

Kuramsal Derleme

İnsan Eylemlerini Algılama, Önemi ve Nöral Temelleri

Burcu A. ÜRGEN^{1*} , Hilal NİZAMOĞLU² 

1 Bilkent Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Psikoloji Bölümü, Ankara, Türkiye

2 Justus Liebig Üniversitesi, Psikoloji Bölümü, Giessen, Almanya

Makale Bilgisi

Öz

Anahtar kelimeler:

dikkat,
dikkat yükü,
biyolojik hareket
algısı,
görsel algı,
nörogörüntüleme

İnsanlar dahil olmak üzere tüm hayvanların sahip olduğu temel bir beceri, çevredeki diğer canlıların hareket ve eylemlerini algılama ve tanıma yeteneğidir. Günümüze kadar yapılan nörofizyolojik ve nörogörüntüleme çalışmaları, çevremizdeki diğer canlıların eylemlerini algılamak için önemli ve gerekli olan beyin bölgelerini büyük ölçüde tanımlamıştır. Ancak bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu, eylemlerin algılanmasını seçici dikkat görevleri altında incelemiştir. Başka bir deyişle, bu çalışmalarda insan eylemlerini gösteren uyaranlar dikkatin odağı olmuş ve katılımcılar izledikleri hareket ve eylemlerle ilgili görevler yapmışlardır. Ancak günlük yaşamda, dikkatimizin odağı olmayan insan hareketleri de sosyal ya da hayati önemlerinden dolayı dikkatimizi çekebilirler ve seçici dikkat dışında otomatik olarak algılanabilirler. Bu derleme makalede, insan hareketlerinin dikkatin odağı olmadığı durumlarda beyin tarafından nasıl işlendiğini inceleyen çalışmalar ele alınmış ve alandaki yeni bilimsel sorulara ışık tutulmuştur. Bu sorular arasında, insan hareketlerinin dikkatin odağı olmadığında nasıl işleneceğinin zamansal boyutları, farklı insan hareketlerinin farklı dikkat çekme kapasitelerine sahip olup olmadıkları, ekolojik geçerlilikleri yüksek doğal düzeneklerde yapılan insan hareketi çalışmalarının laboratuvar ortamında yapılan çalışmalardan farklı sonuçlar doğurup doğurmadığı ve insan hareketlerini algılamada güçlük yaşayan klinik popülasyonlarda dikkat süreçleri de dikkate alındığında ne gibi tablolar çıkacağı soruları yer almaktadır.

Abstract

Keywords:

attention,
attentional load,
biological motion
perception,
neuroimaging,
visual perception

A fundamental skill possessed by all animals, including humans, is the ability to perceive and recognize the movements and actions of other living beings in their environment. Neurophysiological and neuroimaging studies conducted to date have largely identified the brain regions that are important and necessary for perceiving the actions of other beings in our surroundings. However, the majority of these studies have examined the perception of actions under selective attention tasks. In other words, the stimuli depicting human actions were the focus of attention, and participants performed tasks related to the movements and actions they observed. However, in daily life, human movements that are not the focus of our attention can still attract our attention due to their social or vital significance and can be automatically perceived outside of selective attention. This review article discusses studies that examine how the brain processes human movements in situations where they are not the focus of attention, shedding light on new scientific questions in the field. These questions include the temporal dimensions of how human actions will be processed when they are not the focus of attention, whether different human actions have different attention-capturing capacities, whether human action studies conducted in natural settings with high ecological validity yield different results from studies conducted in the laboratory environment, and how clinical populations who have impaired biological motion perception skills behave when attention processes are also taken into account.

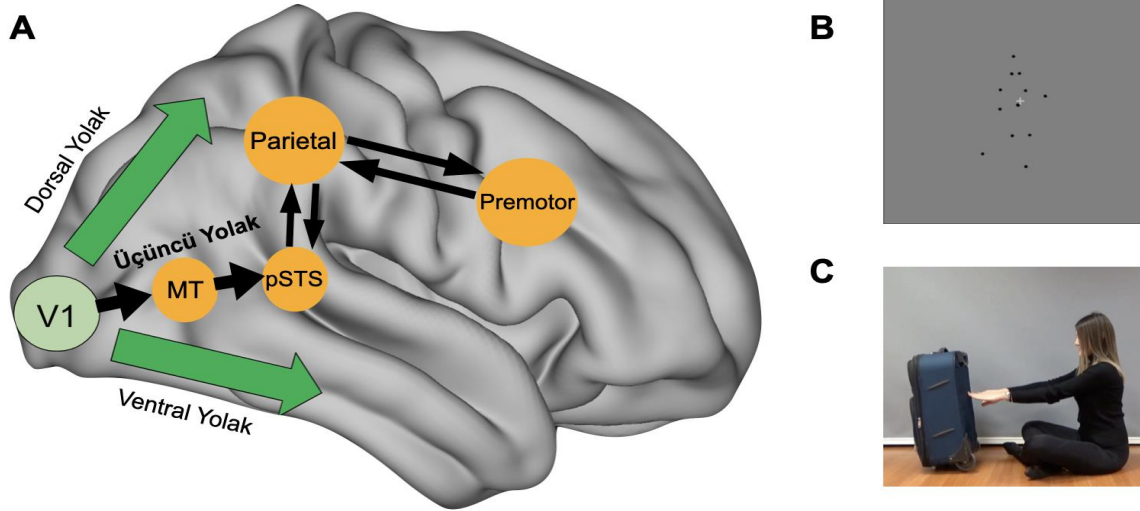
*Sorumlu yazar, Bilkent Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Psikoloji Bölümü, Üniversiteler Mah. 06800 Ankara, Türkiye
e-posta: burcu.urgun@bilkent.edu.tr
DOI: 10.31682/ayna.1343796
Gönderim Tarihi (Received): 15.08.2023; Kabul Tarihi (Accepted): 29.09.2023
ISSN: 2148-4376

Giriş

İnsanlar dahil olmak üzere tüm hayvanların sahip olduğu temel bir beceri, çevredeki diğer canlıların eylemlerini algılama ve tanıma yeteneğidir. Bu becerinin yokluğunda, hayatta kalmak (örn. vahşi doğada av-avcı ilişkilerinde) veya günlük hayatta iletişim ve sosyal etkileşim kurmak neredeyse imkânsız hale gelebilir. Bu beceriyi önemli kılan unsurlardan biri, insanlar ve diğer canlıların, çevrelerindeki canlıların hareketlerini (daha genel adıyla biyolojik hareketleri), canlı olmayan diğer nesnelere hareketlerden ayırt edebilmeleridir (Blake ve Shiffrar, 2007). Bu iki hareket türü arasındaki temel farklardan biri, biyolojik hareketin sahip olduğu kinematik sinüs fonksiyonuna benzemesi, biyolojik olmayan hareketlerin ise bu kinematikten çeşitli yönlerden farklılaşmasıdır. Diğer bir fark ise, biyolojik hareketin birçok vücut uzvunun birlikte hareketinden oluşması, biyolojik olmayan hareketin ise daha çok tek parçadan oluşan bir nesnenin hareketi için tanımlanmasıdır. Daha yeni doğmuş dört aylık bebeklerin ve yumurtadan yeni çıkmış civcivlerin biyolojik hareketi ayırt edebildiği; üstelik gelişimleri ilerledikçe ayırt etme becerilerinin de arttığı gösterilmiştir (bkz. Blake ve Shiffrar, 2007). Biyolojik hareketi diğer nesnelere gerçekleştirdiği ya da neden olduğu hareketten ayırt edebiliyor olmamız, sosyal çevremizde başka insanların hareketlerini algılayıp onlara anlam atfetmemize ve çevreye daha rahat uyum sağlamamıza imkân verir. Böylece hem sosyal hem de bilişsel olarak daha etkili davranmamız sağlanabilmektedir. Örneğin, biyolojik hareketi algılayan insan, o hareketi gerçekleştiren öznenin fiziksel özelliklerine (örn. boy, ağırlık, ebat), fiziksel ve sosyal çevreyle olan ilişkisine ve gerçekleştirdiği davranışın ne kadar mümkün olup olmayacağına dair çeşitli bilgiler edinebilir (Vogele, 2017).

Günümüze kadar yapılan nörofizyolojik ve nörogörüntüleme (işlevsel manyetik rezonans görüntüleme- iMRG) çalışmaları, çevremizdeki diğer canlıların eylemlerini algılamak için önemli ve gerekli olan beyin bölgelerini büyük ölçüde tanımlamıştır. Bu ağ, erken görsel bölgelerin yanı sıra (örn. V1), oksipito-temporal (Extra-striate body area (EBA), middle temporal kompleks (MT+) ve posterior süperior temporal sulkus (pSTS) gibi form ve hareket bölgeleri), parietal ve premotor korteksteki görsel uyaranlara duyarlı bölgeleri içermektedir (Bkz. Şekil 1A; Caspers ve diğerleri, 2010; Giese ve Rizzolatti, 2015; Grossman ve Blake, 2002; Lingnau ve Downing, 2015; Nelissen ve diğerleri, 2011; Oosterhof ve diğerleri, 2013; Peelen ve Downing, 2007; Saygın, 2007; Tucciarelli ve diğerleri, 2019; Tarhan ve Konkle, 2020; Ürgen ve diğerleri, 2019; Ürgen ve Orban, 2021; Ürgen ve Saygın, 2020). Bu ağda yer alan erken görsel bölgeler (örn. birincil görsel korteks (V1)), izlenen eylemlerin basit ve düşük seviyeli özelliklerini işlemektedir. MT+ bölgesi görsel harekete duyarlı, pSTS ise özellikle biyolojik harekete duyarlı bir bölgedir. pSTS'e iletilen bilgi, buradan eylemlerin daha yüksek seviyeli özelliklerini (örn. eylemin yöneltildiği obje ya da insan; eylemin amacı) işlemek üzere parietal ve premotor bölgelere gönderilir (Ürgen ve diğerleri, 2019). Bu bölgeler görsel deneylerde hem insan eylemlerini basitleştirilmiş şekilde gösteren nokta-ışıklı biyolojik hareket uyaranları

(Şekil 1B), hem de daha kompleks doğal eylemleri gösteren video uyarıları (Şekil 1C) kullanılarak ortaya çıkarılmıştır. Ancak şunu belirtmek gerekir ki, nokta-ışıklı biyolojik hareket uyarıları görsel olarak daha basit oldukları için, doğal eylemleri gösteren video uyarılarına göre eylem algısı sisteminde daha zayıf aktivasyonlara sebep olmaktadır (Jastorff ve diğerleri, 2016).



Şekil 1. (A) Eylem algısını destekleyen beyin bölgeleri: V1 gibi erken görsel bölgelerin yanı sıra, oksipito-temporal (MT, pSTS), parietal ve premotor bölgeleri içermektedir. (B) Eylem algısı çalışmalarında basitleştirilmiş biyolojik hareket uyarımı olarak gösterilen nokta-ışıklı gösterimler (point-light displays). (C) Eylem algısı çalışmalarında daha kompleks video uyarılarıyla gösterilen örnek insan eylemleri.

Eylemleri tanımanın zamansal boyutlarını inceleyen elektroensefalografi (EEG) çalışmaları ise P1, N1, P2, N2, N300/N400 olaya ilişkin potansiyellerinin biyolojik harekete duyarlı olduğunu göstermiştir (Hirai ve diğerleri 2003; Krakowski ve diğerleri, 2011; Sitnikova ve diğerleri, 2003, 2008; Ürgen ve diğerleri, 2018). Eylem algısı ile ilişkilendirilen bir diğer EEG sinyali de kortikal osilasyonlardır. Eylemleri izleme sırasında somatoduyusal korteks üzerinden ölçüm alınan elektrotlardaki mu (8-12 Hz) ve beta (15-30 Hz) frekanslarının gücünde anlamlı bir azalma olmaktadır (Oberman ve diğerleri, 2007; Press ve diğerleri, 2011, Ürgen ve diğerleri, 2013). Bu ölçümler, iMRG çalışmalarında elde edilen beyin bölgelerinin aktivasyonları ile ilişkili bulunmuştur (Arnstein ve diğerleri, 2011). Böylece, eylemleri algılamanın nöral temelleri hem uzamsal hem de zamansal olarak tanımlanmıştır.

İnsan Eylemlerini Algılamada Dikkat Süreçleri ve Nöral Temelleri

İnsan eylemlerini nasıl algıladığımızı inceleyen ve önceki bölümde bahsedilen çalışmaların büyük bir çoğunluğu, eylemlerin algılanmasını seçici dikkat (selective attention)

görevleri altında incelemiştir. Başka bir deyişle, bu çalışmalarda insan eylemlerini gösteren uyaranlar (örn. videolar) dikkatin odağı olmuş ve katılımcılar izledikleri eylemlerle ilgili görevler yapmışlardır. Dolayısıyla insan eylemlerini tanıma ile ilişkilendirilen beyin bölgeleri ve olaya ilişkin potansiyeller seçici dikkat ya da başka bir deyişle yukarıdan aşağıya dikkat (top-down attention) altındaki nöral temellere işaret etmektedir. Ancak günlük yaşamda, dikkatimizin odağı olmayan insan hareketleri de sosyal ya da hayati önemlerinden dolayı dikkatimizi çekebilirler ve seçici dikkat dışında otomatik olarak algılanabilirler. Örneğin bir kafede kitap okurken yanınıza yaklaşan biri, yolda yürürken karşı taraftan size el sallayan biri ya da size taş fırlatan biri dikkatinizi ona yöneltmenize neden olabilir. Bu gibi durumlarda, aşağıdan yukarı dikkat (bottom-up attention) mekanizmaları devreye girer.

İnsan eylemlerinin aşağıdan yukarı dikkat mekanizmaları ile, başka bir deyişle dikkatin odağı olmadığında görsel sistem tarafından nasıl işlendiği konusunda çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlardan Thornton ve Vuong (2004), Flanker adı verilen bir deneysel psikoloji paradigmasını kullanıp biyolojik hareket algısının dikkatin odağı dışında aşağıdan yukarı işlenmesini davranışsal bir deney ile ölçmüşlerdir. Bu paradigmada, görsel alanın merkezinde dikkatin yönlendirildiği (yukarıdan aşağıya dikkat) bir görev verilmiştir: Katılımcılardan, nokta ışıklı gösterim şeklinde gösterilen insan eylemlerinin hangi yöne gittiğini belirtmeleri istenmiştir. Katılımcılar bu görevi yaparken, çevrel uyaran olarak çeldirici uyaranlar gösterilmiştir. Bu uyaranlar, merkezdeki biyolojik hareket uyararı ile aynı yöne (uyumlu, congruent) ya da farklı yöne (uyumsuz, incongruent) giden ve yine insan eylemlerini gösteren biyolojik hareket uyararıdır. Katılımcılardan çeldiricileri göz ardı etmeleri ve yalnızca merkezdeki uyaranlara odaklanmaları istenmiştir. Bu talimata rağmen, çeldirici uyaranların, merkezdeki görev ile ilgili performansı etkilediği bulunmuştur: Seçici dikkat altındaki uyaran (merkezdeki uyaran) ile seçici dikkat dışında kalan uyaranların (çeldirici) birbirleriyle uyumsuz yönde bulunduğu koşullarda katılımcıların tepki sürelerinde gecikmeler olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmanın vardığı sonuç insan eylemlerini gösteren biyolojik hareketlerin seçici dikkat dışında dahi görsel sistem tarafından işleniyor olmasıdır.

Bu sonuçları destekleyen ilk nörogörüntüleme çalışması Saygın ve Sereno'nun (2008) retinotopik haritalama yaptıkları işlevsel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) çalışmasıdır. Retinotopik haritalama, görsel alanın beyinde nasıl temsil edildiğini gösteren bir yöntemdir. Bu çalışmada, klasik retinotopi paradigmalarında olduğu gibi görsel alanda çevrel olarak saat yönünde dönen insan eylemleri videoları gösterilmiştir. Katılımcılardan bir koşulda bu eylemlerle ilgili bir görev yapmaları (yukarıdan aşağıya dikkat), başka bir koşulda ise bu eylemleri göz ardı etmeleri (aşağıdan yukarı dikkat) ve görsel alanın merkezinde ilgisiz bir görev yapmaları istenmiştir. Dikkatin eylemlere odaklandığı koşulda (yukarıdan aşağıya dikkat), insan eylemlerini işleyen beyin bölgelerinden oksipitotemporal, parietal ve premotor kortekste retinotopik haritalar gözlenmiştir. Dikkatin eylemlere odaklanmadığı, tam tersine

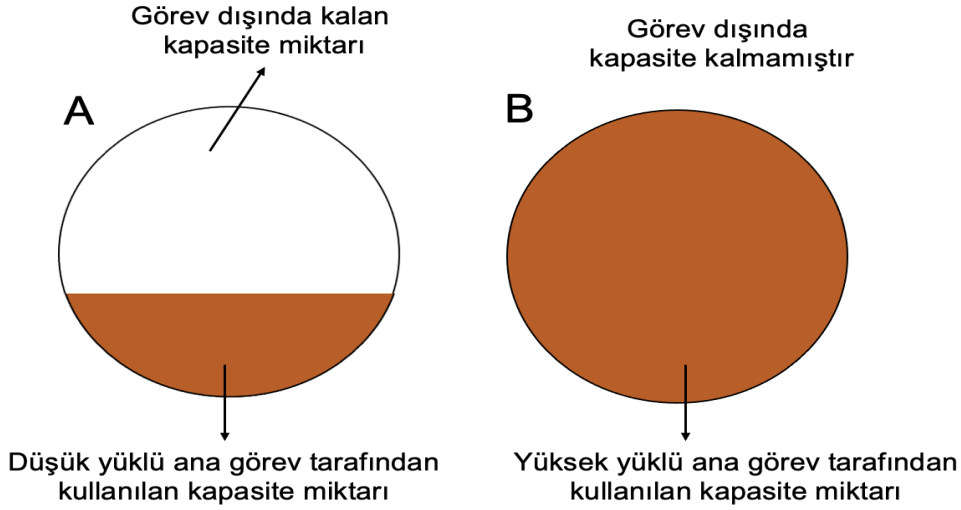
eylemlerin göz ardı edildiği koşulda (aşağıdan yukarıya dikkat) ise parietal ve premotor korteksteki retinotopi haritalarının azaldığı; oksipitotemporal korteksteki retinotopi haritalarının ise yine ortaya çıkabildiği gösterilmiştir. Bu sonuçlar, insan eylemlerinin, dikkatin odağı olmasalar dahi mekânsal dikkat görevleri altında beyin tarafından belli bir ölçüde işlendiğini göstermiştir.

Saygın ve Sereno (2008) çalışmasını takiben, Nizamoğlu ve Ürgen (2023), insan eylemlerinin aşağıdan yukarı doğru işlenmesini bir iMRG-aktivasyon çalışması ile gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmanın Saygın ve Sereno (2008)'dan iki önemli farkı bulunmaktadır. Birincisi, bu çalışmada dikkatin odağı olmayan insan eylemlerinin, ilgili beyin bölgelerinde retinotopik haritalar oluşturup oluşturulmamasından ziyade, bu bölgelerde aktivasyona sebep olup olmadığı araştırılmıştır. Retinotopik haritalar, yalnızca mekânsal dikkat görevleri altında ortaya çıkarken, beyin bölgelerinin aktivasyonu her türlü görev altında çalışılabilir ve bu nedenle daha avantajlıdır. Nizamoğlu ve Ürgen (2023) çalışmasındaki ikinci fark ise, çevrel olarak insan eylemlerinin gösterilmesi sırasında, görsel alanın merkezinde gerçekleştirilen görev türüdür. Bu görevde dikkat yükü manipüle edilmiştir. Bu manipülasyonun temel amacı, insan eylemlerinin, dikkatin odağı olmadığı durumlarda beyin tarafından işlenmesinin, kişinin genel dikkat yüküne bağlı olup olmadığının anlaşılmasıdır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bir sonraki bölümde açıklanacaktır ancak bunlar sunulmadan önce, algı ve dikkat yükü teorisi ve bu alanda daha önce yapılan çalışmalar aşağıdaki bölümde detaylı olarak açıklanacaktır.

Algı ve Dikkat Yükü Teorisi

Algı ve dikkat yükü teorisine (Load theory; Lavie, 1995, 2005) göre, insanların sınırlı bir algı/dikkat kapasitesi vardır. Bu kapasite, yapılan ya da maruz kalınan uyaran ve görevlerin etkisi ile yüklenir. Algı/dikkat yükü düşük (low load) iken, başka bir deyişle, ana görev bütün dikkat kaynaklarını kullanmadığında, dikkatin odaklandığı ana görev dışında, çevredeki diğer uyaranları da işlemek için yeterli algı/dikkat kapasitesi vardır (Şekil 2A). Algı/dikkat yükü yüksek (high load) olduğunda ise, başka bir deyişle, ana görev bütün dikkat kaynaklarını kullandığında, bütün kaynaklar ana göreve ayrıldığı için çevredeki diğer uyaranlar işlenemez (Şekil 2B). Başka bir deyişle, algı/dikkat yükü, çevredeki dikkat dağıtıcı unsurların (çeldiriciler) seçici dikkati ne kadar çeldirdiğini etkilemektedir. Eğer bir olayın algı/dikkat yükü fazla ise kapasitenin birçoğu tükenmiş ve böylece çevredeki dikkat dağıtıcı unsurların işlenme olasılığı düşmüştür. Ancak eğer algı/dikkat yükü düşük olan bir olay ile ilgileniliyorsa algı/dikkat kapasitesinde dikkat dağıtıcı unsurların seçici dikkati çeldirmesi ve algılanabilmesi için müsait alan vardır ve bu durumda kişinin esas olan olay üzerindeki performansı, çeldiricilerin varlığından olumsuz yönde etkilenmekte ve çeldiricinin algısal işlenmesi daha güçlü gerçekleşmektedir. Algı ve dikkat yükü teorisi, nörofizyolojik çalışmalarca da

desteklenmiştir. Bruckmaier ve diğerlerinin (2020) yayınlamış oldukları hücrel metabolizmanın ölçüldüğü çalışmada görülmüştür ki yapılan iş ya da gösterilen uyarının sebep olduğu zihinsel talep her ne olursa olsun, sağlanabilen serebral enerji belli bir kapasiteye sahiptir. Öyle ki ana görevin algı yükünün fazla olduğu durumda, nöral hesaplamaların yol açacağı enerji talebinin fazla olması, seçici dikkat dışında kalan çeldirici uyarının işlenmesi için sağlanan enerjide düşüğe sebep olmuştur. Bu sonuç, hücrel metabolizmaya bağlı olarak zihinde, dikkate dayalı bir dengeleme (compensation) mekanizması olduğunu göstermiştir.



Şekil 2. *Yük Teorisi (Lavie, 1995; Goldstein ve Brockmole (2016), 10th edition'dan adapte edilmiştir). (A) Algı/dikkat yükü düşük olduğunda, ana görev için ayrılan kapasite dışında, ana görevle ilgisi olmayan uyarıları (çeldirici) da işlemek için yeterli kapasite bulunmaktadır. (B) Algı/dikkat yükü yüksek olduğunda, kapasitenin tamamı ana göreve ayrılmıştır ve bu nedenle ana görevle ilgili olmayan uyarıların (çeldirici) işlenmesi mümkün olmamaktadır.*

IMRG yöntemi kullanılarak algı ve dikkat yükünün araştırıldığı çalışmalar, davranış deneyleri ve nörofizyoloji çalışmaları sonucunda ortaya atılan çıkarımları destekler niteliktedir. Algı yükünün, çeldirici konumundaki uyarıların nöral olarak işlenmesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı ilk iMRG çalışması Rees ve diğerleri (1997) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, ekranın merkezinde bir kelime uyarımı gösterilmiştir ve algı yükü manipüle edilmiştir. Katılımcılardan düşük algı durumunda büyük harfle başlayan kelimeleri, yüksek algı durumunda ise çift heceden oluşan kelimeleri saptamaları istenmiştir. Ekranın merkezine odaklanan katılımcılara aynı anda merkezden dışa doğru hareket eden çizgiler gösterilmiş ve katılımcılardan özellikle bu hareket eden çizgileri görmezden gelmelerinin

istendiği belirtilmiştir. Yüksek algı yükü koşuluna kıyasla düşük algı yükü koşulunda hareket eden çizgileri işleyen MT bölgesindeki aktivite, anlamlı olarak daha fazla görülmüştür.

Bu çalışmayı takip eden bir başka iMRG çalışmasında (Schwartz ve diğerleri, 2005), yine seçici dikkat altındaki ana görev, dikkat yükü ile manipüle edilmiş ve çevrel görüde özellikle dikkatin yönlendirilmemesi istenen görsel bir uyarın (çeldirici) kullanılmıştır. Bu çalışmanın, Rees ve diğerlerinden (1997) farklı olan en önemli özelliklerinden biri, merkezde gösterilen uyarınların hem düşük hem de yüksek yük koşulunda aynı olması ancak bu uyarınlar üzerinde yapılan görevlerin farklı olmasıdır. Görsel alanın merkezinde ve seçici dikkat altında, art arda seri biçimde farklı renklere ve oryantasyonlarda (düz ya da ters) “t” uyarınları gösterilmiştir. Düşük yük görevinde, katılımcılardan t uyarınının rengi kırmızı olduğunda, yüksek yük görevinde ise t uyarınının rengi sarı ve oryantasyonu düz ya da rengi yeşil ve oryantasyonu ters olduğunda bir düğmeye basmaları istenmiştir. Başka bir deyişle, aynı görsel uyarılma altında, düşük yük görevinde uyarının sadece renginin, yüksek yük görevinde ise hem renginin hem de oryantasyonunun takip edilmesi beklenmiştir. Bu çalışma bir retinotopi çalışması olduğu için ve erken görsel bölgeler araştırıldığı için çeldirici olarak ise çevrel görüde siyah-beyaz dama uyarını kullanılmıştır. Rees ve diğerlerinin (1997) çalışmasında görüldüğü gibi bu çalışmanın sonucunda da yüksek yük koşuluna kıyasla düşük yükü koşulunda dama uyarını işleyen erken görsel algı korteksi boyunca (V1-V4) daha şiddetli bir aktivasyon gözlemlenmiştir.

iMRG kullanılarak yapılan bir diğer çalışma ise Deseilles ve diğerlerinin (2009), görsel algıda dikkate dayalı nöral işlemenin depresyon hastaları ile sağlıklı kontrol grupları arasında ne açıdan fark ettiğini araştırdıkları çalışmadır. Bu makalede ana görev olarak Schwartz ve diğerlerinin (2005) kullandığı seri gösterimli t şekli uyarını kullanılmış, çeldirici olarak ise farklı renkteki küçük karelerden oluşan dikdörtgen biçimli bir görsel uyarın gösterilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda da renkli dikdörtgenle ilişkilendirilmiş görsel korteksteki bölgenin yüksek yük koşulunda düşük yük koşuluna kıyasla daha düşük aktivasyona sahip olduğu görülmüştür. Bahsi geçen üç çalışmada da yükün temel etkisinin, yani düşük yüke kıyasla yüksek yükte bulunan daha şiddetli aktivasyonun ise, fronto-parietal dikkat ağı bölgelerinde meydana geldiği görülmüştür. Sonuç olarak, algı ve dikkat yükünün manipüle edildiği yukarıda tartışılan iMRG çalışmalarında görüldüğü üzere seçici dikkat dışında kalan çevrel görüdeki çeldirici uyarınların nöral olarak işlenmesi doğrudan algı ve dikkat yüküne bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

iMRG çalışmalarının yanında, algı ve dikkat yükünün nöral işlemeyi nasıl modüle ettiğini araştıran ve benzer paradigmaları kullanan az sayıda EEG çalışması da mevcuttur (Rauss ve diğerleri, 2009, 2012). Bu çalışmalar, EEG'nin yüksek zamansal çözünürlüğü sayesinde algı ya da dikkat yükünün nöral işlemeyi etkilediği zaman aralıklarını tespit edebilmişlerdir. Örneğin, Rauss ve diğerlerinin (2009) çalışmasında, görsel alanın merkezinin

yukarısında ya da aşağısında, daha önce bahsedilen Schwartz ve diğerlerinin (2005) kullandığı seri gösterimli t şekli uyaranı kullanılmış; çeldirici olarak ise çevrel olarak hareket eden (yine merkezden yukarıda ya da aşağıda) nokta uyaranları gösterilmiştir. IMRG çalışmalarından farklı olarak, merkezde gösterilen t şekli uyaranları ile çevrel görüde gösterilen hareketli nokta uyaranları aynı anda gösterilmemiş ve gösterimleri arasında 250-493 ms arasında bir boşluk bırakılmıştır. Merkezde yapılan görevde, önceki çalışmalarda olduğu gibi dikkat yükü manipüle edilmiştir. Merkezdeki t uyaranları esas alınarak yapılan olaya ilişkin potansiyel analizinde, N1 potansiyelinin genliğinin yüksek yük koşulunda düşük yük koşuluna göre anlamlı bir şekilde arttığı gösterilmiştir. Çeldirici uyaranlar esas alınarak yapılan olaya ilişkin potansiyel analizinde ise, en erken görsel olaya ilişkin potansiyel olan C1 bileşenin (74-76 ms) genliğinin, dikkat yükü yüksek olduğunda (dikkat yükünün düşük olduğu duruma kıyasla) azaldığı gözlenmiştir. Bu da çevrel görüde gösterilen basit hareket uyaranlarının, dikkatin odağı olmasalar dahi, nöral işlemenin en erken aşamalarını etkilediğini ve bunun merkezdeki dikkat yüküne bağlı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmayı takiben, Rauss ve diğerleri (2012), bu defa merkezdeki t şekli uyaranları ile çevrel görüde gösterilen çeldirici uyaranları aynı anda göstererek bir EEG çalışması yapmışlardır (IMRG çalışmalarında olduğu gibi). Bu çalışmanın sonuçları, çevrel uyaranlar (çeldiriciler) olmadığı zaman, görsel korteks üzerindeki elektrotlardan ölçülen P1 ve N1 potansiyellerinin genliğinin dikkat yüküne bağlı olarak anlamlı bir şekilde değiştiğini göstermiştir. Dikkat yükü yüksek olduğunda (düşük olduğu koşula kıyasla), P1 ve N1 potansiyellerinin genliği artmıştır. Öte yandan, çevrel uyaranlar gösterildiği zaman, yani çeldiricilerin varlığında, dikkat yükü tarafından modüle edilen tek potansiyel C1 potansiyelidir. Dikkat yükü yüksek olduğunda (düşük olduğu koşula kıyasla), C1 potansiyelinin genliği artmıştır. Zamansal olarak C1'den sonra gelen olaya ilişkin potansiyellerde (P1 ve N1) ise dikkat yükünün etkisi görülmemiştir.

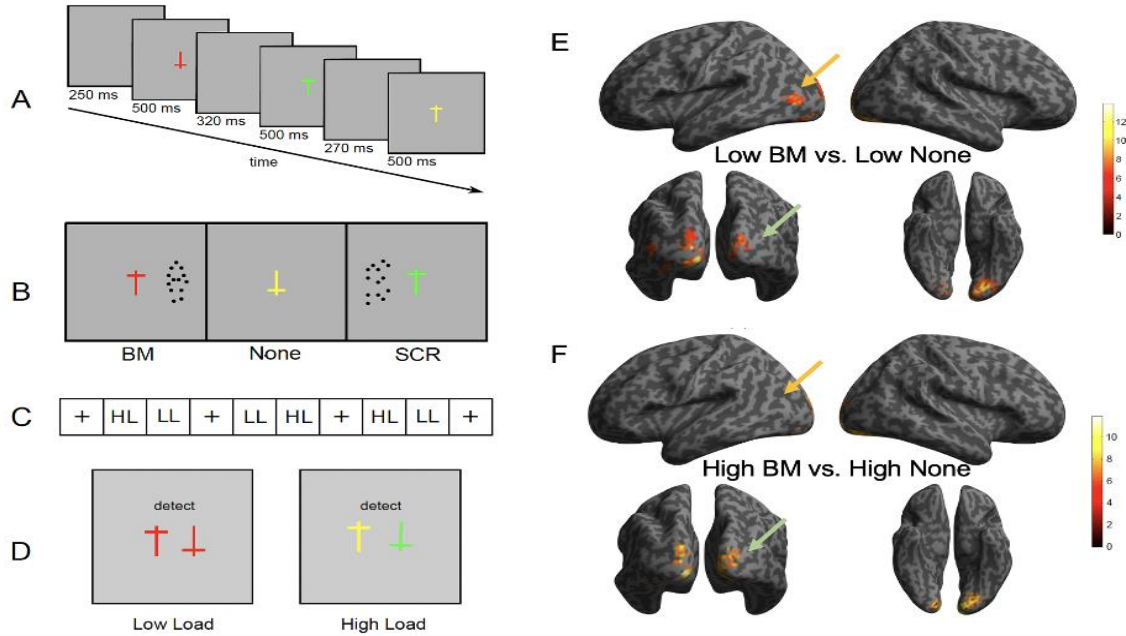
Bu iki EEG çalışmasının sonuçları, dikkatin odağı olmayan çeldirici uyaranların beyin tarafından işlenmesinin dikkat yüküne bağlı olduğunu, erken görsel süreçleri temsil eden P1 ve N1 potansiyellerini etkilediğini ancak bu etkilerin çeldirici ve merkezdeki uyaranların aynı anda gösterilip gösterilmediğine bağlı olduğunu göstermiştir. Her iki çalışmada da çeldirici olarak gösterilen uyaranların basit şekilde hareket eden noktalar olmaları nedeniyle, dikkati çeken çeldiricilerin daha karmaşık uyaranlar olması durumunda dikkat yükünden etkilenen potansiyellerin daha geç potansiyeller olup olmayacağı bilinmemektedir. Diğer bilinmeyen bir konu da bu tür deneysel paradigmalarda, başka bir deyişle, Rauss ve diğerleri (2009, 2012) ve önceki iMRG çalışmalarında olduğu gibi çeldiricilerin varlığında dikkat yükü manipüle edildiğinde kortikal osilasyonların nasıl modüle edileceğidir. Önceki dikkat çalışmaları, görsel korteks üzerindeki elektrotlardan ölçülen alfa osilasyonlarının (8-12 Hz), inhibe edilmesi gereken uyaranların varlığında daha güçlü olduğunu göstermiştir (Jensen ve diğerleri, 2012;

Jensen ve Mazaheri, 2010). Başka bir deyişle, inhibisyon gücü arttıkça alfa osilasyonlarının da gücünün arttığı gözlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, çeldiricilerin varlığında alfa osilasyonlarının gücünün dikkat yüküne bağlı olarak değişmesi beklenebilir. Örneğin, dikkat yükü yüksek olduğunda, çeldiricilerin inhibe edilmesi daha başarılı olacağı için, alfa osilasyonlarının gücünün, dikkat yükünün düşük olduğu duruma kıyasla daha fazla olması beklenebilir. Bu da ana görevle ilgisiz olan çeldirici uyaranların ne derece işlenip işlenmediği konusunda çok önemli ipuçları sağlayabilir.

İnsan Eylemlerini Tanıma ve Dikkat Yükü

Önceki bölümde bahsedilen ve günümüze kadar yapılan dikkat yükü çalışmalarında, çevrel görüde çeldirici olarak erken görsel süreçleri etkilediği bilinen dama tahtası (checkerboard) ya da hareket eden noktalar gibi basit uyaranlar kullanılmıştır. İnsan eylemleri gibi sosyal ve hayati anlamı olan ve çok daha karmaşık uyaranların kullanıldığı sadece bir çalışma mevcuttur (Nizamoğlu ve Ürgen, 2023). Bu çalışmada, Nizamoğlu ve Ürgen (2023), önceki çalışmalarla benzer bir paradigmayı kullanarak insan eylemlerinin dikkatin odağı dışında beyin tarafından işlenip işlenmediğini ve bunun dikkat yüküne bağlı olup olmadığını iMRG ile araştırmıştır. Deneyde, görsel alanın merkezinde seri şekilde sunulan t şekillerinin (Şekil 3A), düşük dikkat yükü (low load) altında rengine dair, yüksek dikkat yükü (high load) altında ise rengine ve oryantasyonuna dair bir değerlendirme yapılması istenmiştir. Katılımcılar, düşük dikkat yükü görevinde t şekli kırmızı ise, yüksek dikkat yükü görevinde ise t şekli sarı ve düz ya da yeşil ve ters ise cevap vermişlerdir (Şekil 3D). Merkezde t şeklinin gösterildiği aynı zamanda, çevrel görüde insan eylemlerini gösteren biyolojik hareket uyarını (BM) ya da onun kontrol uyarını olan karıştırılmış hareket uyarını (SCR) gösterilmiştir (Şekil 3B). Hiçbir çevrel uyarının olmadığı bir koşul da bulunmaktadır (None). Bu koşulların her biri bloklar halinde gösterilmiştir (Şekil 3C, HL: High Load; LL: Low Load, +: Dinlenme).

Nizamoğlu ve Ürgen (2023), iMRG verisini hem standart analiz olan tek değişkenli analizle (univariate analysis), hem de standart analizlerden daha hassas olduğu bilinen çok değişkenli örüntü analizleriyle (multivariate pattern analysis) analiz etmişlerdir. Her iki analiz ile elde edilen sonuçlar, yüksek dikkat yükü altında, çeldirici olarak gösterilen biyolojik hareketin yalnızca erken görsel bölgeleri aktive ettiğini (Şekil 3F, yeşil ok ile gösterilen bölgeler); öte yandan düşük dikkat yükü altında, yani kullanılacak dikkat kaynakları varken, erken görsel bölgelerin (Şekil 3E, yeşil ok ile gösterilen bölgeler) yanı sıra harekete duyarlı oksipitotemporal bölgeleri (Şekil 3E, turuncu ok ile gösterilen bölgeler) de aktive ettiğini göstermiştir. Bu sonuçlar, biyolojik hareket uyarınları ile gösterilen insan eylemlerinin, dikkatin odağı olmadıklarında dahi beyin tarafından işlendiğini, ancak aktive olan beyin bölgelerinin kapsamının dikkat yüküne bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur.



Şekil 3. İnsan eylemlerinin aşağıdan yukarıya (bottom-up) beyin tarafından nasıl işlendiğini dikkat yükü altında inceleyen iMRG çalışması (Çalışkan Nizamoğlu, 2022'den alınmıştır).

Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Nizamoğlu ve Ürgen'in (2023) çalışması, insan eylemlerinin dikkatin odağı olmadığında beyin tarafından ne derece işlendiğini gösteren birkaç çalışmadan biridir. Bu alanda çok az sayıda çalışma bulunması, pek çok soruyu da beraberinde getirmiştir. Aşağıda henüz cevabını bilmediğimiz ancak cevaplanması alan yazına önemli katkılar yapacak olan bazı sorular sıralanmıştır.

Nöral İşlemenin Zamansal Boyutları ve Dikkat Yükü

İnsan eylemlerinin dikkatin odağı dışında kalsa dahi hangi beyin bölgeleri tarafından işlendiği ve bu bölgelerin dikkat yüküne bağlı olarak nasıl değiştiği iMRG ile gösterilmiş olsa da nöral işlemenin zamansal boyutları iMRG'nin düşük zamansal çözünürlüğü nedeniyle bilinmemektedir. Dikkatin odağı dışında basit uyaranlar gösteren çalışmalar erken görsel olaya ilişkin potansiyeller olan P1 ve N1'de dikkat yüküne bağlı olarak modülasyonlar göstermiştir (Rauss ve diğerleri, 2009, 2012). Ancak insan eylemleri gibi sosyal ve hayati önemi olan ve çok daha karmaşık olan uyaranların, nöral işlemenin zamansal olarak hangi süreçlerini etkileyeceği cevaplanması gereken önemli bir sorudur. Örneğin, önceki bölümlerde bahsedildiği gibi biyolojik harekete duyarlı olduğu bilinen P1, N1, P2, N2, N300/N400 bileşenleri dikkat yükünden etkilenecek midir? Nizamoğlu ve Ürgen'in (2023) iMRG çalışmasından elde edilen sonuçlara bağlı olarak öne sürülebilecek bir hipotez, görece daha erken olan görsel olaya ilişkin potansiyellerinin (örn. P1, N1, P2, N2) dikkat yükünden

etkileneyeceği, daha geç semantik süreçlerle ilgili potansiyellerin (N300/N400) ise etkilenmeyeceği yönündedir. Çünkü bahsedilen çalışmada, biyolojik hareketi işleyen üçlü ağdan (oksipitotemporal, parietal ve premotor korteks) yalnızca oksipitotemporal bölgelerin dikkat yükü tarafından modüle edildiği gösterilmiştir. Bu bölgelerin, görsel işlemede zamansal olarak diğer iki bölgeden önce geldiği varsayılırsa ve parietal ve premotor bölgelerin daha çok eylemlerin semantiği ile ilgili yüksek seviye özellikleri işlediği (Jastorff ve diğerleri, 2010; Ürgen ve diğerleri, 2019) göz önüne alınırsa, bu hipotez geçerli ve test edilebilir bir hipotezdir.

Farklı Eylem Sınıfları ve Dikkat Çekme Kapasiteleri

Eylem algısı üzerine yapılan erken çalışmaların büyük bir çoğunluğu, canlıların hayatında sık kullanılmasından dolayı kavrama (grasping) veya ulaşma (reaching) gibi sınırlı sayıda eyleme odaklanmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar ise, uyaran olarak daha fazla sayıda eylem sınıfını kullanmaya başlamış ve farklı eylemlerin eylem algılama sisteminde benzer şekilde mi, yoksa farklı şekilde mi kodlandığını araştırmıştır (Orban ve diğerleri, 2021; Tarhan ve Konkle, 2020; Tucciarelli ve diğerleri, 2019; Ürgen ve diğerleri, 2019). Bizim çalışmalarımızı da içeren bir dizi çalışma, nesne tanımada olduğu gibi, insan eylemlerini tanıma için de insan beyninde kategori seçici bölgeler (category-selective areas) olduğunu göstermektedir (Abdollahi ve diğerleri, 2013; Corbo ve Orban, 2017; Ferri ve diğerleri, 2015; Ürgen ve Orban, 2021). Bu bölgeler özellikle posterior parietal kortekste (PPC) yer almaktadır.

Gelecek çalışmalarda ele alınabilecek sorulardan biri, bu anatomik ayrışmanın farklı eylem sınıflarının dikkat çekme kapasitesi üzerinde bir etkisi olup olmadığıdır. Başka bir deyişle, tüm eylemler benzer şekilde mi dikkat çekmektedir, yoksa bazı eylemler diğerlerinden çok daha hızlı mı dikkat çekmektedir? Eğer öyleyse, belirli bir eylem türünün diğerinden daha fazla dikkat çekip çekmediğini belirleyen nedir? Örneğin, eylemin izleyeni harekete geçirme kapasitesi (Orban ve diğerleri, 2021) ne derece önemlidir? Gelecek çalışmalarda test edilebilecek bir hipotez, katılımcıyı harekete geçirebilen eylemlerin katılımcıyı harekete geçirmeyen eylemlere kıyasla, dikkati daha çok çekeceği (davranışsal ve nöral olarak) ve bu bunun dikkat yükü ile modüle edileceği yönündedir.

Doğal Video Uyaranları ile Yapılacak Beyin Görüntüleme Çalışmaları

Nizamoğlu ve Ürgen (2023) çalışması, insan eylemlerinin aşağıdan yukarı dikkati nasıl etkilediğini ölçmek için alanyazında sıklıkla kullanılan nokta ışıklı biyolojik hareket uyaranlarını kullanmışlardır. Bu uyaranlar, eylemlere dair pek çok görsel öğenin kontrol edilebilmesi ve karıştırıcı etkenlerin etkilerinin engellenmesi adına önemli bir işleve sahiptirler. Ancak, bu uyaranların, günlük hayatta karşılaştığımız insan eylemleri düşünüldüğünde çok basit ve yapay kaldıkları ve insan eylemlerini işleyen beyin bölgelerinde daha zayıf aktivasyona sebep oldukları bilinmektedir. Nitekim, Nizamoğlu ve Ürgen (2023)

çalışmasında, dikkatin odağı olmayan biyolojik hareket uyaranları, insan beyninde eylemleri işleyen bölgelerden yalnızca oksipitotemporal bölgeleri sınırlı bir şekilde aktive etmiştir. Gelecek çalışmalar, benzer paradigmalarda, nokta ışıklı uyaranlar yerine, daha doğal eylem videoları göstererek, eylem algısı sistemini oluşturan pSTS, parietal ve premotor bölgelerin de aktive olup olmayacağını ve dikkat yükü tarafından modüle edilip edilmeyeceğini test edebilir.

Klinik Popülasyonlar Çalışmaları

Pek çok nörolojik ve psikiyatrik hastalıkta, biyolojik hareketi algılamada problemler olduğu bilinmektedir. Bu problemlerin anlaşılabilmesi ve uygun tedaviler geliştirilebilmesi için sağlıklı bireylerde davranışsal ve nöral olarak biyolojik hareketin nasıl işlendiğinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Günümüze kadar yapılan çalışmaların birçoğu biyolojik hareket algısını, dikkatin odağı olduğunda incelemiştir. Bu çalışmaların odaklandığı hastalıklar arasında şizofreni (Okuszek ve Pilecka, 2017), otizm (Federici ve diğerleri, 2020), duygu-durum bozuklukları (Kaletsch ve diğerleri, 2014; Loi ve diğerleri, 2013), anksiyete bozuklukları (Van de Cruys ve diğerleri, 2013) ve yeme bozuklukları (Phillipou ve diğerleri, 2016; Vocks ve diğerleri, 2007; Zucker ve diğerleri, 2013) yer almaktadır.

Klinik popülasyonlar üzerine odaklanan biyolojik hareket çalışmalarında temel olarak iki tür görev kullanılmıştır. Bu görevlerden biri, biyolojik hareketi ya da yönünü tespit etme görevidir. İkinci tür görev ise, biyolojik hareket uyaranından daha üst seviyede bilgiler çıkarma görevidir (örneğin, biyolojik hareketin taşıdığı duygu durumunu tespit etme). Şizofreni hastaları ile yapılan çalışmalarda, bu hasta grubunda her iki tür görevde de sağlıklı gruplara kıyasla problemler olduğu tespit edilmiştir (Okuszek ve Pilecka, 2017). Bu problemler arasında biyolojik hareketi tespit ya da ayırt etme ya da biyolojik hareketten duyguları tanıma performansları sağlıklı gruba göre daha düşük bulunmuştur. Duygu-durum bozuklukları arasında yer alan majör depresyon hastalığında, biyolojik hareketi tespit etme görevi sağlıklı bireylerle benzer sonuçlar ortaya koymuştur (Kaletsch ve diğerleri, 2014). Ancak, aynı hasta grubunda biyolojik hareketten duyguları tanıma görevinde seçici olarak hasarlar tespit edilmiştir (Loi ve diğerleri, 2013). Bu hasta grubu, sağlıklı bireylere göre mutluluk içeren uyaranları tanımada zorluk çekerken, kızgınlık, üzüntü ya da korku duygularını tanımada sağlıklı bireylerle benzer bir performans göstermiştir. Başka bir duygu-durum bozukluğu olan bipolar bozuklukta ise, biyolojik hareketten duyguları tanımada hasarlar olmakla birlikte, bu hasarlar majör depresyon hastalığında olduğu gibi duyguya seçici değildir; tüm duyguları tanımada sağlıklı bireylere göre problemler yaşanmaktadır (Vaskinn ve diğerleri, 2017). Anksiyete bozuklukları arasında yer alan sosyal anksiyete bozukluğunda ise, derinlik bilgisi içermeyen biyolojik hareketin hangi yöne gittiğini anlama görevinde sağlıklı bireylere göre farklılıklar bulunmaktadır. Yürüme yönü muğlak olan bir biyolojik hareket uyaranı, genellikle

izleyen kişiye doğru yürüyormuş gibi algılanır (Vanrie ve diğerleri, 2004). Ancak sosyal anksiyete bozukluğu olan hastaların, aynı uyararı, kişiden uzaklaşıyormuş gibi algıladıkları tespit edilmiştir (Van de Cruys ve diğerleri, 2013). Yeme bozukluklarında ise, biyolojik hareketten duyguları tanımada problemler olduğu ortaya koyulmuştur (Zucker ve diğerleri, 2013). Ayrıca, bu hastalık gruplarında biyolojik hareketin yansıttığı beden büyüklüğünü anlamada da sağlıklı gruba göre farklılıklar tespit edilmiştir (Phillipou ve diğerleri, 2016; Vocks ve diğerleri, 2007). Otizmde ise, biyolojik hareketi tespit etme ve duyguları tanıma görevlerinde birbiriyle çelişkili sonuçlar raporlanmıştır. Bazı çalışmalar, otizmde biyolojik hareketi algılama görevinin sağlıklı bireylerle benzer olduğunu gösterirken, bazı çalışmalar ise otizmde bu görevin hasarlı olduğunu göstermiştir (Federici ve diğerleri, 2020). Bu çalışmaların kapsamlı bir değerlendirmesini yapan Federici ve diğerleri (2020), çalışmalar arasındaki uyumsuz sonuçların altında yatan temel sebepler arasında kullanılan kontrol uyarılarının olduğunu belirtmiştir. Bazı çalışmalarda, biyolojik hareket uyarısının kontrol uyararı olarak, biyolojik hareket uyarısını oluşturan noktaların *uzamsal* olarak rastgele dağıtılması ile oluşturulan bir uyararı kullanıldığı belirtilmiştir. Diğer çalışmalarda ise, kontrol uyararı, biyolojik hareket uyarısını oluşturan noktaların *zamansal* olarak farklılaştırılması ile oluşturulmuştur. Uzamsal bozulmalarda, otizmlili bireylerin sağlıklı bireylere benzer performans gösterdiği, zamansal bozulmalarda ise sağlıklı bireylere göre daha düşük bir performans gösterdiği ortaya koyulmuştur (Federici ve diğerleri, 2020).

Özet olarak, bugüne kadar klinik gruplarla yapılan biyolojik hareket çalışmaları, biyolojik hareketin dikkatin odağı olduğu görevlere odaklanmıştır. Biyolojik hareketin, bu hastalık gruplarında dikkatin odağı olmadığında ve dikkat yüküne bağlı olarak nasıl işleneceği gelecekteki klinik çalışmaların inceleyebileceği önemli sorular arasında yer almaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı: Makale Burcu A. Ürgen tarafından tasarlanmıştır. Burcu A. Ürgen ve Hilal Nizamoğlu birlikte katkıda bulunmuşlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Yazar Notu: Nizamoğlu (2022) çalışması, Hilal Nizamoğlu'nun Bilkent Üniversitesi Nörobilim Yüksek Lisans Programı'nda yaptığı tez çalışmasıdır.

Finansal Destek Beyanı: Çalışma boyunca Burcu A. Ürgen yürütücü, Hilal Nizamoğlu bursiyer olarak 119K654 no'lu TÜBİTAK 3501 KARIYER projesi tarafından desteklenmiştir.

Etik Kurul Onayı: Çalışma Bilkent Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Onay no: 2019_01_29_01).

Kaynakça

- Abdollahi, R. O., Jastorff, J. ve Orban, G. A. (2013). Common and segregated processing of observed actions in human SPL. *Cerebral cortex*, 23(11), 2734-2753. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs264>
- Arnstein, D., Cui, F., Keysers, C., Maurits, N. M. ve Gazzola, V. (2011). μ -suppression during action observation and execution correlates with BOLD in dorsal premotor, inferior parietal, and SI cortices. *Journal of Neuroscience*, 31(40), 14243-14249. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0963-11.2011>
- Blake, R. ve Shiffrar, M. (2007). Perception of human motion. *Annu. Rev. Psychol.*, 58, 47-73. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.57.102904.190152>
- Bruckmaier, M., Tachtsidis, I., Phan, P. ve Lavie, N. (2020). Attention and capacity limits in perception: A cellular metabolism account. *Journal of Neuroscience*, 40(35), 6801-6811. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2368-19.2020>
- Caspers, S., Zilles, K., Laird, A. R. ve Eickhoff, S. B. (2010). ALE meta-analysis of action observation and imitation in the human brain. *Neuroimage*, 50(3), 1148-1167. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.12.112>
- Corbo, D. ve Orban, G. A. (2017). Observing others speak or sing activates Spt and neighboring parietal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(6), 1002-1021. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01103
- Çalışkan Nizamoğlu, H. (2022). *Neural Underpinnings of Biological Motion Perception Under Attentional Load* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi.
- Desseilles, M., Balteau, E., Sterpenich, V., Dang-Vu, T. T., Darsaud, A., Vandewalle, G., Albouy, G., Salmon, E., Peters, F., Schmidt, C., Schabus, M., Gais, S., Degueldre, C., Phillips, C., Luxen, A., Ansseau, M., Maquet, P. ve Schwartz, S. (2009). Abnormal neural filtering of irrelevant visual information in depression. *Journal of Neuroscience*, 29(5), 1395-1403. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.3341-08.2009>
- Federici, A., Parma, V., Vicovaro, M., Radassao, L., Casartelli, L. ve Ronconi, L. (2020). Anomalous perception of biological motion in autism: a conceptual review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 4576. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61252-3>
- Ferri, S., Rizzolatti, G. ve Orban, G. A. (2015). The organization of the posterior parietal cortex devoted to upper limb actions: An fMRI study. *Human Brain Mapping*, 36(10), 3845-3866. <https://doi.org/10.1002/hbm.22882>
- Giese, M. A. ve Rizzolatti, G. (2015). Neural and computational mechanisms of action processing: interaction between visual and motor representations. *Neuron*, 88(1), 167-180. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.09.040>
- Goldstein, E. B. ve Brockmole, J. R. (2016). *Sensation and perception* (10th ed.). Cengage Learning.
- Grossman, E. D. ve Blake, R. (2002). Brain areas active during visual perception of biological motion. *Neuron*, 35(6), 1167-1175. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(02\)00897-8](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)00897-8)
- Hirai, M., Fukushima, H. ve Hiraki, K. (2003). An event-related potentials study of biological motion perception in humans. *Neuroscience Letters*, 344(1), 41-44. [https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(03\)00413-0](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(03)00413-0)
- Jastorff, J., Begliomini, C., Fabbri-Destro, M., Rizzolatti, G. ve Orban, G. A. (2010). Coding observed motor acts: different organizational principles in the parietal and premotor cortex of humans. *Journal of Neurophysiology*, 104(1), 128-140. <https://doi.org/10.1152/jn.00254.2010>

- Jastorff, J., Abdollahi, R. O., Fasano, F. ve Orban, G. A. (2016). Seeing biological actions in 3 D: An fMRI study. *Human Brain Mapping*, 37(1), 203-219. <https://doi.org/10.1002/hbm.23020>
- Jensen, O. ve Mazaheri, A. (2010). Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 186. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00186>
- Jensen, O., Bonnefond, M. ve VanRullen, R. (2012). An oscillatory mechanism for prioritizing salient unattended stimuli. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(4), 200-206. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.03.002>
- Kaletsch, M., Pilgramm, S., Bischoff, M., Kindermann, S., Sauerbier, I., Stark, R., Lis, S., Gallhofer, B., Sammer, G., Zentgraf, K., Munzert, J. ve Lorey, B. (2014). Major depressive disorder alters perception of emotional body movements. *Frontiers in Psychiatry*, 5, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2014.00004>
- Krakowski, A. I., Ross, L. A., Snyder, A. C., Sehatpour, P., Kelly, S. P. ve Foxe, J. J. (2011). The neurophysiology of human biological motion processing: a high-density electrical mapping study. *NeuroImage*, 56(1), 373-383. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.01.058>
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(3), 451. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.3.451>
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(2), 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.004>
- Lingnau, A. ve Downing, P. E. (2015). The lateral occipitotemporal cortex in action. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(5), 268-277. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.03.006>
- Loi, F., Vaidya, J. G. ve Paradiso, S. (2013). Recognition of emotion from body language among patients with unipolar depression. *Psychiatry Research* 209, 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2013.03.001>
- Nelissen, K., Borra, E., Gerbella, M., Rozzi, S., Luppino, G., Vanduffel, W., Rizzolatti, G. ve Orban, G. A. (2011). Action observation circuits in the macaque monkey cortex. *Journal of Neuroscience*, 31(10), 3743-3756. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4803-10.2011>
- Nizamoğlu, H. ve Ürgen, B. A. (2023). Neural processing of bottom up perception of biological motion under attentional load. *bioRxiv*, 2023-03. <https://doi.org/10.1101/2023.03.14.532555>
- Oberman, L. M., Pineda, J. A. ve Ramachandran, V. S. (2007). The human mirror neuron system: a link between action observation and social skills. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(1), 62-66. <https://doi.org/10.1093/scan/nsl022>
- Okruszek, Ł. ve Pilecka, I. (2017). Biological motion processing in schizophrenia—Systematic review and meta-analysis. *Schizophrenia Research*, 190, 3-10. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2017.03.013>
- Oosterhof, N. N., Tipper, S. P. ve Downing, P. E. (2013). Crossmodal and action-specific: neuroimaging the human mirror neuron system. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(7), 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.04.012>
- Orban, G. A., Lanzilotto, M. ve Bonini, L. (2021). From observed action identity to social affordances. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(6), 493-505. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.02.012>
- Peelen, M. V. ve Downing, P. E. (2007). The neural basis of visual body perception. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(8), 636-648. <https://doi.org/10.1038/nrn2195>

- Phillipou, A., Rossell, S. L., Gurvich, C., Castle, D. J., Troje, N. F. ve Abel, L. A. (2016). Body image in anorexia nervosa: Body size estimation utilising a biological motion task and eyetracking. *European Eating Disorders Review*, 24(2), 131-138. <https://doi.org/10.1002/erv.2423>
- Press, C., Cook, J., Blakemore, S. J. ve Kilner, J. (2011). Dynamic modulation of human motor activity when observing actions. *Journal of Neuroscience*, 31(8), 2792-2800. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1595-10.2011>
- Rauss, K. S., Pourtois, G., Vuilleumier, P. ve Schwartz, S. (2009). Attentional load modifies early activity in human primary visual cortex. *Human Brain Mapping*, 30(5), 1723-1733. <https://doi.org/10.1002/hbm.20636>
- Rauss, K., Pourtois, G., Vuilleumier, P. ve Schwartz, S. (2012). Effects of attentional load on early visual processing depend on stimulus timing. *Human Brain Mapping*, 33(1), 63-74. <https://doi.org/10.1002/hbm.21193>
- Rees, G., Frith, C. D. ve Lavie, N. (1997). Modulating irrelevant motion perception by varying attentional load in an unrelated task. *Science*, 278(5343), 1616-1619. <https://doi.org/10.1126/science.278.5343.1616>
- Saygın, A. P. (2007). Superior temporal and premotor brain areas necessary for biological motion perception. *Brain*, 130(9), 2452-2461. <https://doi.org/10.1093/brain/awm162>
- Saygın, A. P. ve Sereno, M. I. (2008). Retinotopy and attention in human occipital, temporal, parietal, and frontal cortex. *Cerebral Cortex*, 18(9), 2158-2168. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm242>
- Schwartz, S., Vuilleumier, P., Hutton, C., Maravita, A., Dolan, R. J. ve Driver, J. (2005). Attentional load and sensory competition in human vision: modulation of fMRI responses by load at fixation during task-irrelevant stimulation in the peripheral visual field. *Cerebral Cortex*, 15(6), 770-786. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh178>
- Sitnikova, T., Kuperberg, G. ve Holcomb, P. J. (2003). Semantic integration in videos of real-world events: An electrophysiological investigation. *Psychophysiology*, 40(1), 160-164. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00016>
- Sitnikova, T., Holcomb, P. J., Kiyonaga, K. A. ve Kuperberg, G. R. (2008). Two neurocognitive mechanisms of semantic integration during the comprehension of visual real-world events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(11), 2037-2057. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20143>
- Tarhan, L. ve Konkle, T. (2020). Sociality and interaction envelope organize visual action representations. *Nature Communications*, 11(1), 3002. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16846-w>
- Thornton, I. M. ve Vuong, Q. C. (2004). Incidental processing of biological motion. *Current Biology*, 14(12), 1084-1089. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.06.025>
- Tucciarelli, R., Wurm, M., Baccolo, E. ve Lingnau, A. (2019). The representational space of observed actions. *Elife*, 8, e47686. <https://doi.org/10.7554/elife.47686>
- Ürgen, B. A., Plank, M., Ishiguro, H., Poizner, H. ve Saygın, A. P. (2013). EEG theta and Mu oscillations during perception of human and robot actions. *Frontiers in neurorobotics*, 7, 19. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2013.00019>
- Ürgen, B. A., Kutas, M. ve Saygın, A. P. (2018). Uncanny valley as a window into predictive processing in the social brain. *Neuropsychologia*, 114, 181-185. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.027>

- Ürgen, B. A., Pehlivan, S. ve Saygın, A. P. (2019). Distinct representations in occipito-temporal, parietal, and premotor cortex during action perception revealed by fMRI and computational modeling. *Neuropsychologia*, 127, 35-47. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.02.006>
- Ürgen, B. A. ve Saygın, A. P. (2020). Predictive processing account of action perception: Evidence from effective connectivity in the action observation network. *Cortex*, 128, 132-142. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.03.014>
- Ürgen, B. A. ve Orban, G. A. (2021). The unique role of parietal cortex in action observation: Functional organization for communicative and manipulative actions. *NeuroImage*, 237, 118220. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118220>
- Van de Cruys, S., Schouten, B. ve Wagemans, J. (2013). An anxiety-induced bias in the perception of a bistable point-light walker. *Acta Psychologica*, 144(3), 548-553. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.09.010>
- Vanrie, J., Dekeyser, M., & Verfaillie, K. (2004). Bistability and biasing effects in the perception of ambiguous point-light walkers. *Perception*, 33(5), 547-560. <https://doi.org/10.1068/p5004>
- Vaskinn, A., Lagerberg, T. V., Bjella, T. D., Simonsen, C., Andreassen, O. A., Ueland, T. ve Sundet, K. (2017). Impairment in emotion perception from body movements in individuals with bipolar I and bipolar II disorder is associated with functional capacity. *International Journal of Bipolar Disorders*, 5, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40345-017-0083-7>
- Vocks, S., Legenbauer, T., Rüdell, H. ve Troje, N. F. (2007). Static and dynamic body image in bulimia nervosa: mental representation of body dimensions and biological motion patterns. *International Journal of Eating Disorders*, 40(1), 59-66. <https://doi.org/10.1002/eat.20336>
- Vogel, K. (2017). Two social brains: neural mechanisms of intersubjectivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1727), 20160245. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0245>
- Zucker, N., Moskovich, A., Bulik, C. M., Merwin, R., Gaddis, K., Losh, M., Piven, J., Wagner, H. R. ve LaBar, K. S. (2013). Perception of affect in biological motion cues in anorexia nervosa. *International Journal of Eating Disorders*, 46(1), 12-22. <https://doi.org/10.1002/eat.22062>

Visual Perception of Human Actions and Attention

Summary

A fundamental skill possessed by all animals, including humans, is the ability to perceive and recognize the movements and actions of other living beings (also known as biological motion) in their environment. Neurophysiological and neuroimaging studies conducted to date have largely identified the brain regions that are important and necessary for perceiving the actions of other beings in our surroundings. These regions include the posterior superior temporal sulcus (pSTS), parietal cortex, and premotor cortex, and are known as the Action Observation Network. While this network is well-established, the majority of the studies in the literature have examined the perception of actions under selective attention tasks. In other words, the stimuli depicting human actions (e.g., images, videos, or point-light displays) were the focus of attention, and participants performed tasks related to the movements and actions they observed. However, in daily life, human movements that are not the focus of our attention can still attract our attention due to their social or vital significance and can be automatically perceived outside of selective attention. This review article discusses behavioral and neuroimaging studies that examine how the brain processes human movements in situations where they are not the focus of attention along with the ones where the actions are the focus of attention. By doing so, we aim to understand how bottom-up and top-down processes interact during the perception of human actions, which has been a topic that has been overlooked in the literature. A particular focus in the review is on the attentional load theory, originally proposed by Lavie (1995). According to this theory, attention is a limited resource, and whether or not we would be able to allocate our attentional resources to task-irrelevant stimuli depends on our current attentional load. More specifically, when our attentional load is low, task-irrelevant stimuli could capture our attention and interfere with the processing of task-relevant stimuli. However, when our attentional load is high, it would be difficult for the task-irrelevant stimuli to capture our attention since there are not enough available attentional resources. One of the aims of this paper is to review whether human actions are processed in a bottom-up fashion even when the attentional load is high, given their social and survival value in daily life. To do so, we first review studies on visual perception of human actions under selective attention tasks. Next, we introduce the attentional load theory and summarize the behavioral and neuroimaging studies in this framework. Then, we examine studies on visual perception of actions under attentional load, which is a new area of research in the field. We finish the review by providing some suggestions for future work including the consideration of the timing of neural processing (e.g., with the contribution of EEG studies), the attention-capturing capacity of different action classes, the need for more naturalistic setups with high ecological validity such as perception of 'live actions', as well as the interplay

of bottom-up and top-down processing of human actions in clinical populations such as anxiety disorders, stroke, and movement disorders.