

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Sağlıklı Genç Yetişkinlerde Bağlanma Güvenliği ve Çalışma Belleği Görevi Sırasında İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopi ile Ölçülen Kortikal Aktivite

Attachment Security and Cortical Activity Measured by Functional Near-Infrared Spectroscopy During a Working Memory Task in Healthy Young Adults

Adnan KUŞMAN², Yağmur KIR³, Nilay SEDES BASKAK⁴, Damla SAYAR AKASLAN⁵, Büşra YALÇINKAYA¹, Eylem Gökçe CENGİZ⁶, Işık Batuhan ÇAKMAK⁷, Müge ULUSOY ALTINOKLU¹, Müge ARTAR⁸, Bora BASKAK^{1,9}

¹Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Psikiyatri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Bulanık Devlet Hastanesi, Psikiyatri Kliniği, Muş, Türkiye

³Bursa Acıbadem Hastanesi, Psikiyatri Kliniği, Bursa, Türkiye

⁴Ankara Üniversitesi, Beyin Araştırmaları Merkezi, Ankara, Türkiye

⁵Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Psikiyatri Kliniği, Ankara, Türkiye

⁶Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Ankara, Türkiye

⁷Sungurlu Devlet Hastanesi, Psikiyatri Kliniği, Çorum, Türkiye

⁸Kapadokya Üniversitesi, Beşeri Bilimler Fakültesi, Psikoloji Bölümü, Nevşehir, Türkiye

⁹Nörobilim ve Nöroteknoloji Mükemmeliyet Merkezi, Ankara, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bağlanma biçemi, sosyo-emosyonel sonuçlarla ilişkilendirilmiştir. Ancak az sayıda kanıt yürütücü işlevlerle olası bir ilişki olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde bağlanma biçiminin çalışma belleği ile öğrenme ilişkisine aracılık ettiğini gösteren çalışmalar da az sayıdadır. Bu çalışmada bağlanma biçiminin çalışma belleği performansını ve kortikal aktivite paternini etkilediği varsayılmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada güvenli ve güvensiz bağlanan birinci yıl üniversite öğrencilerinin (N=49) çalışma belleği performansları üç farklı n-geri görevi ile ölçülmüş ve üç farklı n-geri görevi boyunca işlevsel yakın-kızılötesi spektroskopisi ile kaydedilen kortikal aktiviteleri karşılaştırılmıştır. Bağlanma biçemi, İlişki Ölçekleri Anketi ile dört kategoride ölçülmüştür.

Bulgular: Çalışma belleği performansı her iki grupta benzer bulunmuştur. Çalışma belleğinin kortikal temsilinin iki grup arasında farklılık sergilediği gözlenmiştir. Güvenli bağlanan grup, tüm n-geri koşulları sırasında sağ-

superior frontal ve superior-medial frontal kortekste ayrıca iki-geri ve üç-geri koşulları sırasında sağ-superior frontal kortekste daha yüksek aktivite göstermiştir. Güvensiz bağlanan grup sadece üç-geri koşulunda bilateral suplementer motor alan ve sol-premotor alanda daha yüksek aktivite göstermiştir.

Sonuç: Bu sonuçlar bağlanma biçiminin çalışma belleğinin kortikal temsilini etkiliyor olabileceğine işaret etmektedir. İki grup arasındaki farklı aktivite haritalarının, benzer bir çalışma belleği performansı elde etmek için kullanılan farklı bilişsel stratejilerle ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Sonuçlar her bağlanma biçiminin bağlanma ile ilişkili ve ilişkisiz nörobilişsel görevleri başarmak için farklı bir stratejisi olabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Anahtar Sözcükler: Bağlanma biçemi, biliş, çalışma belleği, işlevsel yakın-kızılötesi spektroskopi, motor korteks, yürütücü işlevler

ABSTRACT

Introduction: Attachment style has been associated with socio-emotional outcomes, however little evidence suggests a possible association with executive functioning. Few studies have demonstrated that attachment style mediates working memory and learning relationships. We hypothesized that attachment style affects performance and cortical activity patterns of working memory.

Methods: We compared working memory performance and cortical activity in securely and insecurely attached first-year college students (N=49) using three n-back task conditions. Cortical activity was recorded by functional near-infrared spectroscopy during these three conditions of the n-back task. Attachment style was assessed using the Relationship Scale Questionnaire, categorized into four groups.

Results: Both study groups showed similar working memory performance. The cortical representation of working memory was different between the two groups. The securely attached group demonstrated higher

activity in the right superior frontal and superior-medial frontal areas across all n-back conditions as well as in the right superior frontal cortex during the two-back and three-back conditions. The insecurely attached group displayed higher activity in the bilateral supplementary motor area and the left premotor area only during the three-back condition.

Conclusion: These findings emphasize the potential influence of attachment style on the cortical representation of working memory. Different activity maps between the two groups may reflect varying cognitive strategies employed to achieve a comparable working memory performance. Moreover, these results suggest that each style may have a distinct strategy to achieve attachment-relevant and irrelevant neurocognitive tasks.

Keywords: Attachment style, cognition, executive function, functional near-infrared spectroscopy, motor cortex, working memory

Cite this article as: Kuşman A, Kır Y, Sedes Baskak N, Akaslan Sayar D, Yalçinkaya B, Cengiz EG ve ark. Sağlıklı Genç Yetişkinlerde Bağlanma Güvenliği ve Çalışma Belleği Görevi Sırasında İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopi ile Ölçülen Kortikal Aktivite. Arch Neuropsychiatry 2023;60:214–222.

Öne Çıkan Noktalar

- Bağlanma biçemi farklı bireylerin çalışma belleği (ÇB) performansı benzer bulunmuştur.
- Bağlanma biçemi, ÇB görevinde kullanılan bilişsel mekanizmaları etkiliyor olabilir.
- Bağlanma biçemi kortikal aktivite açısından ÇB temsilleriyle ilişkilendirilebilir.
- Bağlanma biçemi sosyo-emosyonel alanın ötesinde bilişsel devreleri etkileyebilir.

GİRİŞ

Bebek - bakım veren arasındaki erken deneyimler, bağlanmanın içsel çalışma modelleri (İÇM) olarak adlandırılan zihinsel temsilleri oluşturmaktadır. Çalışma modelleri epizodik anılar, inançlar, hedefler ve planlar dâhil olmak üzere çeşitli unsurlardan meydana gelir. Bununla birlikte yürütücü işlevler (Yİ) de bağlanma biçemiyle ilişkili olabilir. Yürütücü işlevler, dikkatin esnek kontrolünü, çalışma belleği aracılığıyla mevcut bilginin işlenebilir olarak tutulmasını ve engelleyici kontrolü sürdürme becerisini kapsar. Yürütücü işlevlerin bu üç becerisi, çocukların ve yetişkinlerin her türlü günlük yaşam hedefine ulaşabilmeleri için gereken temel yetileri oluşturur (1). Zimmerman ve ark. (2015) problem çözme, bilgi işleme, karar verme, sosyal değerlendirme, algı, örüntü tanıma, dikkat, bellek ve bilişsel kontrolün bağlanma ile ilişkili alt süreçleri içerdiğini öne sürmüştür (2). Del Villano ve ark. (2014) öğrenme süreçlerinin çalışma belleği ile yakından ilişkili olduğunu ve bu süreçlere bağlanma biçiminin aracılık ettiğini göstermiştir (3). Mares ve ark. (2020), erken yaşam dönemine ait ilişkilerin nöro-biyolojik gelişimi şekillendirdiğini, sosyal ve psikolojik işleyişi, yürütücü işlevleri, bilgi işlemeyi, dil ve bilişsel becerilerin gelişimini etkilediğini belirtmiştir (4). Blair ve ark. (2018), bağlanma-gelişimsel-bilişsel (BGB) model ile psikotik benzeri yaşantılar (PBY) ilişkisini araştırmak için çalışma belleği, planlama, materyallerin düzenlenmesi, görev tamamlama, davranışsal engelleme, kurulumu değiştirme, duygusal düzenleme ve izleme becerilerini kullanmıştır. Elde ettikleri sonuçlar, yüksek güvensiz bağlanma ve yürütücü işlev kusurlarının PBY ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermiştir. Ancak özel olarak herhangi bir yürütücü işlevin PB ile ilişkisini incelemediklerinin altını çizmişlerdir (5). Menon ve ark. (2020), yürütücü işlevler ve bağlanmanın yaşamın erken dönemlerinde gelişen birbirine bağlı sistemler olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, yürütücü işlevleri (çalışma belleği, bilişsel esneklik ve engelleyici kontrol) güvenli, kaçınan ve dezorganize bağlanan gruplar olmak üzere üç grupta araştırmışlar. Sonuçlar, güvenli ve kaçınan bağlanan çocukların yürütücü işlevleri arasında benzerlikler göstermiştir. Güvensiz bağlanan alt tipler arasında yürütücü işlev performans farklılıkları ise minimal olarak bulunmuştur (6).

Orta çocukluk ve yetişkinlikte bağlanma ve yürütücü işlevlere ilişkin yayımlanmış deneysel araştırmalar nispeten azdır. Önemli bir husus, yukarıda belirtildiği gibi, araştırmalarda genellikle bağlanma ile ilişkili bir dizi yürütücü işlevin bir arada kullanılmış olmasıdır. Bu yöntem bize yorumlanması zor ve kısır sonuçlar verebilmektedir. Çalışma belleği ile ilgili yürütülen çalışmalarda, nörogelişimsel bozukluğu olan ya da belirli bir tanı olmaksızın çalışma belleği güçlükleri gösteren çocuklarda atipik gelişim örüntülerinin analizine olanak sağladığı ifade edilmiştir (7). İÇM'nin benlik ve önemli diğer kişilerle olan ilişkilerin veya duygusal deneyimlerin temsilleri olduğunu düşünürsek, duygusal bilgileri işlemleyen, kodlayan, depolayan, yeni koşullar karşısında gerektiğinde geçmiş bilgileri geri çağırın ve manipüle eden sistem olarak çalışma belleği dikkat çekmektedir. Mevcut literatür ve bilgiler ışığında, belirli bir

yürütücü işlevin -çalışma belleğinin-bağlanma ile ilişkisini araştırmak akla yatkın görünmektedir.

Prefrontal korteks (PFK), yürütücü işlevler için temel kortikal bölgedir. Yürütücü işlevlerin gelişimine benzer şekilde, PFK, ergenlik döneminin ötesine uzanan uzun bir doğum sonrası olgunlaşma gösterir. PFK'nin bu yavaş farklılaşması, çevresel etkilere duyarlı olabilen uzun bir plastisite süresi sağlamaktadır (8).

Fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopi (fNIRS), oksijenize hemoglobin (oksi-Hb) seviyelerindeki geçici değişiklikleri tespit ederek insan beyin kortikal aktivitesini ölçen yeni bir beyin görüntüleme uygulamasıdır. Hareket artefaktlarına karşı fNIRS duyarlılığı nispeten düşüktür ve beyin aktivitesi, özellikle psikolojik deneylerde daha yüksek temsili bir tasarıma izin veren, fiziksel kısıtlama olmadan, doğal bir oturma pozisyonunda ölçüm yapılmasına olanak tanır. Ayrıca fNIRS yönteminin, n-geri paradigması olan çalışma belleği görevi boyunca kortikal aktiviteyi güvenilir bir şekilde ölçebildiği gösterilmiştir (9).

Bu çalışmada bağlanma güvenliği ile yürütücü işlevler arasında öne sürülen ilişkinin yanı sıra yürütücü işlevler ve PFK'nin paralel gelişimi göz önünde bulundurularak, sağlıklı genç yetişkinlerde bir yürütücü işlev görevi sırasında, özellikle çalışma belleği ve bağlanma güvenliği açısından, yürütücü işlevler arasında daha önce bildirilen ilişkinin biyolojik olarak PFK aktivitesi açısından temsil edilip edilmediğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, sağlıklı genç yetişkinlerde çalışma belleği performansının ve PFK aktivitesinin, çalışma belleği görevinde güvenli ve güvensiz bağlanma biçimine göre farklılık göstereceği yönünde varsayımında bulunulmuştur.

YÖNTEM

Örneklem

Katılımcılar üniversite birinci ve ikinci sınıf öğrencilerinden oluşmuştur. Mayıs 2016'da tüm birinci sınıf öğrencilerine çalışma prosedürü hakkında bilgi verilmiştir. Dört yüz doksan dört birinci sınıf öğrencisinden 71'i çalışmaya katılmayı kabul etmiştir. Katılımcıların %67,3'ü (N=33) kadınlardan oluşmaktaydı. Yaş ortalaması 19±1,6 idi. Hâlihazırda psikiyatrik tanısı olan, ruhsal bozukluk öyküsü olan, psikotrop ilaç kullanan, nörolojik hastalığı olan, başka bir kronik genel tıbbi durumu olan, 30 dakikadan fazla bilinç kaybıyla sonuçlanan kafa travması olan, alkol ve madde kullanımı olanlar (N=22) çalışma dışı bırakılmıştır. Nörogörüntüleme verilerinin edinilmesinin Nisan 2017'ye kadar uzaması nedeniyle dokuz denek kayıt sırasında ikinci dönem olarak derecelendirilmiştir. Tüm katılımcılar tarafından yazılı bilgilendirilmiş onam formu imzalanmıştır. Öğrencilere araştırmaya katılmaları için ekstra kredi sözü verilmemiş ve çalışmaya katılmayı reddetmelerinin hiçbir sonucu olmayacağı ifade edilmiştir. Etik Kurul tüm çalışma prosedürlerini 24 Mart 2016 tarihinde onaylanmıştır (Ankara Üniversitesi Etik Kurul Onay no: 03-24-2016/08/108).

Materyal

Bağlanma Biçiminin Değerlendirilmesi

Yetişkin bağlanma biçimlerinin ölçüm teknikleri arasında önemli farklılıklar bulunmakta ve hali hazırda standart bir yaklaşım yoktur. Bununla birlikte, İlişki Ölçekleri Anketi'nin (İÖA), bireylerin zihinsel süreçlerinin ve yakın ilişkilerdeki davranışlarının temel yönlerini ortaya çıkarabileceği vurgulanmıştır. İÖA otuz maddeden oluşmakta ve katılımcıların bağlanma biçimlerini değerlendirmek için her madde yedi puanlık bir ölçekte ("bana hiç benzemiyor"dan "bana çok benziyor"a kadar) derecelendirilmektedir. Anketin güvenli, kaçınan, saplantılı ve korkulu bağlanma biçimlerini ayırt etmede yetkin olduğu gösterilmiştir (10). İÖA'nın güvenilirliği ve geçerliliği Türk ve Amerika Birleşik Devletleri örnekleriyle karşılaştırılarak bir dizi

çalışmayla test edilmiştir. Bu çalışmalar, Türk öğrencilerin dört bağlanma stilini yeterince tanımlayabildiklerini göstermiştir. Ayrıca sonuçlar, dört bağlanma stilinin, bağlanmanın altında yatan iki boyuta göre (benlik ve diğerleri modeli) düzenlendiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle genç Türk erişkinlerde bağlanma biçimlerini değerlendirmek amacıyla İÖA'nın geçerli ve güvenilir bir araç olduğu belirtilmiştir (11). Buna dayanarak bu çalışmada katılımcıların bağlanma biçimlerini değerlendirmek için İÖA kullanılmıştır. Her bağlanma kategorisini belirlemek için Griffin ve Bartholomew'in orijinal ölçeğinin (Relationship Scale Questionnaire) Türkçe versiyonunun orijinal ölçekle aynı maddeleri kullanılmıştır.

n-geri Paradigması

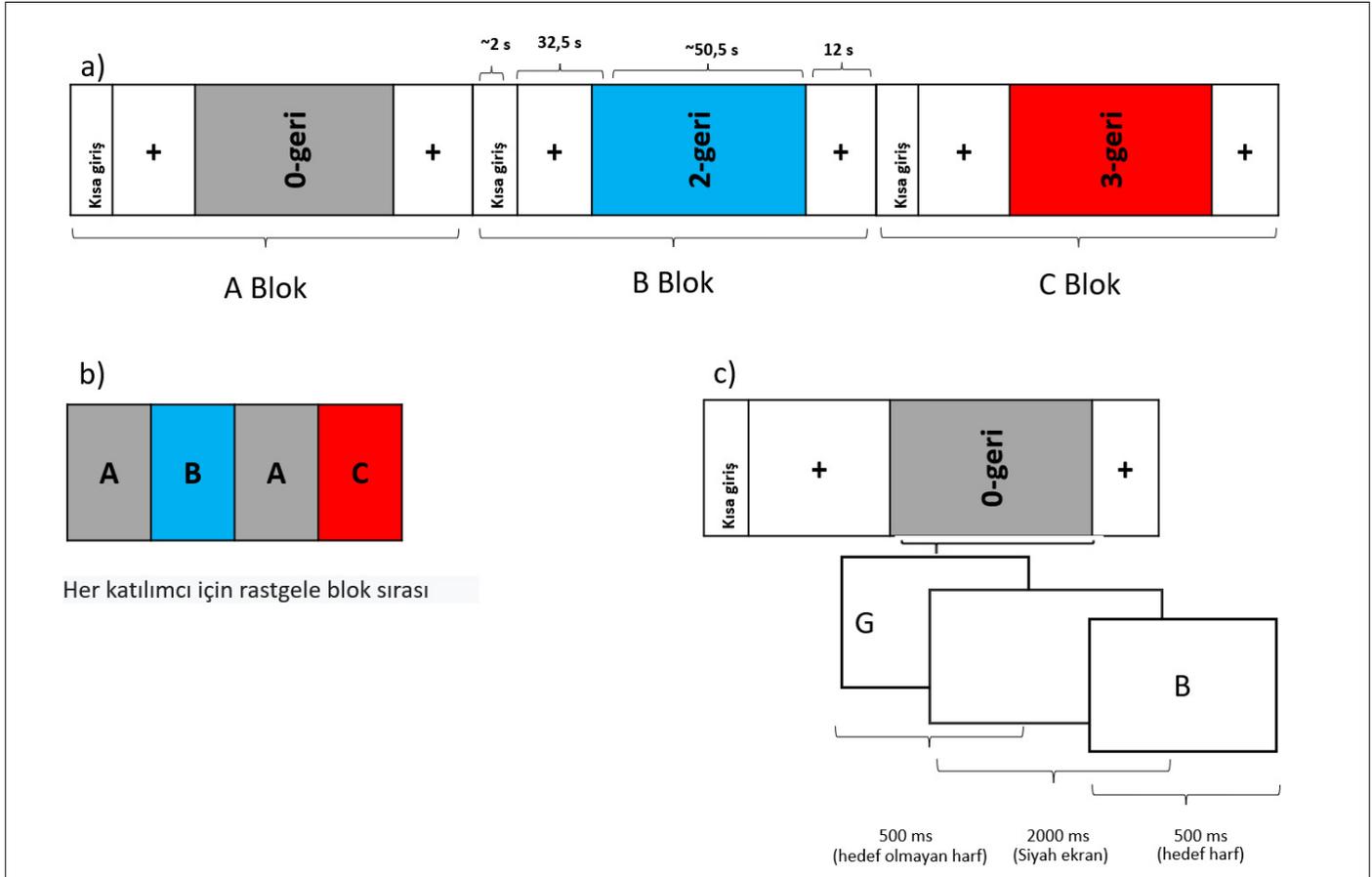
n-geri paradigması, değişen görev yüklerine sahip bir çalışma belleği görevidir. n-geri paradigması, nörogörüntüleme çalışmalarında sıklıkla kullanılmıştır. Çalışmalar, rostral PFK, dorsolateral PFK, orta ve ventrolateral PFK, posterior parietal, premotor ve dorsal singulat kortekslerin n-geri paradigması sırasında tutarlı aktivasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, PFK'nin alt alanlarının çalışma belleğindeki işlevsel rolü tartışmalıdır. Ek olarak, ön insula, öznel duygu durumlarını, bilişsel işlevleri desteklemede ve belirgin bilgileri işlemede önemli bir bölgedir. Ayrıca, prefrontal aktivitenin, n-geri görevleri sırasında atanan işin zorluğuna duyarlı olduğu ifade edilmiştir (12).

Nörogörüntüleme Görevi

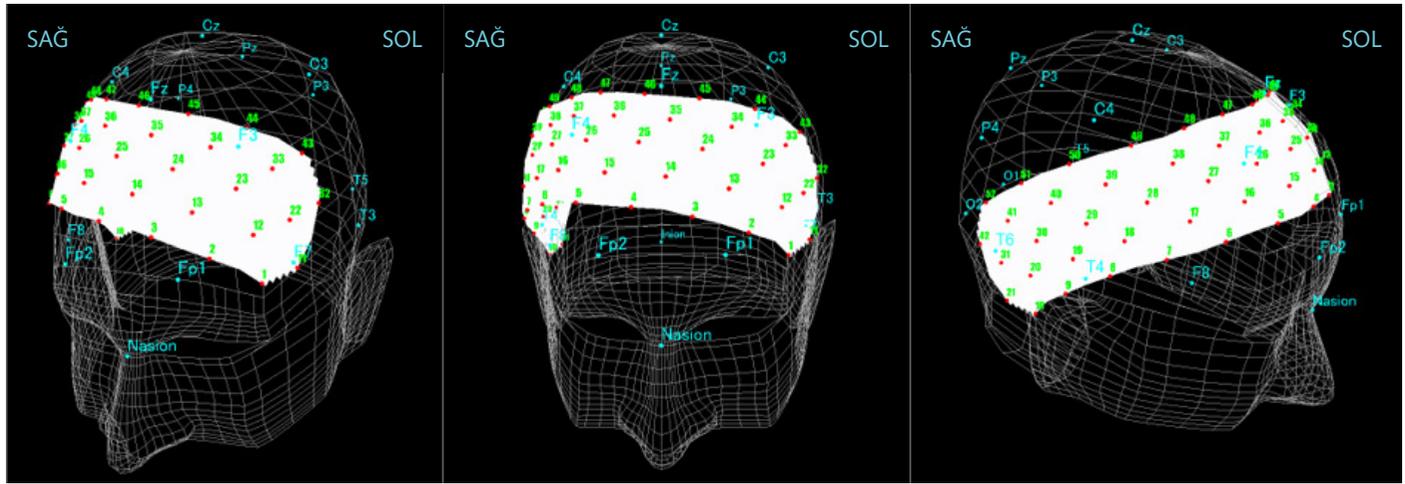
n-geri görevi, aktivasyon paradigması olarak uygulanan sıfır-geri, iki-geri ve üç-geri koşullarından oluşturulmuştur. Her bir görev bloğu için, öncesinde (32,5 saniye) ve sonrasında (12 saniye) temel görev (kontrol) blokları yerleştirilmiştir (Şekil 1a). Bu kontrol blokları sırasında deneklere ekranın ortasında bir "+" işareti gösterilmiştir. İşaret sözcükleri (sıfır/iki/üç geri) ekranın üst kısmında sunulmuş ve n-geri görev koşulunun sunulduğu

katılımcıyı aydınlatmak için her koşuldan önce iki saniye süresince işaret sözcükleri aynı konumda kalmıştır. Katılımcılar deneyden önce dört uygulama denemesi gerçekleştirmişlerdir: sıfır-geri görevi için iki deneme (A bloğu), iki-geri görevi için bir deneme (B bloğu) ve üç-geri görevi için bir deneme (C bloğu). A, B ve C bloklarının sırası rastgele sunulmuştur (Şekil 1b). Her n-geri bloğu, 6 hedef ve 14 hedef olmayan harften oluşturulmuştur. Dolayısıyla, hedefler/tüm harfler ve hedef olmayanlar/tüm harfler oranları sırasıyla 0,3 ve 0,7 olarak belirlenmiştir. Harfler (C, D, F, G, H, J, K ve B) monitörde 500 ms süreyle belirdikten sonra uyarılar arası aralık 2000 ms olarak ayarlanmıştır (Şekil 1c). Deneklerden görev sırasında 19 inç monitörden 55 cm uzakta oturmuş, ekranın ortasında bir hedef harf görüntülediğinde boşluk (*space*) düğmesine basmaları, baskın el ile klavye kullanmaları ve hedef olmayan harf görüntüleniyorsa yanıtı atlamaları beklenmiştir. Tüm harfler için kullanılan harf stili ve yazı tipi boyutu sırasıyla Palatino Linotype ve 30 olarak belirlenmiştir. Sıfır-geri görevinde hedef "B" harfi olarak belirlenmiştir; ancak, iki-geri ve üç-geri görevlerinde hedef harf, n-geri kuralına uyan herhangi bir harf olacak şekilde değişmekteydi. Hedef ve hedef olmayan harflerin zamansal sırası her katılımcı için rastgele değiştirilmiştir. Bu çalışmada biz n-geri görevinin iki davranışsal sonucuna, yani i) isabet oranı ve ii) d-prime puanlarına odaklandık. D-prime puanları Excel (Microsoft Office, 2016) kullanılarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır: İsalet Oranı = Gerçek Pozitif / (Gerçek Pozitif + Yanlış Negatif); Yanlış Alarm Oranı= Yanlış Pozitif / (Yanlış Pozitif + Gerçek Negatif); z (İsalet Oranı) = NORM.S.INV (İsalet Oranı); z (Yanlış Alarm Oranı) = NORM.S.INV (Yanlış Alarm Oranı); $d' = z (\text{İsalet Oranı}) - z (\text{Yanlış Alarm Oranı})$.

Bu nedenle, yukarıda verilen formüller, hesaplanan d-prime puanının doğru-pozitif, yanlış-negatif, gerçek-negatif (doğru ret) ve yanlış-pozitif (yanlış alarm) puanlarının ürünü olduğunu göstermektedir. Buna göre



Şekil 1. Aktivasyon paradigması olarak n-geri görevi.



Şekil 2. Uluslararası 10-20 elektroensefalografi sistemine göre ölçüm kanallarının kafa derisi üzerindeki konumu.

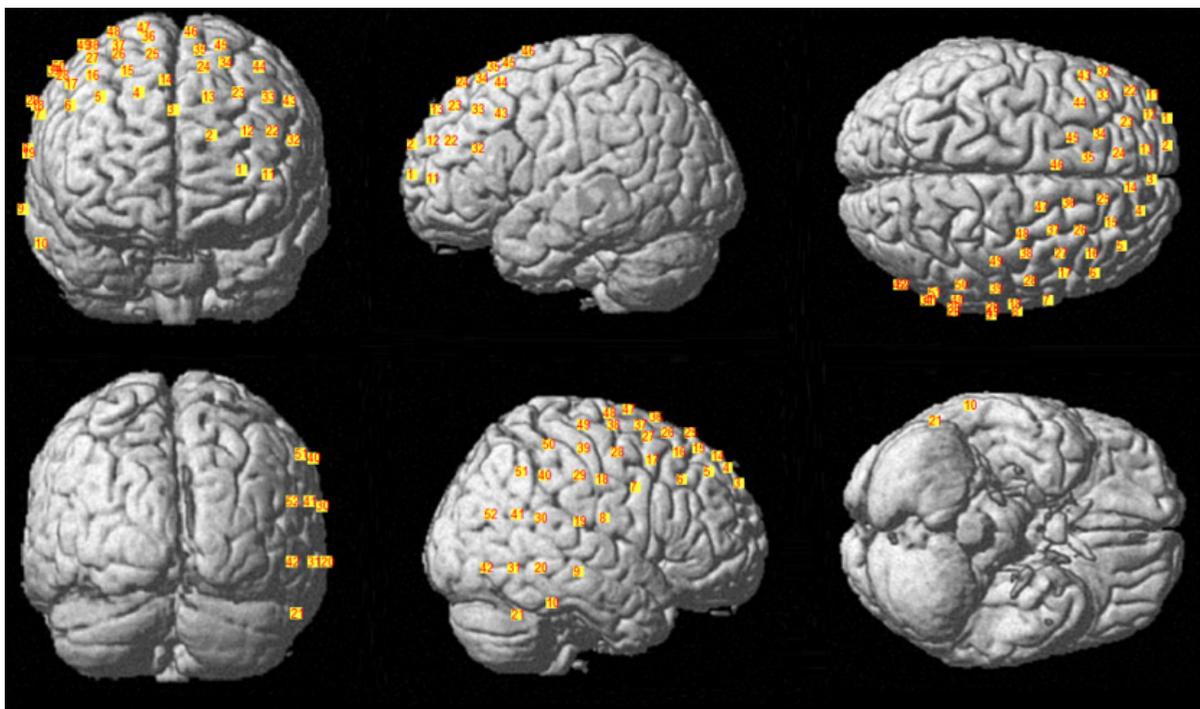
d-prime puanları, bir sinyalin gürültüden nasıl ayırt edilebileceğini gösteren duyarlılık indeksi olarak kabul edilebilir (13).

İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopi

n-geri paradigması boyunca tüm kortikal aktivite ölçümleri için 52 kanallı fNIRS cihazı (ETG-4000; Hitachi Medical Co., Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. fNIRS kesin kortikal aktivite seviyelerini ölçmez; bunun yerine, iki dalga boyu kızılötesi ışık (695 ve 830 nm) gönderen ve toplayan kaynak/dedektör çiftleri aracılığıyla oksijenize (Δ oksi-Hb) ve deoksijenize hemoglobinin (Δ deoksi-Hb) göreceli değişikliklerini ölçmektedir. Işık verilerinin zayıflaması, Beer-Lambert yasasına göre hemoglobin konsantrasyonlarına dönüştürülür. Böylece fNIRS, beyinde önde gelen yakın kızılötesi emici tür olan serebral hemoglobin konsantrasyonundaki (mMmm olarak) değişikliklerin invaziv olmayan bir şekilde izlenmesini sağlamaktadır. Kaynak/dedektör çiftleri 3,0 cm mesafeye ayarlanmıştır; böylece kanallar bu çiftler arasındaki alan olarak tanımlanmıştır. Optodlar arasındaki 3 cm'lik mesafe, kortikal yüzeye karşılık gelen kafa derisinden 2-3 cm derinlikteki Δ oksi-Hb ve Δ deoksi-Hb miktarını ölçmeyi mümkün

kılmaktadır. Bunu başarmak için optodlar katılımcıların kafa derisine 3×11 prob tutucu ile sabitlenmiştir. Buna göre, Kanal 11, sol F7'nin üzerine gelecek şekilde ayarlanmıştır. Sağdaki T4 ise Kanal 8 ve 9 arasındaki orta noktaya konumlandırılmıştır. Şekil 2, elektroensefalogramın uluslararası 10-20 sistemi ile uyumlu olarak kafa derisine yerleştirilmiş fNIRS kanallarının konumlarını göstermektedir.

Korteks üzerindeki kanal projeksiyonlarını görselleştirmek için, 3×11 prob tutucu ile 33 optottan türetilen 52 optot kanalı, dijital olarak üç boyutlu görüntüye dönüştürülen işlenmiş korteks üzerine yansıtılmıştır (Şekil 3). Yakın kızılötesi spektroskopi SPM (Statistical Parametric Mapping) araç kutusundaki "fNIRS işlevleri" kullanarak 3D sayısallaştırıcı dosyası standart Montreal Neurological Institute (MNI) şablon korteksi ile mekânsal olarak kaydedilmiştir. Her ne kadar burada bahsedildiği gibi NIRS'nin birçok avantajı olmasına rağmen, düşük uzamsal çözünürlük ve düşük sinyal-gürültü oranı (SNR) gibi dezavantajları bulunmaktadır (9).



Şekil 3. Standart MNI korteksindeki optod kanalı projeksiyonları.

Verilerin kafa derisi yüzeyinden kaydedilmesi nedeniyle, altta yatan beyin yüzey aktivitesinin fNIRS kanallarının alan ölçümleriyle örtüşmesine, sensörlerin konumlarına, baş/beyin anatomisine ve beyin ile fNIRS problemleri arasındaki dokulara bağlıdır. Her ne kadar nörogörüntüleme cihazları, yer değiştirme/yanlış yerleşim sorunlarının üstesinden gelmek için çeşitli yazılım ve teknikler sağlasa da veri analiz süreci araştırmacılar için başka bir yanıltıcı faktör olabilir. İlgi alanı (ROI) yaklaşımının kullanılması bu sorunları azaltabilir. Şu anda kesin bir yöntem olmamakla birlikte, ilgilenilen alanları seçmek için meta-analiz gibi nicel yöntemlerin kullanılması önerilmektedir (14).

Yaple ve ark. (2019), n-geri görevini yerine getirirken sağlıklı yetişkin yaşam süresi boyunca dahil olan beyin bölgelerindeki yaşa bağlı değişiklikleri değerlendirmek için nicel bir meta-analiz çalışması yürütmüştür. Yazarlar, genç yetişkinlerde göreve bağlı 15 uyumlu beyin bölgesi aktivasyon kümesi tanımlamışlardır. Bu çalışma, PFK tutulumunun genç yetişkinler için uyumlu olduğunu, orta yaşlı yetişkinler için daha az derecede uyumlu olduğunu ve yaşlı yetişkinlerde bulunmadığını göstermiştir (15).

Bu çalışmada biz 52 ölçüm kanalı arasından Yaple ve ark. (2019) tarafından genç erişkinlerde bildirilen Brodmann alanlarıyla %50'den fazla örtüşen 11 ilgi alanı belirledik (15). Bu 11 ilgi bölgesi ve karşılık gelen Brodmann alanları (BA) ile örtüşme oranları aşağıdaki gibidir; Sol BA 6 [Kanal 46 (%97) ve Kanal 47 (%100)], Sol BA 10 [Kanal 4 (%63)], Sol BA9 [Kanal 5 (%67) ve Kanal 24 (%72)], Sağ BA6 [Kanal 48 (%100) ve Kanal 50 (%90)], Sağ BA9 [Kanal 6 (%68) ve Kanal 29 (%56)] ve sağ BA8 [Kanal 27 (%81) ve Kanal 28 (%85)].

fNIRS, bir referans hattına göre (baseline) oksihemoglobin konsantrasyonlarının göreceli değişikliklerini ölçmektedir. '+' işareti sırasındaki etkinlik, temel etkinlik olarak görev yapmaktadır. Görev öncesi temel etkinlik, görev döneminden önceki 9 s'lik bir süre boyunca ortalama olarak ve görev sonrası temel etkinlik, görev sonrası temel sürenin son 7 s'inde ortalama olarak tanımlanmıştır. Bu iki referans hattı arasındaki verilere doğrusal uyum uygulanmıştır. Görevler, her katılımcıya rastgele sunulan bir-geri, iki-geri ve üç-geri koşullarından oluşan iki tekrar içermektedir. Örneklem frekansı 10 Hz. olarak ayarlanmıştır. Sistemik arteriyel nabız salınımları (0,1 Hz) ve solunum (0,2–0,3 Hz) gibi fizyolojik aktiviteler sıklıkla kısa fNIRS sinyal dalgalanmalarıyla bağlantılıdır. Kısa vadeli hareket artefaktlarını ortadan kaldırmak ve analiz edilen verilerdeki bu tür dalgalanmaları düzeltmek için 5 s pencereci bir hareket ortalama filtresi uygulanmıştır (9).

Yirmiden fazla ardışık örnekte 0,4 mVmm'nin üzerinde sinyalde keskin bir değişiklik, ETG-4000 cihazı tarafından bir vücut hareketi artefaktı (VHA) olarak etiketlenmiştir. Sorumlu bireysel kanalları belirlemek için çalışma grubu üyelerine kör olan bir araştırmacı (AK) bu artefaktları yeniden değerlendirmiştir. Sonuç olarak, VHA'lı kanallar ileri analizlerin dışında tutulmuştur. Oksi-Hb değişiminin, bilişsel aktivasyonu deoksi-Hb'e kıyasla daha doğrudan ve daha yüksek bir sinyal/gürültü oranıyla yansıttığı

varsayılmaktadır ve oks-Hb bölgesel serebral kan akışındaki değişikliklerin en hassas göstergesi olarak ifade edilmektedir (16). Bu nedenle kortikal aktiviteyi ölçerken elde ettiğimiz Δoksi-Hb verisi kullanılmıştır.

İstatistikler

Gruplar arasındaki sosyo-demografik ve klinik veriler, veri dağılımına bağlı olarak bağımsız örneklem t-testi ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırıldı. Ayrıca güvenli ve güvensiz bağlanan gruplar iki-geri ve üç-geri koşulları boyunca doğru yanıt sayısına ve d-prime puanlarına göre Mann-Whitney U testi ile karşılaştırıldı. Her üç n-geri koşulunda 11 kanaldan elde edilen Δoksi-Hb ölçümleri 2 (Grup: Güvenli-Güvensiz) × 3 (Durum: sıfır-geri, iki-geri, üç-geri) × 11 (Kanallar) karışık varyans analizi (ANOVA) tasarımı ile analiz edildi. Katılımcılar arası bağımsız değişken grup olarak, katılımcılar içi bağımsız değişkenler ise sırasıyla koşul ve kanallar olarak belirlendi. Tip-1 hatalarının küresellik varsayımını ihlal etmesini önlemek için Greenhouse-Geisser düzeltmeleri, çoklu testlerden kaynaklanabilecek Tip-1 hatalarını önlemek için Bonferroni düzeltmeleri uygulandı. Son olarak, n-geri görevi boyunca İÖA alt ölçek puanları (güvenli, kayıtsız, korkulu ve kaygılı) ile kortikal aktivite arasındaki korelasyonları değerlendirmek için Spearman korelasyon katsayıları hesaplandı. Bu korelasyon analizlerinde çoklu karşılaştırmalardan doğabilecek Tip-1 hataları kontrol etmek için Yanlış Keşif Oranı (FDR) yöntemi kullanılmıştır (FDR α=0,05) (17).

BULGULAR

Öz-Bildirim Ölçek Sonuçları

İÖA'nın iki faktörlü çözümüne göre 15 öğrenci güvenli, 34 öğrenci güvensiz bağlanma olarak değerlendirildi. İÖA alt ölçek puanları, güvensiz grupta 11 öğrencinin korkulu, 2'sinin kaygılı ve 21'inin kayıtsız bir şekilde bağlandığını gösterdi.

Davranışsal Sonuçlar

Önce n-geri performansı güvenli ve güvensiz gruplar arasında karşılaştırıldı. İki grubun karşılaştırması iki-geri ve üç-geri, gerçek pozitif ve d-prime puanları için Tablo 1'de sunulmuştur. Güvenli grubun performansı güvensiz gruptan sayısal olarak daha yüksek olmasına rağmen, iki çalışma grubu arasında iki-geri ve üç-geri performansı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi.

Nörogörüntüleme Sonuçları

Görüntüleme verilerinde 'koşul ana etkisi' anlamlı bulundu [F (2,88)=4,86, p=0,01, η²p=0,099]. Post-hoc testleri bu anlamlılığın sıfır-geri koşuluna kıyasla iki-geri koşulunda daha yüksek aktivite ile ilişkili olduğunu gösterdi (MD [Ortalama Fark]: 0,021, SE [Standart Hata]: 0,007, p=0,02, %95 GA [Güven Aralığı]: 0,003–0,039). 'Grup ana etkisi' anlamlı bulundu [F (1,44)=4,05, p=0,05, η²p=0,084]. Bu anlamlılık, güvenli bağlanan katılımcılar arasındaki aktivitenin güvensiz bağlanan katılımcılara göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (MD

Tablo 1. İki grubun n-geri performans açısından karşılaştırılması

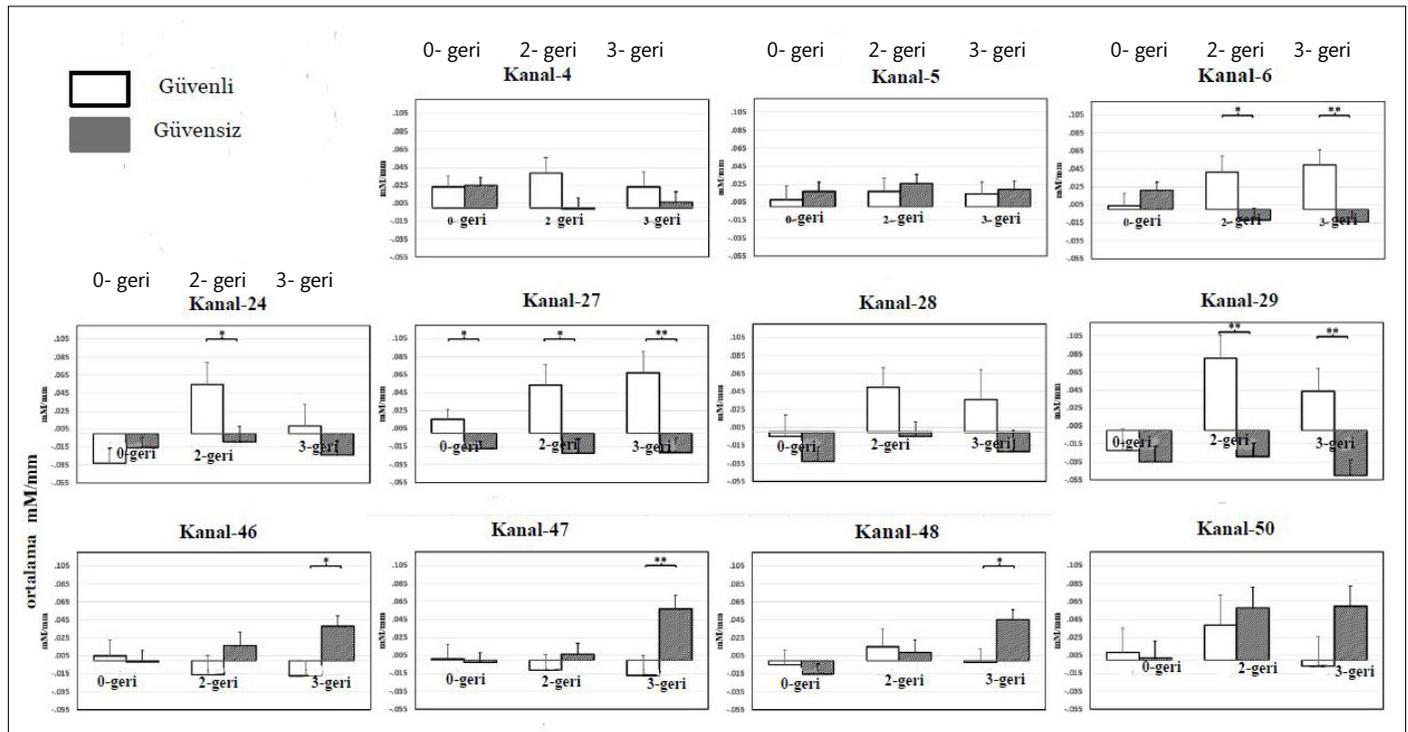
	GG	GzG	Mann-Whitney U test
2-geri-GP medyan (minimum-maksimum)	5 (1–6)	5 (0–6)	Z=-1,46, p=0,143
3-geri-GP medyan (minimum-maksimum)	4 (1–7)	3 (0–6)	Z=-0,91, p=0,362
2-geri-d-prime medyan (minimum-maksimum)	3,24 (0,33–3,29)	2,58 (-0,18–3,30)	Z=-1,29, p=0,197
3-geri-d-prime medyan (minimum-maksimum)	1,45 (0,33–3,33)	1,52 (-0,07–3,24)	Z=-0,65, p=0,94

GG: Güvenli grup; GP: Gerçek pozitif; GzG: Güvensiz grup.

Tablo 2. Her bir "Kanal" ve "Koşul" düzeyindeki "Grup" karşılaştırmaları perspektifinden anlamlı "Kanal × Koşul × Grup" etkileşimi

Kanal	BA (Binişme yüzdesi), (Kortikal projeksiyon)	MNI koordinatları			Görev	Grup	Ort. Fark	SH	p
		X	Y	Z					
Kanal 27	Sağ-BA 8 (0,60) (SF), Sağ-BA 6 (0,40) (S. Med-F)	41	9	62	0-geri	GG >GzG	0,032	0,014	0,026
Kanal 6	Sağ-BA 8 (0,19) (S. Mid-F) Sağ-BA 9 (0,67) (SF)	50	29	41	2-geri	GG >GzG	0,053	0,022	0,019
Kanal 24	Sol-BA 8 (0,82) (IF), Sol-BA 9 (0,17) (Mid-F)	-11	40	57	2-geri	GG >GzG	0,063	0,030	0,040
Kanal 27	Sağ-BA 8 (0,60) (SF), Sağ-BA 6 (0,40) (S. Med-F)	41	9	62	2-geri	GG > GzG	0,075	0,028	0,010
Kanal 29	Sağ-BA 6 (0,20) (IF-P. Op&Tang)	68	-26	42	2-geri	GG > GzG	0,110	0,031	0,001
Kanal 6	Sağ-BA 8 (0,19) (S. Mid-F), Sağ BA 9 (0,67) (SF)	50	29	41	3-geri	GG > GzG	0,064	0,021	0,003
Kanal 27	Sağ-BA 8 (0,60) (SF), Sağ-BA 6 (0,40) (S. Med-F)	41	9	62	3-geri	GG > GzG	0,89	0,029	0,003
Kanal 29	Sağ-BA 6 (0,20) (IF-P. Op&Tang)	68	-26	42	3-geri	GG > GzG	0,094	0,031	0,004
Kanal 46	Sol-BA 6 (1) (Presantral, Mid-F)	-6	7	73	3-geri	GzG >GG	-0,055	0,021	0,013
Kanal 47	Sağ-BA 6 (1) (SMA, SF)	16	0	75	3-geri	GzG >GG	-0,074	0,027	0,009
Kanal 48	Sağ-BA 6 (0,99) (SMA, SF)	30	-11	73	3-geri	GzG >GG	-0,048	0,019	0,013

BA: Brodmann Alanı; GG: Güvenli grup; GzG: Güvensiz grup; IF: Inferior Frontal; IF-P. Op&Tang: Inferior Frontal Pars Opercularis & Triangularis; Mid-F: Middle Frontal; MNI: Montreal Neurological Institute; Ort: Ortalama; SF: Superior Frontal; SH: Standard hata; SMA: Suplementer Motor Alan; S. Med-F: Superior Medial Frontal; S. Mid-F: Superior Middle Frontal.

**Şekil 4.** İki çalışma grubundaki üç n-geri koşul sırasında kortikal aktivite.

[Ortalama Fark]: 0,015, SE [Standart Hata]:0,007, $p=0,05$, %95 GA [Güven Aralığı]: 0,002-0,029). 'Grup × Koşul etkileşimi' anlamlı bulunmazken, 'Grup × Kanal' [F (6,54,287,55)=5,95, $p=0,000$, $\eta^2p=0,119$] ve 'Grup × Koşul × Kanal' etkileşimi anlamlı bulunmuştur [F (9,34,410,94)=1,97, $p=0,039$, $\eta^2p=0,043$]. Bu üçlü etkileşime 'Grup' perspektifinden yaklaşımı Tablo 2 ve Şekil 4'te sunulmuştur.

Güvensiz bağlananlarda gerçek negatiflerin oranı, iki-geri koşulunda Kanal 29'daki aktivite ile pozitif yönde korelasyon göstermiştir ($r=0,37$, $p=0,029$) ve yanlış negatiflerin oranı Kanal 27'deki aktivite ile negatif korelasyon sergilemiştir ($r=-0,38$, $p=0,027$). Üç-geri koşulunda davranışsal performans ile beyin aktivitesi arasında korelasyon saptanmamıştır.

TARTIŞMA

Kesitsel tasarımlı bu çalışmada, güvenli ve güvensiz bağlanan sağlıklı genç yetişkinler arasında bir çalışma belleği görevi sürecindeki kortikal aktivite karşılaştırılmıştır. İki çalışma grubu, n-geri görev performansı açısından farklılaşmamıştır.

Bilgimiz dâhilinde, önceki çalışmaların hiçbiri bir çalışma belleği görevi ile bağlanma güvenliği arasındaki ilişkiyi doğrudan araştırmamıştır. Önceki araştırmalardan elde edilen verilere dayanarak, güvenli bağlanan grubun güvensiz bağlanan gruba kıyasla çalışma belleği görevinde daha iyi performans göstermesini bekliyorduk. Önceki bazı çalışmalar, bilişsel işlevler üzerinde bağlanmanın olası bir rolünü öne sürmüştür. Örneğin, Cao ve ark. (2018), bağlanma ve epizodik özgüllük ilişkisini bağlanma ile ilişkili ve bağlanma ile ilişkiz anılar açısından incelemiştir. Güvenli bağlanan bireyler, bağlanmayla ilişkiz görevlere göre bağlanmayla ilişkili görevlerde daha fazla içsel ve daha az dışsal ayrıntı üretmişlerdir (18). Benzer çalışmalar, duygusal ve bağlanma ile ilişkili uyarıların bilişsel sonuçlara nasıl müdahale ettiğine/engel olduğuna odaklanmıştır. Bu çalışmaların baskın bir özelliği, yürütücü işlevleri değerlendirmek için genellikle klinik bozukluğu olan bireyler ile sağlıklı denekleri karşılaştırmaları veya bağlanmayla ilişkili ve bağlanmayla ilişkiz uyarıların kullanmalarıdır.

Bağlanmanın genel bilişsel yetenek üzerindeki rolünü araştıran çalışmalar ise az sayıdadır. Prospektif bir çalışmada, Bernier ve ark. (2015), yürüme çağı çocukluğunda annelerine daha güvenli bağlanan anaokulu öğrencilerinin, tüm yürütücü işlev görevlerinde güvensiz bağlananlardan daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir. Ayrıca, öğretmenleri, bu çocukların günlük okul yaşantılarında daha az yürütücü işlev güçlüğü sergilediğini bildirmişlerdir (19). Bununla birlikte, mevcut araştırma, n-geri performansı ile bağlanma güvenliği arasında bir ilişki tespit etmemiştir. Tutarsız sonuçlar muhtemelen katılımcı seçiminden kaynaklanmaktadır. Ünlü bir tıp fakültesine oldukça rekabetçi bir sınavla seçilen birinci sınıf üniversite öğrencilerinin çalışmaya dâhil edilmesi nedeniyle örneklemimiz, başarı açısından en üst yüzdeler diliminde yer alan sağlıklı genç yetişkinleri temsil etmektedir. Çalışma tasarımının iç geçerliliğini artırmak için bu örneklem seçimi özellikle tercih edilmiş olsa da bu tercih bağlanma ile çalışma belleği performansı arasındaki olası bir ilişkiyi maskeleyebilir. Ek olarak, bu çalışmada çalışma belleği performansına müdahale etme potansiyeline sahip olabilecek herhangi bir duygusal uyarı kullanılmamıştır. Sonuçlar, bağlanma sisteminin bireyler üzerinde üçüncü şahıslar tarafından gözlemlenebilir sonuçlara yol açan çok büyük bir etkisinin olmayabileceğini gösteriyor olabilir.

Bununla birlikte bu çalışmada güvenli ve güvensiz bağlanmanın kortikal aktivite açısından çalışma belleğinin çeşitli temsilleriyle ilişkili olduğu gösterilmiştir. n-geri görevinin psikometrik özellikleri ve çalışma belleğindeki bireysel farklılıkların ölçümünde yeterliliği hakkında bir tartışma olmasına rağmen, n-geri görevinin deneysel çalışmalar için yararlı ve uygulanabilir olduğu ve çalışma belleğindeki bireyler arası farklılıkları,

özellikle daha yüksek zorluk seviyelerinde iyi yordadığı gösterilmiştir. n-geri görevleri, tanımlama, seçim, sürdürme, karar verme, engelleme, bastırma ve ayırma gibi çeşitli süreçleri içermektedir. 'n' arttıkça denegin bellek yükü artar ve performansının kötüleşmesi beklenir (20).

Varyans analizinde tespit edilen 'Koşul' ana etkisi, grup üyeliği ve ölçüm kanallarından bağımsız olarak, n-geri görevinin üç koşulunun da (sıfır-geri, iki-geri ve üç-geri) farklı beyin aktivitesine yol açtığı anlamına gelir. Daha yüksek bilişsel yüke sahip iki-geri koşulu, sıfır-geri koşulundan daha yüksek bir kortikal aktivite ile ilişkili bulunmuştur. Beklenmedik bir şekilde, üç-geri ve sıfır-geri koşulları arasındaki beyin aktivitesi ise farklı bulunmamıştır. Her iki gruptaki üç-geri koşulunda nispeten düşük d-prime puanları (Tablo 1), muhtemel bir zemin etkisi ile ilgili Tip-2 hataya neden olabilecek üç-geri koşulunun zorluğunu yansıtmaktadır.

Anamlı 'Grup' ana etkisi, katılımcıların bağlanma biçimlerine bağlı olarak görev paradigması boyunca farklı kortikal aktivite gösterdikleri anlamına gelir. Post-hoc analizler, serebral kortikal aktivitenin güvenli bağlananlarda güvensiz bağlananlardan daha yüksek olduğunu göstermiştir. Vrtička ve Vuilleumier (2012), yetişkin bağlanma stiline sosyal bilgi işleme üzerindeki etkisine ilişkin kaygılı ve kaçınan bağlanmanın duygu düzenleme sırasında dorsolateral prefrontal ve orbitofrontal kortekslerde daha düşük aktiviteye yol açabileceğini öne süren işlevsel bir nöroanatomik açıklama öne sürmüştür (21). Başka bir çalışmada bağlanma güvenliği, gözlerden zihin okuma görevinde zihinsel durum yargıları sırasındaki beyin aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir (22). Bununla birlikte, bildiğimiz kadarıyla, nörobilişsel bir görev sırasında bağlanma güvenliği ile kortikal aktivite arasındaki ilişkiyi ilk kez bu çalışma göstermiştir. Bu sonuç, bağlanma güvenliğinin sosyo-duygusal alanın ötesindeki nöral devreler üzerinde de bir etkiye neden olabileceğini öne sürmektedir. Bu öneri, erken çevresel stresin bağlanma modellerinin ortaya çıkmasında rol oynayabileceğine ve epigenetik, nöroendokrin ve hücre adaptasyon mekanizmalarının aracılık ettiği nöroenez, sinaptogenez ve nöronal ağları etkileyebileceğine işaret eden önceki çalışmalarla uyumludur. Bir gözden geçirme çalışmasında, McCrory ve ark. (2010) erken dönem yaşam güçlüklarının işlevsel, yapısal ve genetik-çevresel etkilerini açıklamıştır. Kötü muamele görmüş veya travma geçirmiş erişkinlerde hipotalamo-hipofizer-adrenal (HPA) eksen, hipokampus, amigdala, orbitofrontal korteks, PFK, serebellum ve korpus kollozumun yapısal ve fonksiyonel anomaliler gösterdiğini belirtmişlerdir (23). Bu alanlar bellek, duygu düzenleme, izleme ve stres tepkisi ile ilişkili alanlardır. Anomaliler göstermeler de bu sonuçlar sağlıklı denekler ile klinik vakaların karşılaştırılmasında elde edilmiştir. Başka bir çalışma, ilkökul öğrencilerinde çalışma belleği ve sosyal deneyimler arasındaki karşılıklı gelişimsel bağlantıyı göstermiştir (24). Buonomano ve ark. (2009), hesaplamalı modelleme çalışma yöntemi kullanarak bellek ile işlenmiş bilginin aynı devreler üzerine nasıl birleştirilerek üst üste yazılabileceğini ifade ederek, kortikal nöronların mevcut uyarı basitçe kodlamadığını, gelen her uyarının temsillerini bir önceki uyarı bağlamında oluşturduğunu göstermişlerdir (25). Hasson ve ark. (2015) bu fikri destekleyerek 'ilksel olarak edinilen bilgi şimdiki anı nasıl sürekli şekillendiriyor?' diye sormuş ve cevaplayarak biyolojik düzeyde ilksel olarak işlenmiş verinin sürekli olarak şimdiki zamanda bilgi işleme süreçlerini etkilediğini ve belleğin tüm sinirsel süreçlerin doğasında var olduğunu belirtmiş ve işleme-bellek çerçevesi kavramıyla, bilgi işleyen nöronlar ile bilgi depolayan nöronların aynı nöronlar ve aynı devreler olduğunu öne sürmüştür (26). Subkortikal devrelerde her gün milyarlarca bilgi işlenmesine rağmen, kortikal seviyede bilinçli olarak çok daha azını işleyebiliriz. Bu çalışmada, çalışma belleğinin yalnızca kortikal bir temsili olduğunu veya yalnızca kortikal devrelerde kodlandığını iddia etmiyoruz. Buonomano ve ark.'nın gösterdiği ve Hasson ve ark.'nın desteklediği gibi kortiko-kortikal, kortiko-subkortikal ve subkortiko-subkortikal devrelerde belleğin sürekli olarak bilgilerin birleştirilerek üst üste yazıldığı fikrinin önemli ve değerli bir bakış açısı sunduğunu düşünüyoruz. Bağlanma, biyolojik kodlarımızda doğuştan gelen ve

kaçınılmaz bir sistemdir ve amacı organizmanın hayatta kalması ve üreme çağına ulaşmasıdır. Bu sistem, başarılı üreme stratejileri geliştirebilmek için gereklidir. Yaşam boyu karşımıza çıkan her türlü zorluk ya da engel karşısında farklı çözüm stratejileri uygulayarak çözüme ulaşmaya çalışırız. Her bağlanma stili, engellerle karşı karşıya kaldığında kendi geliştirdiği baş etme yöntemine başvuruyor olabilir. Ancak bu başa çıkma yöntemleri etkili olabilir veya olmayabilirler. Bağlanma stillerinin böyle bir nöronal ağına parçası olduğunu düşünüyoruz. Diğer bir deyişle, duygusal, davranışsal ve bilişsel alanlar her bireyde farklı şekilde etkilenmektedir. Bu bulgular, bağlanma örüntülerinin, duygusal uyarılma ve bilişsel kontrolü senkronize etmeyi içeren öz-düzenleyici davranışlar dışında yeni açıklamalara ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bu öneri sadece sosyo-duygusal alanla sınırlı olmayıp, karar verme, öğrenme, izleme, yargıda bulunma, okul-akademik yetkinlik, eş seçimi, psikopatolojik durumlar vb. hayatın her anında karşılaştığımız tüm süreçlerle de ilgilidir. Özetle, bağlanma sistemi ile ilgili yeni bir anlayış, beynin nasıl çalıştığını anlamamıza dair yeni bir yol açabilir.

Anlamli 'Grup' × 'Koşul' × 'Kanal' üçlü etkileşimi, güvenli ve güvensiz bağlanmaya sahip genç yetişkinlerin, görev koşullarına ve kortikal ilgi alanlarına bağlı olarak farklı kortikal aktivite sergilediğini göstermiştir. Post-hoc analizler 'Grup' perspektifinden incelendiğinde, sonuçlar güvenli grubun sıfır-geri durumu da dâhil olmak üzere tüm n-geri koşullarında superior frontal ve superior-medial frontal alanlarda (BA 8) daha yüksek aktivite sergilediğini göstermektedir. Ayrıca, bu alan güvenli grupta iki-geri (Kanal 6 ve 24) ve üç-geri koşulları (Kanal 6) sırasında güvensiz bağlanan gruptan daha aktif olarak bulunmuştur. Dolayısıyla bu alan, n-geri görevinin genel bir gerekliliği ile ilişkili görünmektedir. Bir fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) çalışması, BA 8'deki aktivitenin parametrik olarak 'belirsizlik durumlarının' farklı seviyelerine duyarlı olduğunu ortaya koymuştur (27). Bu alandaki yüksek aktivite, güvensiz bağlanan katılımcılara kıyasla güvenli bağlananların n-geri görevinin tüm adımlarında belirsizliği çözmek için daha yüksek bir çaba gösterdiğine işaret ediyor olabilir. Benzer şekilde, sağ BA 9, 46 ve daha az ölçüde 8'e projekte olan Kanal 6, iki-geri ve üç-geri koşulları süresince güvenli grupta güvensiz gruba kıyasla daha yüksek aktivite sergilemiştir. Bu alan genellikle çalışma belleği ve planlama ile görevlerde işlev görür. n-geri görevi öncelikle bir çalışma belleği görevidir ve güvenli bağlanan katılımcılar, güvensiz bağlanan katılımcılara göre doğrudan çalışma belleği ile ilişkili bu alanları daha fazla etkinleştirmektedirler.

Öte yandan, 46, 47 ve 48 numaralı kanallar, üç-geri koşulunda güvensiz bağlanan grupta güvenli bağlanan gruba göre daha yüksek aktivite sergilemiştir (Tablo 2). Bu kanallar presantral girus ve suplementer motor alanları (SMA) yansıtmaktadır. Her iki grupta da "başarı için" n-geri görevindeki tek motor gereksinimin bir düğmeye basmak olduğu göz önüne alındığında, bu bulgunun güvensiz bağlanan grupta daha yüksek bir motor katılımı yansıtmaya olası değildir. Bilişsel ve motor sistemlerin, gelişim sırasında birbirini çift yönlü olarak etkileyen benzer evrimsel kökleri paylaştığı bildirilmiştir. Ayrıca, belirli beyin bölgeleri bilişsel işlevlerin yanı sıra motor işlevleri de entegre etmektedir. SMA ve pre-SMA, farklı hücresel mimari özelliklere sahiptir ve çeşitli bilişsel ve motor süreçleri içerir. Bazı nörogörüntüleme çalışmaları, sözel bilgiyi sürdürmek için, presantral girus ve SMA alanının, çalışma belleğinin fonolojik döngüsünün sub-vokal tekrarlamaya sistemine katıldığını ortaya koymuştur (28). Güvensiz grupta bu alandaki daha yüksek aktivite, bize, güvensiz bağlanan katılımcıların, n-geri görevinin en zorlu koşulu sırasında, güvenli bağlananlardan daha fazla bu tür sub-vokal tekrarlamaya stratejilerini kullanmış olabileceğini düşündürmektedir. Aron ve ark. (2007), SMA'nın istenmeyen tepkileri engellemede de önemli bir rol oynadığını göstermiştir (29). Bu nedenle, SMA'daki daha yüksek aktivite, güvensiz bağlanan grupta güveli bağlananlardan daha yüksek bir inhibisyon stratejisinin yer aldığını gösterebilir. Bu çalışmada i) Kanal 29'daki aktivite ile n-geri görevindeki gerçek negatif tepkilerin miktarı arasında pozitif bir korelasyon ve ii) yalnızca güvensiz bağlanan grup arasında yanlış negatif

yanıtların oranı ile Kanal 27'deki aktivite arasında ters bir korelasyon tespit edilmiştir. n-geri görevindeki olumsuz yanıtlar, 'yanıt düğmesine basamamak' gibi engelleme ile bağlantılı olduğundan, bu korelasyonlar ayrıca güvensiz bağlanan grupta engelleyici mekanizmaların daha yüksek katılımına işaret ediyor olabilir.

Sonuç olarak, bu bulgular, n-geri görevinde görev zorluğu arttıkça güvenli ve güvensiz bağlanan grupların farklı bilişsel mekanizmalar kullanmış olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, iki çalışma grubu, iki-geri ve üç-geri koşulları boyunca benzer performans sergilemiştir; elde edilen sonuçlar, bir bilişsel mekanizmayı kullanmanın diğerinden daha avantajlı olmadığını gösteriyor olabilir.

Bu çalışmanın belirli sınırlılıkları vardır. Birincisi çalışma örnekleme ile ilgilidir. Çalışma grubu birinci sınıf tıp fakültesi öğrencilerinden oluşmaktadır ve sonuçlar tüm sağlıklı genç yetişkinlere genellenemeyebilir. Ek olarak, araştırma sürecindeki bazı katılımcıların çalışmadan ayrılması nedeniyle katılımcı sayısı çalışma süresince azalmıştır. İkincisi, fNIRS kortikal aktivitenin ölçülmesine izin verir ve subkortikal bölgeler değerlendirilemez. Ancak, çalışma belleği çoğunlukla kortikal aktiviteye bağlıdır. Dolayısıyla bu çalışmanın ilk hipotezi desteklenmemiştir; yani, iki grup benzer bir çalışma belleği performansı sergilemiştir.

Bununla birlikte, bazı yazarlar nörogörüntüleme çalışmalarının bulgularını yorumlamak için bilişsel biçim ve kodlama stratejileri gibi bireysel farklılıklara dikkat çekmektedirler. Örneğin, Sanfratello ve ark. (2014), sağlıklı ve homojen bir grupta bile bireylerin aynı görevi yerine getirirken farklı beyin aktiviteleri gösterebileceğini belirtmiştir; bu nedenle bireysel farklılıkların olabileceği akılda tutulmalıdır (30). Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, bağlanma biçimindeki bireysel farklılıkların kortikal aktivite açısından çalışma belleği temsilleriyle ilişkili olabileceğini gösteren ilk çalışmadır.

Etik Komite Onayı: Etik Kurul tüm çalışma prosedürlerini 24 Mart 2016 tarihinde onaylamıştır (Ankara Üniversitesi Etik Kurul Onay no: 03-24-2016/08/108).

Hasta Onamı: Tüm katılımcılar tarafından yazılı bilgilendirilmiş onam formu imzalanmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- BB, AK, MA; Tasarım- BB, AK, YK, EGC; Denetleme- BB, AK, YK, NSB; Kaynaklar- BB; Malzemeler- DSA, BY, İBC; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi- AK, DSA, YK, İBC, MUA; Analiz ve/veya Yorum- BB, AK, MA; Literatür Taraması- AK, DSA, YK, İBC, MUA, EGC; Yazıyı Yazan- BB, AK; Eleştirel İnceleme- AK, DSA, YK, İBC, MUA, NSB, MA.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

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

KAYNAKLAR

1. Raver CC, Blair C. Neuroscientific insights: attention, working memory, and inhibitory control. *Future Child*. 2016;26:95–118. [Crossref]
2. Zimmermann P, Iwanski A. Attachment in middle childhood: associations with information processing. *New Dir Child Adolesc Dev*. 2015;2015:47–61. [Crossref]
3. del Villano N, Cecere C, Sapuppo W, Sannino A, Perrella R, Bisogno S, et al. Working memory abilities, attachment relationships and learning process in children of primary school age: empirical research. *Res Psychother Psychopathol Process Outcome*. 2014;17:21–32. [Crossref]
4. Mares S, McMahon C. Attachment security: influences on social and emotional competence, executive functioning and readiness for school. In: Midford R, Nutton G, Hyndman B, Silburn S, editors. *Health and Education Interdependence*. Singapore: Springer; 2020. p. 55–74. [Crossref]
5. Blair MA, Nitzburg G, DeRosse P, Karlsgodt KH. Relationship between executive function, attachment style, and psychotic like experiences in typically developing youth. *Schizophr Res*. 2018;197:428–433. [Crossref]

6. Menon M, Katz RC, Easterbrooks MA. Linking attachment and executive function systems: exploring associations in a sample of children of young mothers. *J Child Fam Stud.* 2020;29:2314–2329. [\[Crossref\]](#)
7. Henry LA, Moran A, Messer DJ. Working memory development –Cognition in Childhood Memory. In: Hupp S, Jewell J, editors. *The Encyclopedia of Child and Adolescent Development.* Wiley-Blackwell; 2020. [\[Crossref\]](#)
8. Bretherton I, Munholland KA. The internal working model construct in light of contemporary neuroimaging research. In: Cassidy J, Shaver PR, editors. *Handbook of Attachment –Theory, Research, and Clinical Applications,* 3rd ed. New York: The Guilford Press; 2016. p. 63–90.
9. Hong KS, Yaqub MA. Application of functional near-infrared spectroscopy in the healthcare industry: a review. *J Innov Opt Health Sci.* 2019;12:1–91. [\[Crossref\]](#)
10. Griffin DW, Bartholomew K. Models of the self and other: fundamental dimensions underlying measures of adult attachment. *J Pers Soc Psychol.* 1994;67:430–445. [\[Crossref\]](#)
11. Sümer N, Güngör D. Psychometric evaluation of adult attachment measures on Turkish Samples and a cross-cultural comparison. *Turk J Psychol.* 1999;14:71–109. <https://psycnet.apa.org/record/1999-01914-005>
12. D'Esposito M. Functional neuroimaging of working memory. In: Cabeza R, Kingstone A, editors. *Handbook of Functional Neuroimaging of Cognition.* Cambridge, Mass: MIT Press; 2006. p. 293–327.
13. Macmillan NA, Creelman CD, editors. *Detection Theory: A User's Guide,* 2nd ed. New York: Psychology Press. 2004;1–445. [\[Crossref\]](#)
14. Gentili C, Cecchetti L, Handjaras G, Lettieri G, Cristea IA. The case for preregistering all region of interest (ROI) analyses in neuroimaging research. *Eur J Neurosci.* 2021;53:357–361. [\[Crossref\]](#)
15. Yaple ZA, Stevens WD, Arsalidou M. Meta-analyses of the n-back working memory task: fMRI evidence of age-related changes in prefrontal cortex involvement across the adult lifespan. *Neuroimage.* 2019;196:16–31. [\[Crossref\]](#)
16. Hoshi Y. Hemodynamic signals in fNIRS. *Prog Brain Res.* 2016;225:153–179. [\[Crossref\]](#)
17. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *J R Stat Soc Series B Stat Methodol.* 1995;57:289–300. [\[Crossref\]](#)
18. Cao X, Madore KP, Wang D, Schacter DL. Remembering the past and imagining the future: attachment effects on production of episodic details in close relationships. *Memory.* 2018;26:1140–1150. [\[Crossref\]](#)
19. Bernier A, Beauchamp MH, Carlson SM, Lalonde G. A secure base from which to regulate: Attachment security in toddlerhood as a predictor of executive functioning at school entry. *Dev Psychol.* 2015;51:1177–1189. [\[Crossref\]](#)
20. Jaeggi SM, Buschkuhl M, Perrig WJ, Meier B. The concurrent validity of the N-back task as a working memory measure. *Memory.* 2010;18:394–412. [\[Crossref\]](#)
21. Vrtička P, Vuilleumier P. Neuroscience of human social interactions and adult attachment style. *Front Hum Neurosci.* 2012;6:1–17. [\[Crossref\]](#)
22. Baskak B, Kır Y, Sedes N, Kuşman A, Gökçe Türk E, Baran Z, et. al. Attachment style predicts cortical activity in temporoparietal junction (TPJ). *J Psychophysiol.* 2019;34:99–109. [\[Crossref\]](#)
23. McCrory E, de Brito SA, Viding E. Research review: the neurobiology and genetics of maltreatment and adversity. *J Child Psychol Psychiatry.* 2010;51:1079–1095. [\[Crossref\]](#)
24. de Wilde A, Koot HM, van Lier PAC. Developmental links between children's working memory and their social relations with teachers and peers in the early school years. *J Abnorm Child Psychol.* 2016;44:19–30. [\[Crossref\]](#)
25. Buonomano D, Maass W. State-dependent computations: spatiotemporal processing in cortical networks. *Nat Rev Neurosci.* 2009;10:113–125. [\[Crossref\]](#)
26. Hasson U, Chen J, Honey CJ. Hierarchical process memory: memory as an integral component of information processing *Trends Cogn Sci.* 2015;19:304–313. [\[Crossref\]](#)
27. Volz KG, Schubotz RI, von Cramon DY. Variants of uncertainty in decision-making and their neural correlates. *Brain Res Bull.* 2005;67:403–412. [\[Crossref\]](#)
28. Rypma B, Prabhakaran V, Desmond JE, Glover GH, Gabrieli JDE. Load-dependent roles of frontal brain regions in the maintenance of working memory. *Neuroimage.* 1999;9:216–226. [\[Crossref\]](#)
29. Aron AR, Durston S, Eagle DM, Logan GD, Stinear CM, Stuphorn V. Converging evidence for a fronto-basal-ganglia network for inhibitory control of action and cognition. *J Neurosci.* 2007;27:11860–11864. [\[Crossref\]](#)
30. Sanfratello L, Caprihan A, Stephen JM, Knoefel JE, Adair JC, Qualls C, et al. Same task, different strategies: how brain networks can be influenced by memory strategy. *Hum Brain Mapp.* 2014;35:5127–5140. [\[Crossref\]](#)