereyra ve Carreiras, 2007; Zawiszewski ve Friederici, 2009; Mancini ve diğ., 2011; Aygüneş, 2013a/ Aygüneş ve diğ. 2021; Aygüneş, 2021; Zawiszewski ve diğ., 2016; Aristia ve diğ., 2022), işlevsel Manyetik rezonans Görüntüleme (fMRI) (Mancini ve diğ., 2017) gibi yöntemlerle inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir bölümünde kişi ve sayı uyumunun işlemlenmesinde farklılık olduğu öne sürülmekle birlikte sınırlı sayıda çalışmada iki özelliğin işlemlenmesi arasında farklılığın olmadığı belirtilmiştir (ayrıntılı bilgi için bkz. Aygüneş, 2013a/ Aygüneş ve diğ. 2021). Ancak konuyu beyin salınımları çerçevesinde değerlendiren tek bir çalışma (Perez ve diğ., 2012) bulunmaktadır. Bu çalışmanın da odak noktası kişi ve sayı uyumu arasındaki ilişkiden daha çok İspanyolcadaki uyum dışı (unagreement) yapılar oluşturmaktadır. Dahası uyum özelliğini içeren kişi ve sayı uyumu arasındaki ilişkinin test edilmesi için en elverişli veri setinin üçüncü kişi adlarıyla oluşturulan deney setinin olduğu, alanyazında bu çalışmaların bulunmadığı ve konunun daha iyi anlaşılması için bu deney setini içeren çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Ackema ve Neeleman, 2019).

Bu çalışmanın amacı uyum ilişkisinin beyinde işlemlenme sürecini zaman-frekans analiziyle incelemektir. Bu çerçevede üçüncü kişili adlarla oluşturulan yapılarda uyum özelliklerinin işlemlenmesinde fark olup olmadığının, bu özelliklerin bilişsel işlemlenmesinde hangi frekans bantlarının etkili olduğunu belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.1. Elektroensefalogram (EEG), Olaya İlişkin Beyin Potansiyelleri (OİP) ve Olaya İlişkin Salınımlar (OİS)

Beyin, duygularımızı, düşüncelerimizi, davranışlarımızı ve vücut fonksiyonlarımızı kontrol eden merkezi bir kontrol ünitesidir. Olaylara veya uyarılara tepki verirken beyinde ortaya çıkan elektriksel aktiviteler, beyin potansiyelini yansıtan önemli bir gösterge olarak kabul edilir. Bu potansiyeller, bir olaya maruz kaldığımızda beyin aktivitesindeki elektriksel değişikliklerin ölçümlerini temsil eder (Luck, 2014). Olaya ilişkin beyin potansiyelleri olarak adlandırdığımız bu durum bize olayın algılanması, dikkate alınması, anlamlandırılması ve hafızaya alınması gibi süreçler hakkında önemli bilgiler sağlar. Beyindeki nöronal aktivitenin sonucu olarak oluşan bu elektriksel sinyaller Elektroensefalogram (EEG) adı verilen bir yöntem aracılığıyla ölçülür. EEG, beyin etkinliğini doğrudan ölçen bir yöntemdir ve elektriksel aktivitenin kafa yüzeyinden kaydedilmesiyle gerçekleştirilir. OİP ise, bir olayın (sözelimi bir uyarı sunumunun) olduğu andan itibaren oluşan beyin yanıtlarını yansıtır (Luck, 2014). OİP çeşitli bileşenlere sahiptir. Sözelimi N400 bileşeni dil işleme süreçlerinde ortaya çıkan ve sözcük anlamının bütünlüğüyle ilişkili olan bir beyin potansiyel bileşenidir. N400, sözcük anlamının uygunluğunu değerlendirme, dilbilgisi uyumsuzluklarını tespit etme ve sözcük anlamının entegrasyonunu sağlama gibi fonksiyonlarla ilgilidir (Kutas ve Hillyard, 1980). Bunun dışında dilsel süreçlerle ilgili olduğu düşünülen LAN, P600 gibi farklı OİP bileşenleri de bulunmaktadır.³

Beyinden elde edilen EEG sinyalleri homojen bir yapı taşımamakta, yani farklı frekanslardaki salınımların toplamını ifade etmektedir. İnsan beyninin EEG kayıtlarında ilk olarak Berger, 10 Hz'lik bir

³ Ayrıntılı bilgi için bakınız; Aygüneş, 2013a/ Aygüneş ve diğ. 2021

ritmin baskın olduğunu tespit etmiş ve buna alfa ritmi adını vermiştir (Ergen, 2008). Daha sonraki dönemlerde, Berger'in yolundan giden çalışmalarda, beyin tarafından farklı salınımların üretildiği gözlenmiştir. Bu bağlamda, uluslararası olarak kabul gören beş temel salınımdan söz edilmektedir (The International Federation of Societies for Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1974; Steriade ve diğ., 1990). Bu salınımlar ve ilgili frekans bantları şu şekilde ifade edilebilir: delta bandı 0.1–4 Hz, teta bandı 4–8 Hz, alfa bandı 8–13 Hz, beta bandı 14–30 Hz, gamma bandı > 30 Hz.

Temel olarak, her sinyal farklı frekanstaki sinüzoidal salınımlara ayrılabilir. Bu ayırıştırma işlemi için pek çok yöntem mevcuttur ve en sık kullanılanlar Fourier Dönüşümü ve Dalgacık Dönüşümü'dür (Herrmann ve diğerleri, 2005). Fourier dönüşümü, genel olarak EEG sinyallerinde mevcut olan salınımların zamandan bağımsız olarak kendi içinde tekrarlanan ritmik desenler olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Bu yaklaşım, zaman alanındaki bilgilerin frekans alanına taşınması anlamına gelir; yani eldeki verinin sinüzoidlere ayrıştırılmasıdır. Sinüzoidlere ayırıştırma işlemi temelde, sinüzoidal hareketlerin dairesel hareketler olduğu ve ritmik hareketlerin en basit şekliyle bu sinüzoidlerle ifade edilebileceği fikrine dayanır. Ergen (2008), sinüzoidlerin sabit frekansta olan durağan salınımlar olduğundan, zaman alanındaki sinyallerin sinüzoidlerle ifade edilmesinin zaman bilgisinin kaybına yol açtığını belirtmektedir. Diğer bir ifadeyle, Fourier dönüşümünde zaman alanındaki bilgi frekans alanına taşınırken zaman bilgisi tamamen kaybolmaktadır. Bu durum yöntemin zamana bağlı salınımların açıklanmasında yetersiz kalmasına neden olmaktadır.

Fourier dönüşümü dışında Dalgacık Dönüşümü adı verilen yöntem ise, uzun periyotlu düşük frekanslı bileşenleri geniş zaman aralıklarında, kısa periyotlu yüksek frekanslı bileşenleri ise dar zaman aralıklarında analiz ederek daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlar (Ergen, 2008). Zaman-frekans temsiliinde, OİP sadece uyarıcıya bağlı faz kilitlenmesini yansıtır. Bu durum uyarılmış aktiviteyi ifade etmektedir. Fakat, uyarıcı ile faz kilitlenmesi ifade etmeyen ve bu nedenle ortalamada silinen aktivitenin hesaplanması gerektiğinde, bu aktivite toplam aktiviteyi ifade etmektedir. Belirli bir frekanstaki aktivitelerin toplamını hesaplamak için, tek dilimlerin dalgacık dönüşümlerinin mutlak değerleri hesaplanır ve bunların ortalaması alınır (Ergen, 2008).

1.2. Dil çalışmalarında Olaya İlişkin Salınımlar (OİS)

Zaman-frekans alanında gerçekleştirilen dil çalışmaları, delta, teta, alfa ve beta aktivitelerinin dil işlemlerinin farklı yönleriyle ilişkilendirildiğini göstermektedir. Bu bölümde, alanyazında dil işleme ile ilgili yapılan OİS çalışmalarındaki temel bulguları ele alarak, bu frekans bantlarının dil işleme süreçlerindeki rolünün ne olduğu açıklanacaktır.

Delta (0.1-4 Hz) aktivitesi, oldukça yavaş bir salınımdır ve normal yetişkinlerde genellikle uykunun derin evrelerinde (Steriade, 2000) veya nörolojik ve psikiyatrik hastalıklarda gözlemlenir (Babiloni ve diğ., 2006; De Jongh ve diğ., 2001; Penolazzi ve diğ., 2008; Spironelli ve Angrilli, 2009b; Tanaka ve diğ., 1998; Vieth ve diğ., 2001; Wienbruch ve diğ., 2003). Delta bandı aynı zamanda bilişsel işlemeyle ilgili OİP bileşeni olan P300 ile ilişkilendirilmiştir (Demiralp ve diğ., 1999). Dahası, delta yanıtları bir oddball görevinde arttığı için bu yanıtların uyarı belirleme ve karar verme süreçleriyle bağlantılı olabileceği belirtilmiştir (Başar-Eroğlu ve diğ., 1992, 2001). Delta bandındaki güç artışının ayrıca katılımcıların içsel konsantrasyon süreçleri ile ilişkili olabileceği ifade edilmektedir (Harmony ve diğ., 1996; Fernindez ve diğ., 1993). Diğer bir deyişle, delta bandındaki güç artışının dikkatle ilişkili bir süreç olduğu belirtilmektedir (Harmony ve diğ., 1996; Schroeder ve Lakatos, 2009; Lakatos ve diğ., 2008; Will ve Berg, 2007). Dilbilimsel bağlamda, delta ve teta gibi düşük frekans bantlarının özellikle sözdizimsel ve

anlambilimsel süreçlerle ilişkili olduğu belirtilmektedir. Müzik ile dil arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda, sözdizimsel olarak bozuk bir dilsel yapının, dizimsel olarak doğru bir akorla sunulduğunda delta ve teta gücünde artış olduğu gözlenmiştir. Bu artışların N400/LAN zaman penceresinde ve P600 zaman penceresinde dolayısıyla 300-800 ms zaman aralığında ve kafa yüzeyinde frontal ve centro-parietal bölgelerde dağılım gösterdiği belirtilmektedir. (Carrus ve diğ., 2011).

Teta bandı, çalışma belleğine ilişkin işlemlerle sıkı bir ilişki taşımaktadır (Jensen ve Tesche, 2002; Ward, 2003). OİS çalışmaları, teta bandının oddball deneylerinde uzayan veya hedef uyarının sunumundan yaklaşık 300 ms sonra ikinci bir zaman penceresine sahip olabileceğini ve bu uzayan teta aktivitesinin seçici dikkatle yakından ilişkili olabileceğini ortaya koymaktadır (Başar-Eroğlu ve diğ., 1992). Dilbilimsel bağlamda incelendiğinde, teta gücündeki artışın sözcüksel-anlambilimsel bilginin çağrılması (Bastiaansen ve diğ., 2008; Davidson ve Indefrey, 2007) ve sözel çalışma belleğinin yüklenmesini (Bastiaansen, Van Berkum ve Hagoort, 2002a) yansıttığı vurgulanmaktadır. Ayrıca, teta gücünün belirli görevlere göre farklı topografiler üretebileceği de belirtilmektedir. Örneğin, teta gücündeki artışın sayı kategorisindeki uyumsuzlukta sol yarıküre baskınlığını, cinsiyet kategorisindeki uyumsuzlukta ise sağ yarıküre baskınlığını öne çıkarabileceği öne sürülmüştür (Bastiaansen ve diğ., 2002b). Buna ek olarak, teta bandının kodlama ve bilginin geri çağırılması (Klimesch, 1999), bellek yükleme talepleri (Krause ve diğ., 2000) ve sözcüksel anlambilimsel işleme (Bastiaansen ve diğ., 2005) ile yakından ilişkilendirildiği belirtilmektedir. Anlambilimsel olarak uyumsuz olan sözcüklerin işlenmesi sırasında daha yüksek teta aktivitesi gözlenebilmektedir (Davidson ve Indefrey, 2007; Hald ve diğ., 2006). Diğer çalışmalar, dilbilgisel uyumsuzlukların daha büyük teta aktivitesine yol açabileceğini göstermektedir (Roehm ve diğ., 2004). Perez ve diğ. (2012) de uyumlu bir şekilde, kişi kategorisinde uyumsuzluk içeren cümlelerde teta bandındaki gücün arttığını ve bunun, çalışma belleğinde hâlâ aktif olan bağlamsal bilgi ile işlemlemeye başlanan ve kişi kategorisi açısından uyumsuzluk içeren eylemin ilişkilendirilmesindeki güçlüğü yansıttığını belirtmiştir. Sonuç olarak, teta bandının OİP bileşenlerinden N400 ve erken P600 ile yakından ilişkilendirildiği, teta bandındaki güç artışının çalışma belleği işlemleriyle ilişkili olduğu ve uyumsuzluk içeren yapılarla birlikte teta gücünün arttığı öne sürülmektedir.

Alfa bandı, anlamsal bilginin işlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Bastiaansen ve Hagoort, 2006). Özellikle yüksek alfa frekanslarının (11-12 Hz), anlambilimsel bilginin geri çağırılmasıyla sıkı bir ilişkisi olduğu ifade edilmiştir. Sözcük dizileri ve tümcelerde anlambilimsel değerlendirme görevlerinde daha geniş bir işleme ihtiyacı olduğunda yüksek alfa bandının gücünün azaldığı görülmektedir (Klimesch ve diğ., 1997a; Klimesch ve diğ., 1997b; Rohm ve diğ., 2001). Öte yandan, düşük alfa bandı (8-10 Hz) genel nitelikli dikkatle yakından ilişkilendirilirken, daha fazla dikkat gerektiği durumlarda bu bandın baskılandığı belirtilmiştir (Bastiaansen ve diğ., 2002; Brunia, 1993; Foxe ve diğ., 1998; Klimesch ve diğ., 1998; Klimesch, 1999; Lopes da Silva, 1991; Steriade ve diğ., 1990). Alfa bandı, uyanıklık ve dikkatle ilişkilendirildiği gibi (Klimesch ve diğ., 1992), aynı zamanda anlambilimsel bellek (Klimesch, 1994, 1996; Klimesch ve diğ., 1998) ile de ilişkilendirilmiştir. Anlambilimsel olarak bozuk olan sözcüklerde azalan alfa gücünün gözlemlendiği saptanmıştır (Klimesch ve diğ., 1997b). Ayrıca, daha yoğun bir dikkat seviyesi alfa bandındaki gücün azalmasına yol açabilmektedir (Babiloni ve diğ., 2004; Bastiaansen ve diğ., 2001; Klimesch ve diğ., 1998; Worden ve diğ., 2000; Perez ve diğ., 2012). Uyum çalışmalarına bakıldığında ise, kişi uyumsuzluğunda dilbilgisel koşullara göre daha düşük alfa gücünün gözlemlendiği ve bu durumun OİP verileriyle birleştirilerek, kişi uyumsuzluğunda alfa bandındaki güç azalmasının kişi uyumsuzluğunun söylem düzeyindeki sunumundan kaynaklanabileceği ve bu durumun OİP bileşeninde N400 gözlemlenmesi ile paralellik gösterdiği ifade edilmiştir (Perez ve diğ., 2012). Sonuç olarak, alfa bandının dikkat gereksinimini yansıttığı ve bozulma içeren yapılara yönelik dikkatin artması

durumunda bu bandın etkilendiği, alfa bandının anlambilimsel bellek ile ilişkisi olabileceği aynı zamanda anlambilimsel işleme güçlüklerini yansıtabileceği öne sürülmektedir.

Beta bandındaki aktivasyon öncelikle hareket planlaması ve motor imlemeyi içeren motor korteks aktiviteleri ile ilişkilendirilmiştir. Ancak beta aktivitesinin bilişsel ve dilbilimsel süreçlerle de ilişkili olabileceği üzerine çalışmalar yapılmıştır (Weiss ve Rappelsberger, 1996). Özellikle düşük beta frekans bandındaki (13-18 Hz) güç artışının, dilbilgisel yapılardan oluşan tümceleri anlama süreciyle bağlantılı olduğu belirtilmektedir (Bastiaansen ve diğ., 2010). Bu düşük beta güç etkisinin, çalışma belleğinden alınan dilbilgisel yapı parçalarını birleştirme işlemi yansıttığı ileri sürülmüştür (Hagoort, 2003, 2005). Dilbilimsel açıdan incelendiğinde, düzgün cümlelerle kıyaslandığında dilbilgisel açıdan bozuk cümlelerde düşük beta bandındaki güçte bir azalma olduğu gözlenmiştir. Bu durum, sözdizimsel bütünleme sürecindeki zorluğu yansıtmaktadır. Perez ve diğ. (2012) kişi uyumsuzluğu içeren koşullarda düşük beta bandındaki spektral gücün, dilbilgisel açıdan uyumlu koşula göre azaldığını ve bu azalmanın sözdizimsel açıdan yapısal bozulmalarla örtüşüğünü belirtmiştir (Bastiaansen ve diğ., 2010). Bu durumda kişi uyumsuzluğunun neden olduğu bütünleme veya eşleştirme zorluklarına ve biçimsel-dilbilgisel eşleşmelerin güçlüğüne işaret ettiği belirtilmiştir. Sonuç olarak, düşük beta aktivitesinin sözdizimsel çalışma belleği ile ilişkili olduğu, yüksek beta aktivitesinin ise anlambilimsel bütünleme süreçleriyle ilişkilendirilebileceği öne sürülmektedir (Weiss ve diğ., 2001a; Weiss ve diğ., 2001b; Weiss ve diğ., 2003).

Sonuç olarak, farklı frekans bantlarının dil işleme sürecinde farklı dilbilimsel işlemlerle ilişkili olabileceği gözlenmektedir. Ancak dil alanındaki zaman-frekans analizlerinin sınırlı olması ve mevcut çalışmaların genellikle belirli dillere odaklanması genellemelerin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Alanyazındaki salınım dinamiklerinin incelenmesinin, uyum işlemlerinin nörofizyolojik temellerini anlamak için önemli bir zemin sağlayabileceği ifade edilmektedir (Perez ve diğ., 2012).

2. Yöntem

2.1. Katılımcılar

Çalışmada toplam 33 katılımcı (15 erkek, 18 kadın) yer almıştır. Bu katılımcıların tümü sağ el tercihinde sahip ve normal/düzeltilmiş görme yeteneklerine sahiptir. Katılımcılar, lisans düzeyinde eğitim almış veya eğitimlerine devam etmektedirler.⁴

2.2. EEG Kaydı ve Zaman-Frekans Analizi

Çalışmada 32 kanallı EEG sistemi kullanılarak uluslararası 10/20 sistem yerleşimine göre EEG kaydı gerçekleştirilmiştir. Referans olarak, iki kulak memesine yerleştirilen elektrotların ortalaması alınarak referanslama çevrim içi olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, göz hareketlerinden kaynaklanan artefaktları tespit edebilmek için sağ gözün nazyon ve dış kantus bölgelerine elektrotlar yerleştirilmiş ve elektro-okülogram (EOG) kaydı alınmıştır. Çalışma süresince kafa yüzeyindeki elektrot dirençleri 6 k Ω 'ın altına düşürülmüş, referans ve EOG elektrotlarının direnci ise 3 k Ω 'ın altına çekilmiştir. EEG kaydındaki örnekleme oranı 500 Hz olarak belirlenmiştir. EEG verilerinde öncelikle kas artefatları temizlenmiş ve göz artefatlarını elemine etmek için Bağımsız Bileşen Analizi yöntemi kullanılmıştır.

⁴ Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından uygun bulunmuştur.

2.3. Zaman-Frekans (Dalgacık Dönüşümü) Analizi

EEG verisindeki artefaktlar temizlendikten sonra, analizlerde dilimleme işlemi kritik eylemin sunumuna zamansal kilitli olarak -500 ms'den 800 ms'ye kadar yapılmış, ayrıca taban seviye düzeltilmesi -500 ms'den -300 ms'e kadar uygulanmıştır.

Zaman-frekans analizleri, Dalgacı Dönüşümü (Wavelet Transform) yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sırasında, Herrmann ve diğerleri (2005) ile Ergen (2008) çalışmaları temel alınarak şu algoritma uygulanmıştır:

$$|W_x^\Psi(b, a) = A_\Psi \cdot \int \Psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) \cdot x(t) \cdot dt$$

Algoritmada a= ölçeklemeyi, b=ötelemeyi, t= zamanı, x (t)= zaman alanındaki sinyali, Ψ^* = dalgacığa ilişkin fonksiyonun konjüstasyonunu, A_Ψ = dalgacık normalizasyonunu, dt = bir t anındaki türevi ifade etmektedir.

Bu algoritma çerçevesinde, EEG sinyalinin zaman içindeki ana dalga fonksiyonu ölçeklendirilmiş ve ötelenmiş bir versiyonu ile bu versiyonun sinyal üzerine konvolüsyonu gerçekleştirilmiştir. Bu sayede Dalgacık Dönüşümü, hem frekans hem de zaman bilgisini korurken, Fourier dönüşümünden farklılaşmaktadır. Fourier dönüşümünde frekans bilgisi korunurken da zaman bilgisi kaybedilir. Dalgacık dönüşümünde ise, delta bandı gibi düşük frekanslı bantları daha geniş, gama bandı gibi yüksek frekans bantları daha dar zaman pencerelerinde incelenebilmektedir.

Dalgacık dönüşümü, OİP ortalaması üzerinden hesaplanabileceği gibi, tüm OİP dilimlerinin ayrı ayrı dalgacık dönüşümleri hesaplanabilir ve ardından bunların ortalaması alınabilir. İlk yaklaşım, uyarıcıyla senkronize olan, yani faz kitlemesi gösteren Uyarılmış Aktiviteyi yansıtırken, ikinci yaklaşım, uyarıcıya hem senkronize olan hem de olmayan aktiviteyi, yani Toplam Aktiviteyi gösterecektir. Bu bağlamda, çalışmada hem uyarana zamansal olarak senkronize olan Uyarılmış Aktivite (Evoked Power) hem de uyarana zamansal olarak senkronize olan ve olmayan aktivitelerin toplamını ifade eden Toplam Aktivite (Total Power), delta (1-4 Hz) ve teta (4-7 Hz) bantlarındaki enerjiler için hesaplanmıştır. İstatistiksel analiz aşamasında, ilk olarak koşullar arasındaki farklılıkları belirlemek için herhangi bir düzeltme yapılmadan p değeri <0.01 olarak belirlenmiş ön bir test uygulanmıştır. Bu anlamlılık eşiği altında olan zaman-frekans bölgeleri için ayrıca tekrarlı ölçümler için ANOVA analizi gerçekleştirilmiştir.

ANOVA analizi yanal alanlar için oluşturulan gruplar ve orta hat elektrotları için oluşturulan gruplar için ayrı ayrı oluşturulmuştur. EEG kayıtlarında ve istatistiksel analizlerde, Aygüneş, 2013a/ Aygüneş ve diğ. 2021'de olduğu gibi, yanal bölgelerde, sol-ön (F3,F7,FC3,FT7), sağ-ön (F4,F8,FC4,FT8), sol-arka (CP3,TP7,P3,P7) ve sağ-arka (CP4,TP8,P4,P8), oluşturulan dört ilgi alanı ve orta hattaki beş ilgi alanı (Fz,FCz,Cz,CPz,Pz) temelinde gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, yanal bölgeler için gerçekleştirilen ANOVA analizinde aşağıdaki faktörler yer almıştır: KOŞUL (3 seviye: dilbilgisel, kişi uyumsuzluğu, sayı uyumsuzluğu) × ANTERİÖR-POSTERİÖR (AP) dağılım (2 seviye: ön, arka) × LATERİZASYON (Lat) (2 seviye: sol, sağ). Orta hattaki ikinci ANOVA analizi için ise aşağıdaki faktörler yer almıştır: KOŞUL (3 seviye: dilbilgisel, kişi uyumsuzluğu, sayı uyumsuzluğu) × ANTERİÖR-POSTERİÖR dağılım (5 Seviye: Fz,FCz,Cz,CPz,Pz). Elde edilen p değerleri üzerinde Greenhouse-Geisser düzeltmesi (Greenhouse-Geisser, 1959) uygulanmıştır.

2.4. Gereç

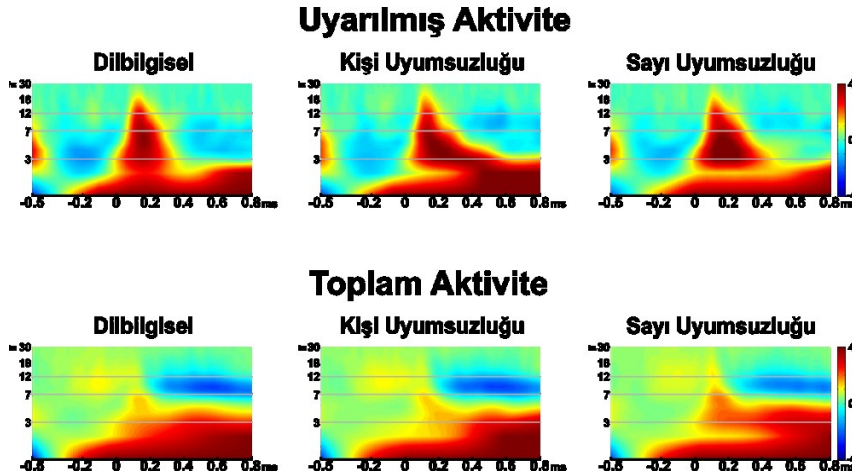
Ackema ve Neeleman'ın (2019) kişi ve sayı özelliklerinin işlemlenmesini anlamak için henüz üzerinde hiçbir keşif yapılmayan üçüncü kişi adlarıyla oluşturulan deney setinin büyük önem arz ettiğini belirtmektedir. Böylesi bir deney setinin Mancini ve diğ (2011)'in özne olarak açık AÖ kullanımının yarattığı kişi özelliğinin devre dışı bırakılmasının aksine hem kişi hem de sayı kategorisinde uyumsuzluk içereceği belirtilmektedir. Bu nedenle, uyum özelliklerinin zaman-frekans dinamiğini incelemek için üçüncü kişili yapılar tercih edilmiştir. Tüm tümcelerde özneler, üçüncü tekil kişili yapılar kullanılarak oluşturulmuştur. Kişi uyumsuzluğunu göstermek için ikinci tekil kişi eki olan "-sIn" ve sayı uyumsuzluğunu belirtmek için üçüncü çoğul kişi eki olan "-lEr" eki kullanılmıştır (Tablo 1). Her bir koşul, çalışmada 50 tümce ile temsil edilmiştir. Dilbilgisel yapılarla dilbilgisi dışı yapıları dengelemek için dilbilgisel koşullara benzer dolgu tümceleri eklenmiş, ancak bu tümceler analiz edilmemiştir.

Tablo 1. Örnek deney tümceleri

Örnek tümce	Koşullar	N
O şimdi süt iç-iyor-Ø	Dilbilgisel	50
*O şimdi süt iç-iyor-sun	Kişi Uyumsuzluğu	50
*O şimdi süt iç-iyor-lar	Sayı Uyumsuzluğu	50

3. Bulgular

Zaman-frekans alanında, hem uyarılmış aktiviteye hem de toplam aktiviteye bakıldığında koşullar arasındaki farklılıkların özellikle delta (1-4 Hz) ve teta (4-7 Hz) gibi düşük frekanslı bantlarda lokalize olduğu gözlenmektedir (Şekil 1). Bu nedenle çalışmada sadece bu frekans bandlarına odaklanılacaktır.



Şekil 1. Uyarılmış aktivitenin ve toplam aktivitenin zaman-frekans alanındaki dağılımı

3.1. Delta Bandı (1-4 Hz)

Delta frekans bandında uyarılmış aktiviteye odaklanıldığında, hem 300-500 ms zaman aralığında hem de 500-800 ms zaman aralığında anlamlı farklılıkların ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Her iki zaman aralığı bir bütün olarak ele alındığında, uyarılmış aktivitede delta frekans bandında kişi uyumsuzluğu

koşulunda ve dilbilgisel koşulda sayı uyumsuzluğuna kıyasla güç artışının belirgin olduğu ve bu artışın kafa yüzeyinde orta hatta geniş bir dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 2 Panel 1A, Şekil 3 Panel 2A).

Uyarılmış aktivitede, 300-500 ms zaman aralığında Koşul×AP×LAT etkileşiminde anlamlı farklılıkların olduğu görülmektedir ($F(2,64) = 4.257, p < 0.05$). Koşullar arasındaki ikili karşılaştırmalara göz atıldığında, farklılığın yalnızca dilbilgisel koşul ile sayı uyumsuzluğu koşulundan kaynaklandığı ve sayı uyumsuzluğu koşulunun hem dilbilgisel hem de kişi uyumsuzluğu koşuluna göre daha az enerji ürettiği görülmektedir (Tablo 3).

500-800 ms zaman aralığında ise, Koşulun ana etkisinin hem yanal bölgelerdeki istatistiksel analizde, $F(2,64) = 4.078, p < .05$, hem de orta hattaki istatistiksel analizde, $F(2,64) = 4.737, p < .05$, anlamlı farklılığa yol açtığı görülmektedir. Bu zaman aralığında, koşulların karşılaştırılmasına dair ikili analizlerde, yanal bölgelerde anlamlı farklılığın kişi uyumsuzluğu ve sayı uyumsuzluğu koşulları arasındaki farktan kaynaklandığı, orta hatta ise kişi uyumsuzluğu ve sayı uyumsuzluğu koşulları arasındaki farkın yanı sıra dilbilgisel koşul ile sayı uyumsuzluğu arasındaki farkın da etkili olduğu görülmektedir (Tablo 3, Şekil 2 Panel 1A, Şekil 3 Panel 2A).

3.2. Teta Bandı (4-8 Hz)

Teta frekans bandındaki toplam aktiviteye yönelik değerlendirmede, üç koşul altında da kafa yüzeyinin ön bölgesinde güç artışı gözlemlendiği, ancak sayı uyumsuzluğu koşulunda bu senkronizasyonun diğer koşullara göre daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2 Panel 1B, Şekil 3 Panel 2B). Teta bandındaki toplam aktiviteye dair incelemede 200-800 ms zaman aralığında, Koşul'un ana etkisinin hem yanal bölgelerde ($F(2,64) = 11.185, p < 0.01$), hem de orta hatta ($F(2,64) = 12.165, p < 0.01$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluşturduğu görülmektedir. İkili karşılaştırmalar incelendiğinde, hem kişi uyumsuzluğu ve sayı uyumsuzluğu koşulları arasındaki farkın, hem de dilbilgisel koşul ile sayı uyumsuzluğu arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (Tablo 2).

	Toplam Aktivite	Dilbilgisel vs Kişi Uyumsuzluğu	Dilbilgisel vs Sayı Uyumsuzluğu	Kişi Uyumsuzluğu vs Sayı Uyumsuzluğu
200-800 ms				
<i>Yanal Alanlar</i>				
Teta Bandı (4-7 Hz)	Koşul	(1,32) n.s.	17,210***	15,929***
	<i>Orta Hat</i>			
	Koşul	(1,32) n.s.	14,182***	25,985***

AP: Anterior-Posterior, Lat: Lateral

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$, n.s.; anlamlı değil

Tablo 2. Toplam aktivitede teta bandında koşulların ikili olarak karşılaştırılması

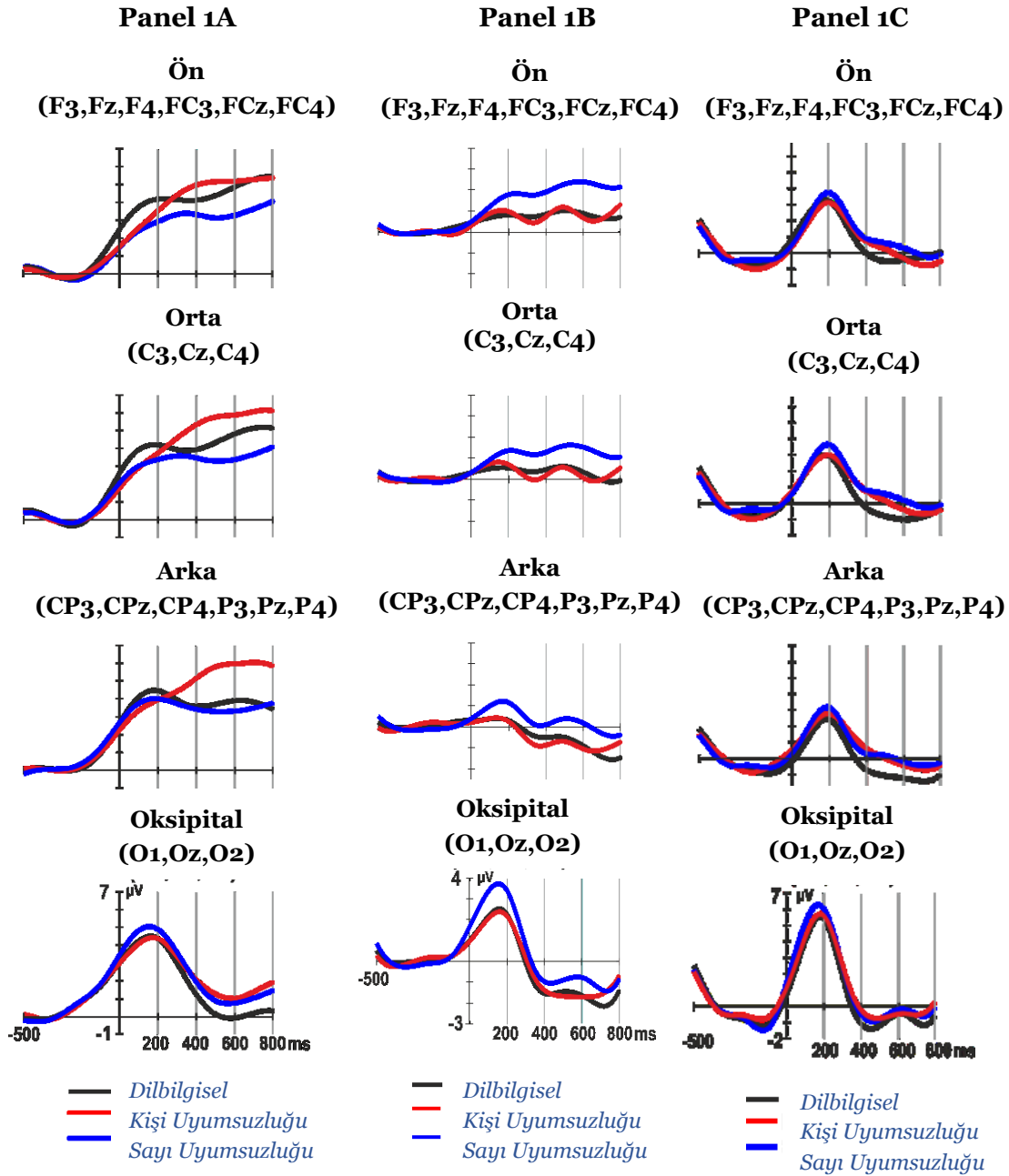
Teta frekans bandındaki uyarılmış aktivite yanıtlarına bakıldığında, dilbilgisel koşulda kafa yüzeyinin arka bölgesinde güçte desenkronizasyon görülürken sayı uyumsuzluğu koşulunda kafa yüzeyinin ön bölgesinde senkronizasyon olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 2 Panel 1C, Şekil 3 Panel 2C). Teta frekans bandındaki uyarılmış aktivitenin değerlendirildiği 400-600 ms zaman aralığında, yanal bölgelerde, Koşul'un etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır, ($F(2,64) = 3.490$, $p < 0.05$). İkili karşılaştırmalar incelendiğinde, dilbilgisel koşul ile sayı uyumsuzluğu koşulu arasında anlamlı farklılık olduğu gözlenmektedir (Tablo 3).

	Uyarılmış Aktivite		Dilbilgisel vs Kişi Uyumsuzluğu	Dilbilgisel vs Sayı Uyumsuzluğu	Kişi Uyumsuzluğu vs Sayı Uyumsuzluğu
	300-500 ms	df			
	Yanal Alanlar				
	Koşul× Ap×Lat	(1,32)	n.s.	7,862**	n.s.
	500-800 ms				
	Yanal Alanlar				
	Koşul	(1,32)	n.s.	n.s.	9,795**
	Orta Hat				
	Koşul	(1,32)	n.s.	4,510*	9,567**
	400-600 ms				
	Yanal Alanlar				
	Koşul	(1,32)	n.s.	6,395*	n.s.

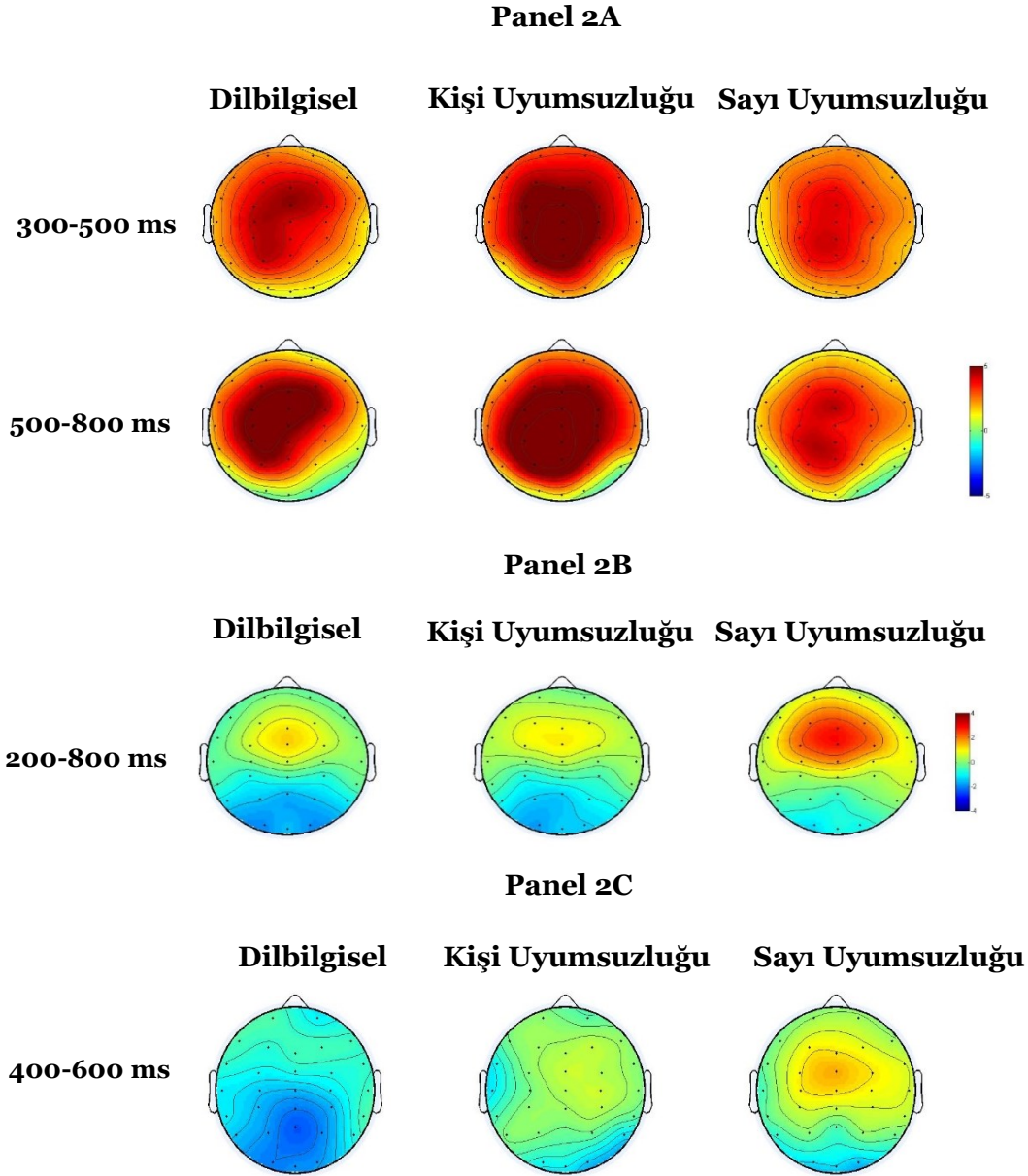
AP: Anterior-Posterior, Lat: Lateral

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$, n.s.; anlamlı değil

Tablo 3. Uyarılmış aktivitede delta ve teta bandında koşulların ikili olarak karşılaştırılması



Şekil 2. Büyük ortalamalar uyarınca, eylemin sunumuna zamansal kilitli olarak oluşan yanıtlar (Panel 1A: Uyarılmış delta aktivitesi, Panel 1B: toplam teta aktivitesi, Panel 1C: uyarılmış teta aktivitesi)



Şekil 3. İlgili zaman penceresindeki topografiler (Panel 2A: Uyarılmış delta aktivitesi, Panel 2B: toplam teta aktivitesi, Panel 2C: uyarılmış teta aktivitesi)

4. Tartışma

Bu çalışmanın amacı, Türkçede özne yüklem uyumunun zaman-frekans alanındaki görünümünü belirlemektir. Böylece kişi ve sayı özelliklerinin işlemlenmesinin farklı frekans bantlarına lokalize olup olmadığının, olası farklılık frekans temellerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

Bulgulara bakıldığında, uyarılmış delta aktivitesinde 500-800 ms zaman penceresinde kişi uyumsuzluğu ile sayı uyumsuzluğu arasında anlamlı farklılığın olduğu görülmektedir. Farklılığın kişi uyumsuzluğunda, sayı uyumsuzluğuna göre delta yanıtının daha büyük olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Teta bandına bakıldığında ise, toplam teta aktivitesinde 200-800 ms zaman

penceresinde kişi uyumsuzluğu ile sayı uyumsuzluğu arasında anlamlı farklılığın olduğu, farklılığın teta yanıtının sayı uyumsuzluğunda daha büyük olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Dolayısıyla çalışmada kişi özelliğinin işlenmesinde delta yanıtının sayı özelliğinin işlenmesinde ise, teta yanıtının temel olarak etkili olduğu görülmektedir.

Alanyazında delta gücündeki değişimin uyarının belirlenmesi ve karar verme süreçleriyle ilintili olduğu (Başar Eroğlu ve diğ., 1992) ayrıca bu bandın dikkat süreçleriyle (Harmony ve diğ., 1996; Schroeder ve Lakatos, 2009) ilintili olabileceği belirtilmektedir. Teta yanıtının ise, sözel çalışma belleğine ilişkin işlemlerle (Bastiaansen ve diğ., 2002a) ve sözcüksel-anlambilimsel bilginin çağırılmasıyla (Bastiaansen ve diğ., 2008) ilişkilendirildiği görülmektedir. Kişi özelliklerini konu alan bir çalışmada ise, kişi uyumsuzluğunda teta yanıtında artış olduğu ve bu artışın çalışma belleğinde aktif biçimde bulunan bilginin bütünlenmesini yansıtabileceği belirtilmektedir (Perez ve diğ., 2012).

Alanyazındaki bulgulara paralel olarak bu analizde kişi uyumsuzluğunda görülen uyarılmış delta yanıtının beklenmeyen, sıklığı düşük ya da bilişsel olarak belirginlik taşıyan (Başar-Eroğlu ve diğ., 1992) uyarıların işlenmesiyle inilti olabileceği düşünülmektedir. Diğer bir deyişle, kişi özelliğinin işlenmesinde delta gücündeki artış, bu özelliğin bilişsel belirginliğinin fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. Buna paralel olarak, dilbilimsel bağlamda delta frekans bandındaki güç artışı, dil işleme süreçlerinin belirli aşamalarında daha yoğun bilişsel çaba veya dikkat gerektiğini veya dilin daha karmaşık veya anlamca daha derinlemesine işlendiğini ifade edebilir. Bu tür bir güç artışı, dilbilgisi ve anlam yapılarını işleme süreçlerindeki artan bilişsel yükün bir yansıması olabilir. Karmaşık yapıların çözümlenmesi için daha fazla zihinsel çaba harcanan durumlarda delta frekansında güç artışının ortaya çıkabileceği düşünülmektedir. Bu, dil işleme süreçlerindeki karmaşıklık ve bağlam içi anlama daha iyi ulaşmak için beyin tarafından daha fazla kaynağın ayrıldığını ifade etmektedir. Bu tür bir artış, özellikle dilbilgisi kurallarının anlaşılması, sözcük anlamlarının daha derinlemesine çözümlenmesi veya tümcenin bütününün daha kapsamlı bir şekilde anlamlandırılması gibi daha üst düzey dilbilgisel işlemlerin devreye girdiği durumları işaret edebilir. Kişi özelliğini işleme sürecinde gözlenen artan delta güç aktivitesi, bu özelliğin çözümlenmesinde bilişsel yükün arttığını ve daha karmaşık dilbilgisel işlemlerin gerçekleştirilmesi sırasında beyin kaynaklarının yoğun bir şekilde kullanıldığını gösterebilir. Nevins (2011), kişi özelliğinin +/- katılımcı ve +/- konuşucu özellikleri taşıdığını, ancak sayı özelliğinin sadece çoğul biçimini içerdiğini ifade ederek sayı özelliğinin eksik ögesi karşıtlık içerdiğini vurgulamıştır. Ackema ve Neeleman (2013, 2018, 2019) farklı bir yaklaşımla kişi özelliğinin YAKIN ve UZAK özelliklerine göre ikili özellik kalıbıyla ancak kişinin sadece çoğul özelliği ile tek bir özellik kalıbıyla belirlendiğini belirtmektedir. Öte yandan, Sigurdsson (2004), sayı özelliğinin dilbilgisel bir nitelik taşıdığını ve Çekim Öbeği içerisinde yetkilendirildiğini, kişi özelliğinin ise söylemsel bir nitelik taşıdığı için Çekim Öbeği yanı sıra Konuşma Eylemine Katılım Öbeğiyle de etkileşime girdiğini belirtmektedir. Bu dilbilimsel yaklaşımlara dayanarak, kişi özelliğinin yetkilendirilmesinin sayı özelliğine kıyasla daha fazla özellik veya aşama içermesi nedeniyle bu özelliğin çözümlenmesi için daha fazla bilişsel kaynağa ihtiyaç duyulabileceği sonucuna varılabilir. Bu artan bilişsel yük, karar verme süreçlerinin daha yoğun bir şekilde kullanılmasını gerektirebilir. Bu da kişi özelliğinin çözümlenmesinde daha geniş bir bilişsel çaba ve daha fazla dikkat gerektiği anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, bu ek yükün çözümlenmesi, kişi özelliğinin çözümlenmesinde daha büyük bir delta yanıtının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum, kişi özelliğinin dil işleme süreçlerinde daha yoğun bir bilişsel çaba, dikkat ve karar verme süreçlerinin daha etkin kullanılması gerektirdiğini gösteren önemli bir kanıt niteliği taşımaktadır.

Alanyazında teta gücü ile sözel çalışma belleği arasında ilişki olduğunu öne süren pek çok çalışma bulunmaktadır (Bastiaansen, Van Berkum ve Hagoort, 2002a). Dahası teta gücü ile sayı kategorisindeki uyumsuzluk ile ilişki kurulduğu da dikkat çekmektedir (Bastiaansen ve diğ., 2002b). Benzer biçimde bu çalışmada da sayı uyumsuzluğunda teta gücündeki artış, çalışma belleğinde tutulan bilgilerin entegrasyonundaki zorluğu yansıttığı düşünülmektedir. Çalışmada sayı uyumsuzluğu koşulu kişi uyumsuzluğu koşulundan farklı olarak daha fazla dilbilgisel alternatif içerdiğinden (örneğin, 1a-b-c gibi), bu durum olası onarım sürecini zorlaştırabilir. Bu çoklu dilbilgisel alternatifler çalışma belleğine daha fazla yük getirerek, sayı uyumsuzluğunda teta yanıtının artmasına yol açmış olabilir.⁵

Sayı uyumsuzluğu ve dilbilgisel alternatifleri:

(1) *O şimdi süt içiyorlar.

(1a) Dilbilgisel alternatif 1: O şimdi süt içiyor.

(1b) Dilbilgisel alternatif 2: Onlar şimdi süt içiyorlar.

(1c) Dilbilgisel alternatif 3: Onlar şimdi süt içiyor.

Kişi uyumsuzluğu ve dilbilgisel alternatifleri:

(2) *O şimdi süt içiyorsun.

(2a) Dilbilgisel alternatif 1: O şimdi süt içiyor.

(2b) Dilbilgisel alternatif 2: Sen şimdi süt içiyorsun.

5. Sonuç

Bu araştırma kapsamında, Türkçede özne ile yüklem arasındaki uyum ilişkisi beyin salınım dinamikleri açısından ele alınmıştır. Bu bağlamda, kişi ve sayı özellikleri arasındaki işleme farklılıklarının zaman-frekans boyutlarında kendini gösterdiği ve bu özelliklerdeki işlemlenin delta ve teta frekans aralıklarındaki güç artışlarıyla karakterize olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, kişi özelliğinin işlenmesi ile delta yanıtı arasında, sayı özelliğinin işlenmesi ile teta yanıtı arasında bir ilişki belirlenmiştir. Bu bulgular, dil işleme süreçlerinin beyinde frekans bantları altında özgün şekillerde temsil edilebileceğini göstermektedir. Ancak gerek uyum gibi spesifik konularda hangi beyin salınımlarının hangi zaman-frekans özelliği ile karakterize olduğunun belirlenmesi gerekse farklı beyin salınımlarının dilsel işleme sürecinde ne anlama geldiğini daha iyi anlaşılması için ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynakça

- Ackema P. ve Neeleman A (2019). Processing Differences Between Person and Number: A Theoretical Interpretation. *Front. Psychol.* 10:211.
- Ackema, P. ve Neeleman, A. (2013). Subset controllers in agreement. *Morphology* 23, 291–323.
- Ackema, P., ve Neeleman, A. (2018). *Features of Person: From the Inventory of Persons to their Morphological Realization*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Arista, J., Fasquel, A. Ott, L., Brunelliere, A. (2022). Understanding same subject-verb agreement differently: ERP evidence for flexibility in processing representations involved in French subject-verb agreement. *Journal of Neurolinguistics*, 63, 1-20.

⁵ Bu çalışmadaki bulguların aksine Perez ve diğ. (2012) sayı özelliği yerine kişi özelliklerinin işlenmesi ile teta bandındaki güç artışı arasında ilişki kurmakta ve bunun, çalışma belleğinde hâlâ aktif olan bağlamsal bilgi ile işlemlemeye başlanan ve kişi kategorisi açısından uyumsuzluk içeren eylemin ilişkilendirilmesindeki güçlüğü yansıttığını belirtmektedir.

- Aygüneş, M. (2012). Türkçede uyum özelliklerinin onarım tabanlı incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Dil ve Edebiyat Dergisi*, 9 (1), 1-19.
- Aygüneş, M. (2013a). *Türkçede uyum özelliklerinin Olaya İlişkin Beyin Potansiyelleri (OIP) çerçevesinde incelenmesi*, Yayınlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi.
- Aygüneş, M. (2013b). Türkçede üçüncü kişide kişi ve sayı özelliklerinin özelliklerinin onarım tabanlı incelenmesi. *Turkish Studies*, 8(4), 255-268.
- Aygüneş, M. (2021). Person and number hierarchy in Turkish: A processing-based approach. *Dil ve Edebiyat Araştırmaları*, 24, 409-440.
- Aygüneş, M., Kaşıkçı, I., Aydın, Ö., Demiralp, T. (2021). The processing of person and number features in Turkish: An Event Related Potentials (ERP) Study. *Dilbilim Araştırmaları*, 32(1), 31-52.
- Babiloni, C., Frisoni, G., Steriade, M., Bresciani, L., Binetti, G., Del Percio, C., Geroldi, C., Miniassi, C., Nobili, F., Rodriguez, G., Zappasodi, F., Carfagna, T., Rossigni, P.M. (2006). Frontal white matter volume and delta EEG sources negatively correlate in awake subjects with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Clinical Neurophysiology* 117, 1113-1129.
- Babiloni, C., Miniussi, C., Babiloni, F., Carducci, F., Cincotti, F., Del, P.C., Sirello, G., Fracassi, C., Nobre, A.C., Rossini, P.M. (2004). Sub-second "temporal attention" modulates alpha rhythms. A high-resolution EEG study. *Brain Research. Cognitive Brain Research* 19, 259-268.
- Başar-Eroglu, C., Başar, E., Demiralp, T., Schurmann, M. (1992). P300-response: possible psychophysiological correlates in delta and theta frequency channels. *An Review International Journal Psychophysiology*, 13, 161-179.
- Bastiaansen, M. C. M., Böcker, K. B. E., ve Brunia, C. H. M. (2002). ERD as an index of anticipatory attention? Effects of stimulus degradation. *Psychophysiology*, 39,1, 16-28.
- Bastiaansen, M. C. M., Magyari, L., ve Hagoort, P. (2010). Syntactic unification operations are reflected in oscillatory dynamics during on-line sentence comprehension. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 1333-1347.
- Bastiaansen, M. C. M., van Berkum, J. J. A., ve Hagoort, P. (2002b). Syntactic processing modulates the theta rhythm of the human EEG. *Neuroimage*, 17,3, 1479-1492.
- Bastiaansen, M. C. M., ve Brunia, C. H. M. (2001). Anticipatory attention: An event-related desynchronization approach. *International Journal of Psychophysiology*, 43, 91-107.
- Bastiaansen, M. C., Oostenveld, R., Jensen, O., ve Hagoort, P. (2008). I see what you mean: Theta power increases are involved in the retrieval of lexical semantic information. *Brain and Language*, 106, 15-28.
- Bastiaansen, M. C., van Berkum, J. J., ve Hagoort, P. (2002a). Syntactic processing modulates the theta rhythm of the human EEG. *Neuroimage*, 17,3, 1479-1492.
- Bastiaansen, M., Hagoort, P. (2006). *Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension*, içinde: C. Neuper, W. Klimesch (Yay.), Event-Related Dynamics of Brain Oscillations. Progress in Brain Research, 159, Elsevier, Amsterdam, ss. 179-196.
- Bastiaansen, M.C., van der Linden, M., Ter Keurs, M., Dijkstra, T., Hagoort, P., (2005). Theta responses are involved in lexical-semantic retrieval during language processing. *Journal of Cognitive Neuroscience* 17, 530-541.
- Brunia, C.H., (1993). Waiting in readiness: gating in attention and motor preparation. *Psychophysiology* 30, 327-339.
- C.S. Herrmann, Demiralp, T. (2005). Human EEG gamma oscillations in neuropsychiatric disorders, *Clinical Neurophysiology*. 116,2719-2733.
- Carminati, M.N. (2005). Processing reflexes of hierarchy (person>number>gender) and implications for linguistic theory. *Lingua*,115, 259-285.

- Carrus, E., Koelsch, S., Bhattacharya, J. (2011). Shadows of music language interaction on low frequency brain oscillatory patterns. *Brain ve Language* 119, 50–57
- Chomsky, Noam, (1995). *The Minimalist Program*. MIT Press.
- Davidson, D. J., ve Indefrey, P. (2007). An inverse relation between event-related and time-frequency violation responses in sentence processing. *Brain Research*, 1158, 81–92.
- De Jongh, A., de Munck, J., Baayen, J., Jonkman, E., Heethaar, R., van Dijk, B., (2001). The localization of spontaneous brain activity: first results in patients with cerebral tumors. *Clinical Neurophysiology* 112, 378–385.
- E. Basar, C. Basar-Eroglu, S. Karakas, M. Schurmann. (2001). Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes, *International Journal of Psychophysiology*, 39, 241–248.
- Ergen, M. (2008). *Olaya İlişkin Beyin Potansiyellerinin (OİP) tek EEG dilimlerinde analizi*. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Fernandez, T., Harmony, T., Rodriguez, M., Reyes, A., Marosi, E. and Bernal, J. (1993). Test-retest reliability of EEG spectra1 parameters during cognitive tasks. I. Absolute and relative power. *International Journal of Neuroscience*, 68, 255-261.
- Foxe, J.J., Simpson, G.V., Ahlfors, S.P., (1998). Parieto-occipital approximately 10 Hz activity reflects anticipatory state of visual attention mechanisms. *Neuroreport* 9, 3929-3933.
- Hagoort, P., (2003). Interplay between syntax and semantics during sentence comprehension: ERP effects of combining syntactic and semantic violations. *Journal of Cognitive Neuroscience* 15, 883-899.
- Hagoort, P., (2005). On Broca, brain, and binding: a new framework. *Trends in Cognitive Sciences* 9, 416-423.
- Hald, L.A., Bastiaansen, M.C., Hagoort, P., (2006). EEG theta and gamma responses to semantic violations in online sentence processing. *Brain and Language*, 96, 90–105.
- Harmony, T., Fernandez, T.F., Silva, J., (1996). EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 161–171.
- 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, 1395–1399.
- Klimesch, W. (1994). *The structure of long-term memory: A connectivity model for semantic processing*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Klimesch, W. (1996). Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 61-100.
- Klimesch, W., (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews* 29, 169–195.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Pachinger, T., Ripper, B., (1997a). Brain oscillations and human memory: EEG correlates in the upper alpha and theta band. *Neuroscience Letters*, 238, 9-12.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Pachinger, T., Russegger, H., (1997b). Event-related desynchronization in the alpha band and the processing of semantic information. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 6, 83-94.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Pachinger, T., Russegger, H., ve Schwaiger, J. (1998). Functional correlates of alpha desynchronization [Special Issue]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 116.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Russegger, H., Pachinger, T., ve Schwaiger, J. (1998). Induced alpha band power changes in the human EEG and attention. *Neuroscience Letters*, 244, 73-76.
- Klimesch, W., Pfurtscheller, G. and Schimke, H. (1992). Pre- and poststimulus processes in category judgement tasks as measured by event-related desynchronization (ERD). *Journal of Psychophysiology*, 6, 186–203.

- Krause, C. M., Sillanmaki, L., Koivisto, M., Saarela, C., Haggovist, A., Laine, M., ve diğ. (2000). The effects of memory load on event-related EEG desynchronization and synchronization. *Clinical Neurophysiology*, 111, 2071–2078.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203–205.
- Lakatos, P., Karmos, G., Mehta, A.D., Ulbert, I., Schroeder, C.E., (2008). Entrainment of neuronal oscillations as a mechanism of attentional selection. *Science* 320, 110.
- Lopes da Silva, F.H., (1991). Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 79, 81-93.
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT press.
- Mancini, S., Molinaro, N., Rizzi, L. ve Carreiras, M. (2011). A person is not a number: Discourse involvement in subject-verb agreement computation. *Brain Research*, 1410, 64-76.
- Mancini, S., Postiglione, F., Laudanna, A. Ve Rizzi, L. (2014). On the person-number distinction: Subject-verb agreement processing in Italian. *Lingua*, 146, 28-38.
- Mancini, S., Quiñones, I., Molinaro, N., Hernandez-Cabrera, J. A., and Carreiras, M. (2017). Disentangling meaning in the brain: left temporal involvement in agreement processing. *Cortex* 86, 140–155
- Nevins, A. (2011). Multiple agree with clitics: Person complementarity vs. omnivorous number, *Natural Language ve Linguistic Theory*, 29, p. 939-971.
- Nevins, A., Dillon, B., Malhotra, S., ve Phillips, C. (2007). The role of feature number and feature-type in processing Hindi verb agreement violations. *Brain Research*, 1164, 81-94.
- Penolazzi, B., Spironelli, C., Angrilli, A. (2008). Delta EEG activity as a marker of dys- functional linguistic processing in developmental dyslexia. *Psychophysiology* 45, 1025–1033.
- Perez, A., Molinaro, N, Mancini, S., Barraza, P., Carreiras, M. (2012). Oscillatory dynamics related to the Unagreement pattern in Spanish. *Neuropsychologia* 50, 2584–2597.
- Roehm, D., Schlesewsky, M., Bornkessel, I., Frisch, S., ve Haider, H. (2004). Fractionating language comprehension via frequency characteristics of the human EEG. *NeuroReport*, 15,3, 409–412.
- Rohm, D., Klimesch, W., Haider, H., Doppelmayr, M. (2001). The role of theta and alpha oscillations for language comprehension in the human electroencephalogram. *Neuroscience Letters*, 310, 137-140.
- Schroeder, C.E., Lakatos, P. (2009). Low-frequency neuronal oscillations as instruments of sensory selection. *Trends in Neurosciences*, 32, 9–18.
- Sigurdsson, H.A. (2004). The Syntax of Person, Tense and Speech Features. *Italian Journal of Linguistics* 16, 219-251.
- Silva-Pereyra, J. F. ve Carreiras, M. (2007). An ERP study of agreement features in Spanish. *Brain Research*, 1185, 201-211.
- Spironelli, C., Angrilli, A. (2009b). EEG delta band as a marker of brain damage in aphasic patients after recovery of language. *Neuropsychologia* 47, 988–994.
- Steriade, M. (2000). *Brain electrical activity and sensory processing during waking and sleeping*. içinde: Kryger, M.H., Roth, T., Dement, W.C. (Yay.), Sleep Medicine. Saunders Company, Philadelphia, ss. 93–111.
- Steriade, M., Gloor, P., Llinás, R., Lopes da Silva, F.H., Mesulam, M. (1990). Basic mechanism of cerebral rhythm activities. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 76, 481-508.
- Steriade, M., Gloor, P., Llinás, R., Lopes da Silva, F.H., Mesulam, M. (1990). Basic mechanism of cerebral rhythm activities. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 76, 481-508.

- T. Demiralp, A. Ademoglu, M. Schurmann, C. Basar-Eroglu, E. Basar (1999). Detection of P300 waves in single trials by the wavelet transform (WT), *Brain and Language*, 66, 108-128.
- T. Demiralp, J. Yordanova, V. Kolev, A. Ademoglu, M. Devrim, V.J. Samar (1999). Time- frequency analysis of single-sweep event-related potentials by means of fast wavelet transform, *Brain and Language*, 66, 129-145.
- Tanaka, A., Kimura, M., Yoshinaga, S., Tomonaga, M., Mizoguchi, T. (1998). Quantitative electroencephalographic correlates of cerebral blood flow in patients with chronic subdural hematomas. *Surgical Neurology* 50, 235-240.
- The International Federation of Societies for Electroencephalography ve Clinical Neurophysiology (IFSECN), (1974).
- Vieth, J., Kober, H., Ganslandt, O., Möller, M., Kamada, K., (2001). *The clinical use of MEG activity associated with brain lesions*. İçinde: Nenonen, J., Ilmoniemi, R., Katila, T. (Yay.), Biomag 2000. Helsinki University of Technology, Espoo, ss. 387-394.
- Ward, L. M. (2003). Synchronous neural oscillations and cognitive processes. *Trends in Cognitive Sciences*, 7,12, 553-559.
- Weiss, S., Berghoff, C., Rappelsberger, P., ve Mueller, H. M. (2001a). *Elektrophysiologische Hinweise zur Kategorisierung von Verben*. Proceedings of the 1. Jahrestagung der Gesellschaft fuer Aphasieforschung und Behandlung: Bielefeld, s. 64.
- Weiss, S., Mueller, H. M., King, J. W., Kutas, M., ve Rappelsberger, P. (2001b). EEG- coherence analysis of naturally spoken English relative clauses. *Brain Topography* 13, 317.
- Weiss, S., Rappelsberger, P. (1996). EEG coherence within the 13-18 Hz band as a correlate of a distinct lexical organization of concrete and abstract nouns in humans, *Neuroscience Letters*, 209,1,17-20.
- Weiss, S., ve Mueller, H. M. (2003). The contribution of EEG coherence to the investigation of language. *Brain and Language* 85, 325-343.
- Wienbruch, C., Moratti, S., Elbert, T., Vogel, U., Fehr, T., Kissler, J., Schiller, A., Rockstroh, B. (2003). Source distribution of neuromagnetic slow wave activity in schizophrenic and depressive patients. *Clinical Neurophysiology* 114, 2052-2060.
- Will, U., Berg, E. (2007). Brain wave synchronization and entrainment to periodic acoustic stimuli. *Neuroscience Letters*, 424, 55-60.
- Worden, M.S., Foxe, J.J., Wang, N., Simpson, G.V. (2000). Anticipatory biasing of visuospatial attention indexed by retinotopically specific alpha-band electroencephalography increases over occipital cortex. *Journal of Neuroscience*, 20, 1-6.
- Zawiszewski, A. ve Friederici, A.D. (2009). Processing canonical and non-canonical sentences in Basque: the case of object-verb agreement as revealed by event-related brain potentials. *Brain Research*, 1284, 161-179.
- Zawiszewski, A., Santesteban, M. ve Laka, I. (2016). Phi-features reloaded: An ERP study on person and number agreement processing. *Applied Psycholinguistics*, 37(3), 601- 626.