

## PSİKOTERAPÖTİK MÜDAHALELERİN NÖROBİYOLOJİK TEMELLERİ VE NÖROGÖRÜNTÜLEME BULGULARI

### Neurobiological Foundations of Psychotherapeutic Interventions and Neuroimaging Findings

Aslı İnan<sup>1</sup>

#### Öz

Nörogörüntüleme tekniklerindeki ilerlemeler, farklı terapi türlerinin beynin plastisite kapasitesini harekete geçirerek kalıcı değişimler yarattığını ortaya koymaktadır. Bu derlemede, psikoterapinin nörobiyolojik etki mekanizmaları, amigdala, prefrontal korteks ve anterior singulat korteks gibi temel beyin bölgelerinde gözlenen değişimler ile fMRI, PET ve yapısal MRI bulguları sistematik olarak ele alınmıştır. Psikoterapi, yeni bilişsel ve duygusal deneyimler sağlayarak bu plastisiteyi tetikler. Bulgular, amigdala düzeyinde aşırı duygusal tepkilerin azaldığını ve prefrontal kontrolün güçlendiğini; prefrontal kortekste ise bilişsel kontrol, dikkat ve duygu düzenleme işlevlerinde normalleşme sağlandığını göstermektedir. Anterior singulat korteksin ise tehdit algısı ve çatışma izleme süreçlerinde terapötik iyileşmenin önemli bir belirteci olduğu vurgulanmaktadır. fMRI çalışmalarında, terapi sonrası limbik sistem hiperaktivitesinin azaldığı, prefrontal ve kontrol ağlarının işlevsel bağlantılarının güçlendiği; PET ve yapısal MRI bulgularında ise metabolik aktivitenin düzenlendiği, hipokampus ve prefrontal bölgelerde hacim artışlarının meydana geldiği saptanmıştır. Bilişsel Davranışçı Terapi, Psikodinamik Terapi ve EMDR gibi yöntemler farklı yollarla aynı hedefe ulaşmaktadır: beyin devrelerinin adaptif biçimde yeniden yapılandırılması. Sonuç olarak, psikoterapi beynin biyolojik yapısını ve işleyişini anlamlı biçimde dönüştürmekte, bu değişimler de klinik iyileşmeyle paralel seyretmektedir. Bu nörobiyolojik kanıtlar, psikoterapinin bilimsel temellerini güçlendirmekte ve gelecekte kişiye özgü tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Psikoterapi, Beyin Plastisitesi, Nörogörüntüleme, Amigdala, Prefrontal Korteks

#### Abstract

Advances in neuroimaging techniques have revealed that different therapeutic approaches activate the brain's plasticity potential, resulting in lasting neural changes. This review synthesizes current evidence on the neurobiological mechanisms of psychotherapy, highlighting alterations observed in key brain regions such as the amygdala, prefrontal cortex, and anterior cingulate cortex, as well as findings from fMRI, PET, and structural MRI studies. Psychotherapy provides novel cognitive and emotional experiences that trigger this plasticity. Evidence shows reduced hyper-reactivity in the amygdala and enhanced prefrontal control, alongside normalization of cognitive control, attention, and emotion regulation functions within the prefrontal cortex. The anterior cingulate cortex emerges as a key marker of therapeutic improvement, particularly in threat perception and conflict monitoring. Functional MRI studies indicate that psychotherapy decreases limbic hyperactivity and strengthens connectivity within prefrontal and executive control networks. PET and structural MRI studies reveal metabolic regulation and volumetric increases in the hippocampus and prefrontal areas. Cognitive Behavioral Therapy, Psychodynamic Therapy, and Eye Movement Desensitization and Reprocessing (EMDR) reach the common goal of adaptively reorganizing brain circuits through distinct mechanisms. In conclusion, psychotherapy meaningfully reshapes the brain's biological structure and function, with these neural changes closely paralleling clinical improvement. The accumulating neurobiological evidence reinforces the scientific foundations of psychotherapy and paves the way for the development of personalized, brain-based treatment strategies in the future.

**Keywords:** Psychotherapy, Neuroplasticity, Neuroimaging, Amygdala, Prefrontal Cortex

#### Giriş

Psikoterapi, yalnızca bireyin duygu, düşünce ve davranış örüntülerinde değil, aynı zamanda beynin yapısal ve işlevsel dinamiklerinde de değişim yaratan, bilimsel temellere dayalı bir müdahale biçimidir.

Psikoterapinin başarı ihtimali beynin, zihnin ve ilişkilerin üç temel mekanizmasına dayalıdır. 1. Beyin, evrim tarafından başkalarıyla bağlantı kurabilmek ve onlarla etkileşim sayesinde değişebilmek üzere şe-

<sup>1</sup>Bilim Uzmanı, Çağ Üniversitesi Psikoloji Bölümü, e-posta: asli.inan@student.cag.edu.tr, ORCID: 0009-0001-4452-5146.

killendirilmiş sosyal bir uyum sağlama organıdır. Psikoterapi, beynin başkalarına uyumlanıp onlardan öğrendikleriyle değişebilme kapasitesinin avantajını kullanır. 2. Değişim, beynin nöroplastik süreçlerinin harekete geçirilmesine bağlıdır. Herhangi bir değişimin gerçekleşebilmesi için beynimizin düşünce, duygu ve davranışlarımıza yansıyan yapısal değişikliklere gitmesi gerekir. Yani, psikoterapinin başarısı, terapistin, danışanların beynindeki nöroplastisiteyi uyarmaktaki becerisinde kuruludur. Böylece, danışanların beyninde yeni bağlantılar kurabilmesi, eski bağlantıların bırakılabilmesi ve eskiden kopuk olan nöron ağlarının birleştirilmesi mümkün olur. 3. Birlikte noral ve ruhsal bütünlüğü destekleyen yeni hikayeler yaratırken, bir yandan da gelecekteki deneyimlere rehberlik etmek üzere kullanılacak yeni şablonlar oluştururuz (Cozolino, 2016).

Son otuz yılda gelişen nörogörüntüleme teknikleri sayesinde, psikoterapinin beyindeki etkileri daha önce hiç olmadığı kadar ayrıntılı biçimde incelenebilmiştir. Artık yalnızca semptom iyileşmelerini değil, bu iyileşmelerin nöral karşılıkları da gözlemlenmektedir (Beauregard, 2014). Bu bağlamda, işlevsel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI), pozitron emisyon tomografisi (PET) ve yapısal MRI çalışmaları, psikoterapinin sinirsel devrelerde yarattığı normalleştirici etkilerin güçlü kanıtlarını sunmaktadır (Porto vd., 2009; König vd., 2025).

Psikoterapinin nörobiyolojik etkilerinin merkezinde beyin plastisitesi kavramı yer alır. Beyin plastisitesi, çevresel deneyim ve öğrenme süreçlerine bağlı olarak sinaptik bağlantıların ve nöral ağların yeniden şekillenebilme kapasitesini ifade eder (Bradley, 2012). Psikoterapi, yeni düşünce ve davranış kalıplarının öğrenilmesini sağlayarak bu plastisiteyi harekete geçirir. Bu süreçte, gen ekspresyonundan sinaptik güçlenmeye kadar uzanan biyolojik mekanizmalar devreye girer (Kandel akt. Corrigan, 2018). Dolayısıyla terapötik değişim yalnızca psikolojik düzeyde değil, biyolojik düzeyde de kalıcı izler bırakır.

Klinik araştırmalar, psikoterapinin çeşitli beyin bölgeleri üzerinde farklı ama birbirini tamamlayan etkiler yarattığını göstermektedir. Örneğin, bilişsel davranışçı terapi (BDT), prefrontal korteksin etkinliğini artırarak “üstten aşağı” (top-down) kontrol mekanizmalarını güçlendirirken; farmakoterapi genellikle limbik sistemin aşırı aktivitesini azaltarak “alttan yukarı” (bottom-up) etkiler sağlar (Laugharne vd., 2016). Bu iki mekanizma, tedavi etkinliğini artırmak için birbirini destekleyebilir.

Psikoterapinin beynin hangi bölgelerini hedef aldığına dair araştırmalar, özellikle amigdala, prefrontal korteks ve anterior singulat korteks üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Örneğin, travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) olan kişilerde amigdalanın hem boyutunda hem de tepkiselliğinde değişiklikler görülebilir. Bu değişimler, tedavinin duygusal işleme mekanizmaları üzerindeki etkisini gösterir (Laugharne vd., 2016; Shou vd., 2017).

Benzer şekilde, depresyon hastalarında medial prefrontal korteks ve ventral anterior singulat korteks bölgelerinde görülen düşük aktivite düzeyi, bilişsel yeniden yapılandırma sürecinin beyinde nasıl yansıdığını ortaya koyar. Bu durum, psikoterapinin düşünce ve duygu düzenleme süreçlerinde nörobiyolojik bir etkiye sahip olduğunu gösteren önemli bir bulgudur (Yoshimura vd., 2014).

Nörogörüntüleme çalışmalarında elde edilen bulgular, yalnızca mevcut tedavi sonuçlarını anlamakla kalmaz; aynı zamanda hangi hastanın hangi terapiye daha iyi yanıt vereceğini öngörmeye de kullanılabilir. Örneğin, rostral anterior singulat korteks hacminin yüksek olması, internet tabanlı BDT'ye daha iyi yanıtla ilişkilendirilmiştir (Webb vd., 2018). Bu tür biyolojik öngörücüler, gelecekte kişiselleştirilmiş psikoterapi uygulamalarının temelini oluşturabilir (Månsson vd., 2021).

Literatürdeki önemli gelişmelere rağmen, halen bazı boşluklar mevcuttur. Bunlardan biri mevcut çalışmaların çoğu küçük örneklemli olup, genellikle tek bir terapi türü ve tanı grubuna odaklanmış olmasıdır. Bu durum, sonuçların genellenebilirliğini sınırlar (Brooks & Stein, 2015). Ayrıca, terapi sonrası değişimlerin uzun vadeli sürdürülebilirliği de yeterince araştırılmamıştır.

Bu derlemede sunulan bulgular, mevcut literatürde yer alan çalışmaların sınırlılıklarını da taşımaktadır. Öncelikle, incelenen araştırmaların büyük kısmı küçük örneklem büyüklüklerine sahip olup genellikle belirli bir tanı grubu veya tek bir terapi türüne odaklanmıştır; bu durum bulguların genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Kullanılan yöntemlerdeki heterojenlik ve farklı nörogörüntüleme tekniklerinin (fMRI, PET, yapısal MRI vb.) nadiren birlikte uygulanması, sonuçların karşılaştırılabilirliğini zorlaştırmaktadır. Buna ek olarak, bireyler arası beyin yapısı ve işlev farklılıklarının tedavi yanıtındaki değişkenliğe etkisi henüz kapsamlı şekilde incelenmemiştir.

Bununla birlikte, disiplinlerarası yaklaşımların artması umut vericidir. Psikoterapötik süreçleri nörobilimsel modellerle açıklamaya yönelik girişimler (Dobrushina, 2024; Hendrickx vd., 2025) ve özellikle EMDR gibi yöntemlerin olası uyku ve bellek konsolidasyonu mekanizmalarıyla ilişkilendirilmesi (Pagani vd., 2017; Landin-Romero vd., 2018) bu alandaki teorik çerçeveyi genişletmektedir. Nitekim bazı modeller, psikoterapiyi yalnızca bilinçli bilişsel süreçler üzerinden değil, aynı zamanda beyin ağlarının yeniden senkronizasyonu yoluyla açıklamaktadır (Sened vd., 2022).

Bu derlemenin amacı, psikoterapinin nörobiyolojik etki mekanizmalarını bütüncül bir çerçevede ele almak; farklı beyin bölgelerindeki değişimlerin ve nörogörüntüleme bulgularının ışığında, terapi türlerinin özgül etkilerini karşılaştırmaktır. Bu bağlamda, öncelikle psikoterapinin beyin plastisitesi üzerindeki etkileri açıklanacak, ardından amigdala, prefrontal korteks ve anterior singulat korteks gibi anahtar yapıların terapi sonrası değişimleri incelenecektir. Daha sonra fMRI, PET ve yapısal MRI gibi yöntemlerden elde edilen bulgular özetlenecek ve son olarak farklı terapi türlerinin (BDT, psikodinamik terapi, EMDR vb.) nörobiyolojik etkileri tartışılacaktır.

Sonuç olarak, psikoterapinin beyinde yarattığı değişimlerin anlaşılması, yalnızca tedavi mekanizmalarının aydınlatılması açısından değil, aynı zamanda klinik uygulamaların kişiselleştirilmesi açısından da kritik önemdedir. Beyin ve zihin arasındaki bu çift yönlü etkileşimin derinlemesine incelenmesi, geleceğin psikoterapi yaklaşımlarının şekillenmesinde belirleyici olacaktır.

### 1. Psikoterapinin Nörobiyolojik Etki Mekanizmaları

Psikoterapi, sadece zihinsel süreçleri değil, aynı zamanda bu süreçlerin biyolojik altyapısını da etkileyebilen bir müdahaledir. Son yıllarda nörobilim ve psikoterapi etkileşimi yeni bir aşamaya girmiş, sinirbilim alanı artık ruhsal bozuklukların yanı sıra terapi ile ortaya çıkan değişimleri de tanımlamaya başlamıştır (Erbay & Ünal, 2017). Beyinde psikoterapi ile meydana gelen değişimler, hastaların düşünce kalıpları, duygusal durumları ve davranışlarındaki iyileşmelerle yakından ilişkilidir. Fonksiyonel beyin görüntüleme çalışmaları, psikoterapi sırasında ortaya çıkan zihinsel ve davranışsal değişimlerin, beyindeki işlevsel aktivitenin küresel düzeyde normalleşmesine yol açabildiğini göstermektedir (Beauregard, 2014). Nitekim kısa süreli duyguların veya düşüncelerin bile beyinde iz bıraktığı ve psikolojinin biyolojiden ayrılamayacağı artık iyi bilinmektedir (Erbay & Ünal, 2017). Bu bölümde, psikoterapinin nörobiyolojik etkileri ve bu etkilerin altında yatan mekanizmalar genel hatlarıyla ele alınacaktır.

Psikoterapinin etkisini açıklamak için nörobilimden yararlanan kuramsal modeller geliştirilmiştir. Örneğin, bir “çift yönlü model” (dual-route model), psikoterapinin bir yandan duyguların üst düzey düzenlenmesinde rol alan prefrontal alanları güçlendirdiğini, diğer yandan limbik bölge tepkilerini azalttığını öne sürer (Domínguez-Pérez vd., 2025). Bu modele göre tedavi boyunca üst düzey bilişsel kontrol mekanizmaları daha etkin hale gelirken, otomatik ve tepkisel korku işleme yolları zayıflar (Domínguez-Pérez vd., 2025). Gerçekten de sistematik incelemeler, psikoterapinin (özellikle bilişsel davranışçı terapinin) çeşitli anksiyete ve travma ilişkili bozukluklarda prefrontal korteksin alt kortikal yapılar üzerindeki kontrolünü artırdığını ve bunun sonucunda duygusal tepkilerin daha iyi düzenlendiğini göstermektedir (Brooks & Stein, 2015; Porto vd., 2009). Bu bulgular, farklı psikiyatrik durumlarda duygusal düzenleme becerisini güçlendirmenin terapötik değerine işaret etmektedir (Brooks & Stein, 2015). Örneğin, travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) ve depresyon vakalarında bilişsel davranışçı terapinin, hem paylaşılan ortak sinirsel yolları (ör. ventral anterior singulat korteks aracılı duygu düzenleme ve bilişsel kontrol devreleri) hem de bozukluğa özgü devreleri (anksiyetede korku devrelerinin, depresyonda bellek-ağlarının modülasyonu) etkilediği meta-analizlerde rapor edilmiştir (Ren vd., 2025). Bu kapsamlı etki mekanizmaları, psikoterapinin beyindeki çok yönlü adaptasyonlara yol açtığını ve bu değişimlerin semptom iyileşmesiyle bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Psikoterapinin nörobiyolojik mekanizmalarını anlamak, tedavinin kişiye özel hale getirilmesi için de önem taşır. Beyin görüntüleme bulgularının, kimin terapiden daha fazla yarar sağlayacağını öngörebilmek amacıyla kullanılması mümkün görünmektedir (Cohen vd., 2021). Örneğin, majör depresyonda bazı beyin bölgelerinin yapısal veya işlevsel özellikleri, tedaviye yanıtı öngörebilmektedir (Webb vd., 2018; Roffman vd., 2014). Özellikle rostral ön singulat korteksin hacmi veya aktivitesi, hem psikoterapiye hem de farmakoterapiye olumlu yanıt verecek hastaları ayırt etmede önemli bir biyobelirteç olarak öne sürülmüştür (Webb vd., 2018; Roffman vd., 2014). Bunlara ek olarak, terapötik süreçte terapist ile danışan arasındaki beyin senkronizasyonu gibi inter-beyin plastisitesi kavramları da son zamanlarda ortaya atılmıştır (Sened vd., 2022). Bu görüşe göre, terapi sırasındaki etkileşim sırasında hem danışanın hem de terapistin beyin aktivitelerinde senkronize değişimler meydana gelebilmekte ve bu eş-zamanlı beyin aktivitesi değişimleri

terapötik değişimin biyolojik bir mekanizması olabilmektedir (Sened vd., 2022).

Özetle, güncel literatür psikoterapinin beyinde plastik değişiklikler yaratarak semptomları hafiflettiğini ve bu değişikliklerin görüntüleme teknikleriyle tespit edilebildiğini ortaya koymaktadır. Aşağıda öncelikle psikoterapi ve beyin plastisitesi ilişkisine değinilecek, ardından spesifik beyin bölgeleri (amigdala, prefrontal korteks, anterior singulat korteks gibi) düzeyinde terapötik değişimler ve bu değişimlerin nörogörüntüleme bulguları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

### Beyin Plastisitesi ve Psikoterapi

Beyin plastisitesi, sinir sisteminin deneyim ve öğrenme sonucunda yapısal ve işlevsel olarak değişebilme kapasitesini ifade eder. Uzun yıllar boyunca beyin değişmez bir yapıya sahip olduğu düşünülse de artık deneyimin beyin şekillendirdiği ve terapötik müdahalelerin de bu plastisiteyi tetiklediği bilinmektedir (Bradley, 2012; Açık Yavuz vd., 2025). Nitekim yoğun ve uzun süreli psikoterapinin, Freud'un zamanında öngördüğü gibi, beyin doğal plastisite potansiyelini harekete geçirebileceği ileri sürülmüştür (Bradley, 2012). Günümüzde nörogörüntüleme çalışmaları bu öngörüye destekler niteliktedir: Örneğin, 15 ay süren uzun soluklu bir psikodinamik terapi sonrasında majör depresyon hastalarında prefrontal-limbik ağlarda belirgin fonksiyonel değişiklikler saptanmıştır (Buchheim vd., 2012). Bu çalışma, tedavi öncesi depresyon hastalarında aşırı etkin olan subgenual anterior singulat korteks ve medial prefrontal korteksin aktivitesinin, terapi bitiminde anlamlı ölçüde azaldığını ve bu azalmanın özellikle depresyon belirtilerindeki iyileşme ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Buchheim vd., 2012). Bu bulgu, başarılı psikoterapinin aşırı aktif duygusal devreleri sakinleştirerek ve düzenleyici prefrontal mekanizmaları normalleştirerek etki ettiğine dair önemli bir kanıt sunmaktadır.

Değişim, beyin nöroplastik süreçlerinin harekete geçirilmesine bağlıdır. Herhangi bir değişimin gerçekleşebilmesi için beynimizin düşünce, duygu ve davranışlarımıza yansıyan yapısal değişikliklere gitmesi gerekir (Cozolino, 2016). Sinir hücreleri ve devreleri düzeyinde bakıldığında, psikoterapinin tetiklediği öğrenme süreçleri yeni sinaptik bağlantıların oluşumu, mevcut bağlantıların güçlenmesi veya zayıflaması ve hatta belirli beyin bölgelerinde yapısal değişimler ile sonuçlanabilir. Örneğin kronik ağrı hastalarında uygulanan bilişsel davranışçı terapi sonrasında dorsolateral prefrontal kortekste gri madde hacminin arttığı rapor edilmiştir (Seminowicz vd., 2013). Benzer şekilde, travma sonrası stres bozukluğu hastalarında çok yönlü psikolojik tedaviye yanıt olarak hipokampus hacminde artış gözlemlenmiştir (Butler vd., 2018). Beynin öğrenme ve bellek süreçlerinde kritik bir yapısı olan hipokampustaki bu hacim artışı, yeni dendritik dallanma ve olası nörogenez süreçlerini akla getirmektedir (Butler vd., 2018). TSSB'de en tutarlı bulgulardan biri hipokampus hacminin küçülmesidir (Chen vd., 2018). Tedaviyle hipokampus hacminin kısmen de olsa toparlanması, psikoterapinin bu strese bağlı nörodejeneratif değişimi geri çevirebileceğini düşündürmektedir. Bu iyileşmenin, tedavi süresince travmatik anıların işlenmesi ve yeni baş etme becerilerinin öğrenilmesiyle tetiklenen plastisite sayesinde gerçekleştiği yorumu yapılabilir (Butler vd., 2018).

Beyin plastisitesinin bir diğer göstergesi de beyaz madde bütünlüğündeki değişimlerdir. Depresyon hastaları ile yapılan bir çalışmada, çocukluk çağı olumsuz yaşam olaylarının beyaz madde bağlantılarını etkilediği, ancak bilişsel davranışçı terapi sonrasında bazı beyaz madde yollarında bütünlüğün arttığı ve bunun tedavi yanıtıyla ilişkili olduğu bulunmuştur (Flinkenflügel vd., 2025). Bu bulgu, psikoterapinin sadece bölgesel beyin hacmini değil, aynı zamanda beyin bölgeleri arası iletişim hatlarını da yeniden yapılandırabildiğine işaret etmektedir. Erken dönem stresinin sinir yollarında bıraktığı izler, terapi ile kısmen silinebilmekte veya yeniden biçimlenebilmektedir.

Özetle, psikoterapide gerçekleşen öğrenme ve deneyim süreçleri, sinir sisteminin esnekliğini kullanarak beyinde kalıcı izler bırakır. Bu izler, yapısal (ör. hacim artışı veya azalması) veya işlevsel (ör. bağlantısallık güçlenmesi, aktivite normalleşmesi) düzeyde ortaya çıkabilir. Neuroscientific kavramlarla ifade etmek gerekirse, psikoterapi deneyimi, tıpkı yeni bir beceri öğrenmek gibi sinaptik plastisiteyi harekete geçirir ve bu sayede danışanın duygu, düşünce ve davranışlarında gözlenen değişimlerin biyolojik temeli atılmış olur (Dobrushina, 2024; Hendrickx vd., 2025). İlerleyen bölümlerde, bu plastisite sonucu değişen belirli beyin bölgeleri ve sistemleri ayrıntılı olarak incelenecektir.

### 1.1. Amigdala ve Psikoterapi Sonrası Değişimler

Amigdala, duygusal öğrenme ve özellikle korku tepkilerinin oluşumu ile ilgili temel limbik yapıdır. Anksiyete bozukluklarında ve travma sonrası stres bozukluğunda sıklıkla amigdala hiperaktivitesi ve prefrontal bölgelerle azalmış bağlantısallık saptanmaktadır (Stevens vd., 2013; Iqbal vd., 2023). Örneğin, travma yaşamış bireylerde amigdalanın ön kortikal bölgelerle işlevsel bağlantısının zayıf olması, korku ve kaygı tep-

kilerinin üst düzey kontrolünde aksaklıklara yol açmaktadır (Stevens vd., 2013). Psikoterapinin, özellikle travma odaklı ve anksiyete odaklı terapilerin, bu düzensizliği tersine çevirmeyi hedeflediği görülmektedir.

Psikoterapi sonrasında amigdala yapısında ve işlemlerinde meydana gelen değişimler, nörogörüntüleme çalışmalarıyla ortaya konmuştur. TSSB hastalarıyla yapılan bir çalışmada, yaklaşık 12 seanslık travma odaklı psikoterapi sonrasında hastaların amigdala hacminde anlamlı bir artış gözlenmiştir (Laugharne vd., 2016). Tedavi öncesi TSSB grubunda sağlıklı kontrollere kıyasla daha küçük ölçülen amigdala hacmi, tedavi bitiminde büyümüş ve bu yapısal değişim, semptomlarda iyileşme derecesiyle ilişkili bulunmuştur (Laugharne vd., 2016). Benzer şekilde, bir pilot çalışmada 6 haftalık çok yönlü psikolojik tedavi uygulanan savaş bağlantılı TSSB hastalarında, tedavi grubunun hipokampus hacminde belirgin artış görülürken amigdala hacminde de artış eğilimi saptanmıştır (Butler vd., 2018). Bu sonuçlar, başarılı terapinin limbik yapılar da yeniden yapılanma sağlayabildiğini göstermektedir. Kronik stresin bu yapılarda neden olduğu hacim kayıpları (örn. dendritik gerileme), etkin bir tedaviyle kısmen geri dönebilmektedir (Butler vd., 2018).

Amigdala ile ilgili en dikkat çekici terapötik değişimlerden biri de işlevsel aktivite ve reaktivite düzeylerindeki azalmadır. Çeşitli anksiyete bozukluklarında uygulanan bilişsel davranışçı terapiler sonrasında, tehdit uyaranlarına karşı amigdala aktivitesinin tedavi öncesine kıyasla düştüğü bildirilmiştir (Brooks & Stein, 2015). Bu durum, terapinin korku tepkisini söndürmede başarılı olduğuna işaret eder. Özellikle korku sönmesi (extinction) öğrenmesinin iyileştirilmesi, travma odaklı terapilerin önemli bir hedefidir. Göz Hareketleriyle Duyarsızlaştırma ve Yeniden İşleme (EMDR) terapisinin TSSB’de nörobiyolojik etkilerini inceleyen bir çalışmada, tedavi sonrasında bireylerin korku sönme öğrenmesinin belirgin biçimde iyileştiği gösterilmiştir (Rousseau vd., 2019a). Bu çalışmada EMDR sonrasında beyin aktivite paternleri incelendiğinde, klasik koşullanmış korku uyaranlarına karşı amigdala aktivitesinin azaldığı, buna karşın prefrontal korteks ve hipokampus gibi korku sönmesini kolaylaştıran yapılardaki aktivitenin arttığı tespit edilmiştir (Rousseau vd., 2019a). Yani EMDR terapisi, korku anılarının yeni bir bağlamda işlenmesini sağlayarak amigdalanın aşırı alarm tepkisini yatıştırmakta ve söndürme süreçlerini güçlendirmektedir.

Amigdalanın terapötik değişimine dair bir diğer kanıt, fonksiyonel bağlantısallık düzeyindedir. Depresyon ve TSSB hastalarını içeren bir çalışmada, uygulanan 12 seanslık BDT sonrasında amigdalanın bilişsel kontrol ağıyla olan bağlantılarında anlamlı artış saptanmıştır (Shou vd., 2017). Özellikle amigdala ile dorsal anterior singulat korteks ve prefrontal korteks arasındaki bağlantılar güçlenmiş ve bu değişim, hem depresif belirtilerde hem de travma semptomlarında azalma ile paralel bulunmuştur (Shou vd., 2017). Sosyal anksiyete bozukluğu hastalarında yapılan bir başka çalışmada ise, BDT öncesi dinlenme durumunda amigdala-prefrontal bağlantısı daha zayıf olan hastaların tedaviden daha az fayda gördüğü; diğer yandan başlangıçta daha güçlü bağlantıya sahip olanların BDT sonrasında belirgin iyileşme gösterdiği rapor edilmiştir (Klump vd., 2014). Bu bulgu, prefrontal kontrol devrelerinin tedaviye elverişliliğini yansıttığı gibi, tedavi ile birlikte bu devrelerin daha da güçlenerek amigdala üzerindeki baskıyı artırdığını göstermektedir.

Psikoterapi sırasında uygulanan yeni teknikler de amigdala aktivitesini düzenlemeyi hedefleyebilir. Örneğin, duygulara etiket koyma (affect labeling) adı verilen bir yöntem, kişilerin hissettikleri duyguyu kelimelelere dökmesini ve böylece duygunun yoğunluğunu azaltmasını içerir. Savaş gazilerinde yürütülen bir çalışmada, bilgisayar destekli bir duygua-etiketleme eğitimi sonrası TSSB belirtilerinin azaldığı ve bu azalmanın, amigdalanın olumsuz uyaranlara verdiği tepkinin azalmasıyla korele olduğu gösterilmiştir (Burklund vd., 2024). Bu yaklaşım, prefrontal korteksin dil ve anlamlandırma işlevlerini devreye sokarak limbik aktiviteyi yatıştırdığı için, nörobilim temelli yeni bir terapi yaklaşımı olarak umut vadetmektedir (Burklund vd., 2024). Nitekim çalışmada etiketleme müdahalesini tamamlayan gaziler, amigdala reaktivitesinde düşüş ve semptom şiddetinde hafifleme yaşamıştır (Burklund vd., 2024). Bu sonuç, duyguları söze dökmenin biyolojik olarak amigdala üzerinde inhibitif bir etki yaratabildiğini doğrulamaktadır.

Özetle, psikoterapi amigdala fonksiyonunu birçok düzeyde etkilemektedir: (1) Amigdalanın hacim ve yapısında iyileşme (hacim artışı) görülebilir; (2) Amigdalanın tehdit uyaranlarına verdiği yanıtların şiddeti azalabilir; (3) Amigdalanın ön beyin yapılarıyla kurduğu iletişim güçlenebilir. Bu değişimler, hastanın korku ve kaygı tepkilerini daha iyi kontrol edebilmesiyle sonuçlanır. Korku koşullanması gibi süreçlerin tersine çevrilmesi hem BDT hem EMDR gibi terapi türlerinde ortak bir amaçtır ve nörobiyolojik olarak limbik sistem ile frontal korteks arasındaki dengenin yeniden tesis edilmesiyle mümkün olmaktadır (Pagani vd., 2017; Santarnecchi vd., 2019). Amigdala odaklı değişimlerin kalıcılığı, terapinin başarısının da sürdürülebilirliğini etkileyebilir. Nitekim sosyal anksiyete bozukluğu hastalarında BDT sonrasında sağlanan fonksiyonel bağlantı artışlarının devam etmesi, tedavi bitiminden sonraki takip döneminde klinik iyileşmenin korunduğunun bir habercisidir (Sandman vd., 2020). Tüm bu bulgular, amigdalanın yüksek plastisite gösteren bir yapı olduğunu ve psikoterapötik girişimlere sinir sistemi düzeyinde güçlü yanıtlar verebildiğini göstermektedir.

## 1.2. Prefrontal Korteksin Rolü Ve Etkilenme Mekanizmaları

Prefrontal korteks (PFC), bilişsel kontrol, yürütücü işlevler ve duygusal regülasyon gibi üst düzey beyin faaliyetlerinin merkezidir. Psikoterapinin etkisi en belirgin şekilde PFC bölgelerinde gözlenir; zira terapi sürecinde danışanlar yeni düşünce biçimleri geliştirir, işlevsel olmayan inançlarını yeniden değerlendirir ve davranışlarını planlama/düzenleme becerisi kazanırlar. Bu üst düzey değişimler, doğrudan PFC aktivitesine yansımaktadır.

Birçok çalışma, psikoterapi sonrasında prefrontal aktivitede artış saptamıştır. Örneğin, majör depresyon hastalarında uygulanan BDT sonrasında medial prefrontal korteks ve ventral anterior singulat aktivitelelerinin normalleştiği gösterilmiştir (Yoshimura vd., 2014). Depresyonlu bireyler tedavi öncesi kendileriyle ilgili olumsuz düşüncelere odaklandıklarında bu medial prefrontal bölgelerde anormal derecede yüksek aktivasyon görülürken, 16 seanslık BDT sonrasında aynı görev sırasında bu bölgelerin aktivitesi sağlıklı düzeylere gerilemiştir (Yoshimura vd., 2014). Bu bulgu, BDT'nin depresyonda bozulan öz referanslı düşünce işlemlerini nörolojik düzeyde düzenlediğini göstermektedir. Benzer şekilde, uzun süreli psikoterapi gören depresyon hastalarında da prefrontal korteksin çeşitli alt bölgelerinde (örn. dorsolateral PFC, ventrolateral PFC) aktivite değişimleri rapor edilmiştir (Buchheim vd., 2012; Ritchey vd., 2011). Bazı çalışmalarda terapiden sonra dinlenme halinde dorsolateral PFC aktivitesinin arttığı, bazılarında ise aşırı aktif olan ventromedial PFC'nin aktivitesinin azaldığı bildirilmektedir (Buchheim vd., 2012; Ritchey vd., 2011). Bu farklılıklar, tedavi öncesi patolojinin doğasına ve kullanılan görev paradigmasına bağlı olabilir. Ancak ortak nokta, prefrontal-limbik denge yönünde bir kayma olduğudur: Prefrontal korteksin bilişsel kontrol işlevleri güçlenirken limbik sistemin aşırı faaliyetleri törpülenir (Brooks & Stein, 2015).

Prefrontal korteksin psikoterapiyle güçlenmesini destekleyen önemli bir kanıt, davranışsal ve duygusal kontrolün iyileşmesiyle doğrudan bağlantılı olmasıdır. Örneğin, anksiyete bozuklukları üzerine yapılan bir sistematik derlemede, farklı alt tipteki bozukluklar (panik bozukluk, sosyal anksiyete, travma sonrası stres vb.) kendilerine özgü devrelerle ilişkili olsa da BDT'nin bu farklı bozukluklarda benzer bir mekanizmayla – prefrontal korteksin subkortikal yapılar üzerindeki kontrolünü artırarak – etki gösterdiği sonucuna varılmıştır (Brooks & Stein, 2015). Yani panik bozuklukta da TSSB'de de sosyal fobide de nihai ortak payda, prefrontal bölgelerin daha etkin hale gelip aşırı alarm durumundaki limbik tepkileri frenlemesidir (Brooks & Stein, 2015). Bu görüş, beyin görüntüleme verilerinin bir sentezine dayanır ve psikoterapinin farklı görünümünün altında yatan ortak sinirsel dili ortaya koyar.

PFC'deki değişimlerin bir diğer yönü, yapısal plastisitedir. Özellikle dorsolateral prefrontal korteks gibi alanlarda gri madde yoğunluğu, etkin psikoterapi sonrasında artış gösterebilir (Porto vd., 2009; Seminowicz vd., 2013). Kronik ağrıya eşlik eden depresyon ve anksiyete semptomları yaşayan hastalarda yapılan bir çalışmada, 11 haftalık bilişsel terapi sonrası dorsolateral PFC'nin gri madde hacminde plasebo grubuna kıyasla anlamlı bir artış saptanmıştır (Seminowicz vd., 2013). Bu artış, hastaların ağrı ile baş etme becerilerinin artması ve duygusal durumlarının düzelmesiyle birlikte yorumlanmıştır. Beynin “kullan veya yitir” prensibi uyarınca, terapi süresince sürekli kullanılan üst düzey bilişsel devreler yapısal olarak güçlenmekte, nadiren tetiklenen aşırı duygusal devreler ise zayıflamaktadır (Erbay & Ünal, 2017). Nitekim BDT'nin, prefrontal ve singulat korteks metabolizmasında değişikliklere yol açtığı ve özellikle subgenual singulat korteks aktivitesinin BDT'ye yanıtta kritik rol oynadığı gösterilmiştir (Erbay & Ünal, 2017). Bu bölge, prefrontal korteksin duygu düzenleyici bir uzantısı olup depresyon ve anksiyetede sıkça hiperaktif bulunur. Tedaviyle burada görülen bir aktivite azalması, PFC'nin başarılı bir şekilde limbik sistemi dengeleyebildiğinin biyolojik bir göstergesidir.

Prefrontal korteks değişimlerinin klinik yansımaları da dikkat çekicidir. Örneğin, obsesif kompulsif bozukluk (OKB) hastalarında BDT öncesi yapılan bir PET çalışmasında, sol orbitofrontal kortekste yüksek metabolik aktivite gösteren hastaların terapiye daha iyi yanıt verdikleri bulunmuştur (Porto vd., 2009). Bu, halihazırda prefrontal kaynaklarını daha çok kullanan hastaların terapide avantajlı olabileceğini ima etmektedir. Dahası, BDT sonrasında OKB hastalarında orbitofrontal aktivitede azalma saptanmış; yani terapi, bu bölgedeki “aşırı çalışmayı” normale döndürmüştür (Porto vd., 2009). Benzer şekilde, sosyal fobi hastalarında bir çalışmada, terapi sonrası dorsomedial PFC aktivitesinde artış saptanmış ve bu artış öznel iyileşme düzeyiyle ilişkili bulunmuştur (Hauner vd., 2012 aktaran Brooks & Stein, 2015). Tüm bu bulgular, prefrontal korteksin terapi süresince adeta bir “kas” gibi çalıştırılarak güçlendirildiğini ve bu sayede hastaların daha sağlıklı düşünce ve davranış kalıpları geliştirebildiğini göstermektedir.

Son yıllarda, prefrontal korteksin terapötik değişimini desteklemek amacıyla ek yöntemler de denenmektedir. Tekrarlayan transkraniyal manyetik uyurım (rTMS) gibi beyin uyurım tekniklerinin, PFC aktivitesini

artırarak terapinin etkisini güçlendirebileceği düşünülmektedir. Nitekim bir ön çalışmada, TSSB hastalarında PFC'ye uygulanan düşük yoğunluklu manyetik uyarımın, hastaların içsel farkındalık ve mindfulness düzeylerini artırdığı bulunmuştur (Rayani vd., 2025). Bu çalışma, beyin stimülasyonunun terapiye yardımcı bir araç olabileceğini ve PFC'de hedeflenen plastikiteyi tetikleyebileceğini gösterir. Davranışsal aktivasyon gibi özellikle prefrontal-striatal ödül devrelerini hedef alan terapötik yaklaşımların da depresyonda beyin ağlarını değiştirdiği rapor edilmiştir (Jung & Han, 2024). Depresyonlu hastalarda davranışsal aktivasyon tedavisi sonrasında ödül işlemeye katılan striatal alanlar ile prefrontal korteks arasındaki etkileşimlerin güçlendiği, hastaların çevresel ödüllere duyarlılığının arttığı belirtilmiştir (Jung & Han, 2024). Bu da PFC'nin motivasyon ve ödül devreleriyle koordinasyonunun terapiyle düzeldiğini göstermektedir.

Özetle, prefrontal korteks psikoterapinin merkezi hedeflerinden biridir ve terapötik değişimin birçok yönü bu bölgenin işlevindeki iyileşmeye dayanmaktadır. Bilişsel yeniden yapılandırma, üst düzey dikkat ve kontrol stratejileri, yeni alışkanlıkların öğrenilmesi gibi terapi bileşenleri, nörobiyolojik olarak prefrontal korteksin daha etkin çalışması anlamına gelir. Terapinin başarılı olması, çoğu zaman PFC'nin limbik yapılar üzerindeki denetiminin artması ile el ele gider (Brooks & Stein, 2015; Ren vd., 2025). Bu nedenle hem BDT gibi yapılandırılmış yaklaşımlarda hem de psikodinamik gibi içgörüyeye dayalı yaklaşımlarda PFC'nin aktif katılımının sağlanması, değişimin sinirsel temelini oluşturur (Månsson vd., 2021). İlerleyen kısımlarda, PFC ile yakın etkileşim içinde çalışan ve yukarıda da anılan anterior singulat korteks gibi bölgelerin terapötik değişimleri ele alınacaktır.

### 1.3. Anterior Singulat Korteks Ve Duygu Düzenleme

Anterior singulat korteks (ACC), duygusal deneyim ile bilişsel kontrolün kesişim noktasında yer alan bir bölgedir. Özellikle rostral/dorsal kısmı, duyguların düzenlenmesi, hata izleme ve motivasyon gibi işlevlerde kritik rol oynar. Psikoterapinin etkinliği konusunda ACC hem bir hedef bölge hem de bir belirteç olarak önem kazanmıştır. Birçok çalışmada terapiden önceki ACC özelliklerinin, tedavi yanıtını öngördüğü; terapiden sonraki ACC değişimlerinin ise iyileşmeyle bağlantılı olduğu gösterilmiştir (Buchheim vd., 2012; Cohen vd., 2021).

Öncelikle, psikoterapi sürecinde ACC'nin aktivite düzeyinde değişimler gözlenir. Depresyon hastalarında 15 aylık uzun süreli psikodinamik terapi sonrasında, özellikle subgenual anterior singulat bölgesinde (sgACC) istirahat esnasındaki aşırı aktivitenin belirgin biçimde azaldığı ve bu azalmanın depresyon skorlarındaki düşüşle yakından ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Buchheim vd., 2012). sgACC, duygusal acı ve keder ile ilişkili olup depresyonda tipik olarak hiperaktiftir. Psikoterapi ile sgACC'nin "sakinleşmesi", hastaların duygusal ağrı ve yoğun üzüntü hallerinin hafiflemesinin sinirsel bir yansımasıdır. Bu bulgu, aynı zamanda sgACC aktivitesinin terapötik yanıt için bir biyobelirteç olabileceğini düşündürmüştü; nitekim farklı çalışmalarda sgACC'nin başlangıçtaki metabolik aktivitesi yüksek olan depresyon hastalarının, terapiden daha çok fayda görme eğiliminde oldukları bulunmuştur (Cohen vd., 2021; Webb vd., 2018). Örneğin bir meta-analizde, majör depresyonda çeşitli tedavi yaklaşımları (psikoterapi veya ilaç) arasında tutarlı bir biçimde rostral ACC hacmi ve aktivitesi yüksek olan bireylerin daha iyi yanıt verdikleri ortaya konmuştur (Cohen vd., 2021). İnternet tabanlı BDT alan depresif hastalarda da tedavi öncesi rostral ACC'nin gri cevher hacmi büyük olanların terapi sonunda belirgin iyileşme gösterdiği bildirilmiştir (Webb vd., 2018). Bu nedenle, anterior singulat bölgesi, hem terapinin hedef aldığı patolojik aktivitenin kaynağı hem de terapiden kimin yarar sağlayacağını belirleyen bir "termometre" gibidir.

Psikoterapi sonrasında ACC aktivitesindeki değişimler, genellikle duygu düzenleme görevleri sırasında ölçülür. BDT'nin depresyon tedavisindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, tedavi öncesi kendini suçlama veya olumsuz öz-değerlendirme gibi düşünceler sırasında ventral ACC'de yüksek aktivasyon gösteren hastaların, BDT sonrasında bu bölgenin aktivitesinde azalma sergiledikleri bulunmuştur (Yoshimura vd., 2014). Bu azalma, hastaların kendilerine dair daha gerçekçi ve az yargılayıcı düşünceler geliştirmesiyle paralellik göstermiştir. Anksiyete bozukluğu olan hastalarda ise BDT sonrasında dorsal ACC aktivitesinde artış rapor edilmiştir; bu artış, duygusal çatışma durumlarında (örneğin korku uyandıran bir uyarana maruz kalırken sakin kalma çabası) ACC'nin daha etkin çalıştığını göstermektedir (Porto vd., 2009). Dolayısıyla, terapötik iyileşme bazen ACC aktivitesinin düşmesini (patolojik aşırı aktivitenin normalleşmesi şeklinde), bazen ise yükselmesini (yetersiz kontrolün güçlenmesi şeklinde) gerektirebilir – bu, bozukluğun doğasına bağlıdır. Önemli olan, terapiyle birlikte ACC ile diğer beyin bölgeleri arasındaki etkileşimlerin daha sağlıklı bir hale gelmesidir.

ACC aynı zamanda bilişsel yeniden çerçeveleme becerisinin de bir parçasıdır. BDT sırasında danışanlar

olumsuz otomatik düşüncelerini tespit edip alternatif yorumlar getirmeyi öğrenirken, bu süreçte devrede olan beyin bölgesi muhtemelen dorsal ACC'dir. Nitekim, sosyal anksiyete bozukluğu hastalarında BDT sonrasında, duygusal belirsizlik içeren yüz ifadelerini değerlendirirken ACC'nin prefrontal korteks ile birlikte artan bir aktivite sergilediği bulunmuştur (Sun vd., 2023). Bu, duygu belirsizliğinin işlenmesi sırasında terapinin, ACC'yi daha aktif şekilde devreye sokarak kişinin belirsiz durumlarda bile duygularını düzenleyebilmesini sağladığını göstermektedir (Sun vd., 2023).

Psikodinamik psikoterapiler de ACC üzerinde etkili olabilir. Örneğin somatoform bozukluğu olan hastalarla yapılan bir çalışmada, 1 yıl süren psikodinamik terapi sonrasında hastaların duygusal empati görevinde ACC aktiviteleri, tedavi öncesine göre anlamlı farklılık göstermiştir (de Greck vd., 2013). Özellikle terapi sonrasında bu hastalarda duygusal empati sırasında ventral ACC ve orbitofrontal korteks aktivitesinde artış gözlenmiş, bu da hastaların duyguları anlama ve empatik tepki verme kapasitesinin nörobiyolojik olarak arttığına işaret etmiştir (de Greck vd., 2013). Yine başka bir araştırmada, psikodinamik terapi alan depresyon hastalarının kişisel travmatik anılarıyla yüzleştirildikleri deneysel bir paradigmadaki tedavi sonrasında ACC ve ilişkili limbik alan aktivitesinde değişimler olduğu, bu değişimlerin hastanın belirtilerindeki azalmayla bağlantılı bulunduğu saptanmıştır (Wiswede vd., 2014). Bu veriler ister yapılandırılmış ister içgörülü yönelimli olsun, terapötik süreçlerin ACC işleyişini yeniden şekillendirebildiğini göstermektedir.

Anterior singulatın bir alt bölgesi olan genişletilmiş subgenual alan (sgACC), depresyon ve travmada nöro-modülasyon girişimlerinin de hedefindedir. Örneğin tedaviye dirençli depresyon olgularında sgACC'ye uygulanan derin beyin stimülasyonunun hızlı duygudurum iyileşmeleri sağladığı bilinmektedir (Mayberg vd., 2005 aktaran Roffman vd., 2014). Psikoterapi, invaziv bir girişim olmaksızın sgACC'nin aktivitesini benzer şekilde normalleştirebildiği ölçüde, uzun vadede kalıcı iyileşmeler mümkün olmaktadır. Nitekim psikoterapi ile antidepresan tedaviyi karşılaştıran çalışmalarda, her iki yaklaşımın da sgACC'de benzer işlevsel değişimler yarattığı (aktivite azalması gibi) görülmüştür (Kalsi vd., 2017). Bu, farklı tedavi yollarının ortak bir beyinsel son noktada – sgACC'de – kesişebileceğini gösterir.

Özetle, anterior singulat korteks, psikoterapinin duygusal iyileştirici etkilerinin kavşak noktasıdır. Bu bölgenin aktivite düzeyi, metabolizması ve diğer yapılarla etkileşimi, terapinin gidişatını ve başarısını yansıtabilir. Terapi öncesi ACC fonksiyonları güçlü olan bireylerin genellikle daha iyi sonuç alması (Webb vd., 2018) ve terapi süresince ACC'de gözlenen değişimlerin iyileşmeyle el ele gitmesi (Buchheim vd., 2012; Yoshimura vd., 2014) bu durumu desteklemektedir. Duygu düzenleme, korku sönmesi, empati kurma, kendilik değerlendirmesi gibi psikoterapide ele alınan kilit becerilerin neredeyse tamamı ACC aktivitesindeki değişimlerle bağlantılıdır. Bu nedenle, gelecekte bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarında ACC'nin durumu göz önünde bulundurulurken, gerekirse nöro-modülasyon teknikleriyle desteklenen “kombine” tedaviler tasarlanabilir (Cohen vd., 2021; Rayani vd., 2025). Ancak hali hazırda bile, tek başına konuşma terapilerinin ACC'yi olumlu yönde değiştirebildiğini ve bunun kalıcı nöral adaptasyonlar sağladığını söyleyebiliriz.

## 2. Nörogörüntüleme Yöntemleri Ve Bulgular

Psikoterapinin beyindeki etkilerini ortaya koymada nörogörüntüleme teknikleri kilit rol oynamıştır. Farklı görüntüleme modaliteleri (işlevsel MRI, PET, SPECT, EEG vb.), psikoterapi öncesi ve sonrası beyin yapı ve işlevlerindeki değişimleri nesnel olarak ölçebilme imkânı sunar. Bu sayede, terapötik sürecin “görünmez” etkileri görünür hale gelmiş, psikolojik iyileşmenin somut sinirsel korelatları belirlenebilmiştir (Beauregard, 2014; Amen & Easton, 2021). Nöro-görüntüleme çalışmaları, bir yandan hangi beyin bölgelerinin terapiden etkilendiğini haritalarken, diğer yandan tedaviye yanıtı öngörebilecek biyo göstergelerin de tanımlanmasına katkı sunar (Cohen vd., 2021). Bu bölümde öncelikle işlevsel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) bulguları ele alınacak, ardından PET ve yapısal MRI gibi diğer modalitelerden elde edilen önemli sonuçlar özetlenecektir.

### 2.1. fMRI Çalışmaları

fMRI, beyinin belirli bir andaki aktivite dağılımını (genellikle kan akımı değişiklikleri yoluyla) haritalayan ve psikolojik işlemlerin sinirsel temsillerini incelemeye olanak veren bir tekniktir. Psikoterapi araştırmalarında fMRI hem dinlenme durumu bağlantısallığını hem de belirli görevler sırasındaki aktivite değişimlerini ölçmek için sıklıkla kullanılmıştır. Tedavi öncesi ve sonrası fMRI karşılaştırmaları, terapötik değişimin doğrudan birer “beyin haritasını” sunar (Fitzgerald vd., 2017 aktaran Brooks & Stein, 2015).

Anksiyete bozuklukları ve travma alanında yapılan ilk fMRI çalışmalarından itibaren, psikoterapinin lim-

bik sistem ile prefrontal korteks arasındaki ilişkinin üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Örneğin, bir derlemede incelenen 19 fMRI çalışmasının tamamında, BDT uygulanan anksiyete hastalarında amigdala, insula, anterior singulat gibi korku işleme devrelerinde değişiklik saptandığı ve genel olarak bu değişikliklerin prefrontal korteksin artan denetimi yönünde olduğu bildirilmiştir (Brooks & Stein, 2015). Spesifik olarak, panik bozukluktan obsesif kompulsif bozukluğa kadar uzanan yelpazede, her ne kadar farklı devreler başlangıçta aşırı çalışıyor olsa da BDT sonrasında hepsinde ortak bir sonuç gözlenmiştir: Prefrontal kontrolün güçlenmesi ve limbik hiperaktivitenin azalması (Brooks & Stein, 2015). Bu bulgu, fMRI ile defalarca doğrulandığı için artık bir nörobiyolojik imza olarak kabul edilmektedir.

fMRI ortamında sık kullanılan deneysel görevlerden biri, emosyon-indüksiyon paradigmasıdır. Örneğin sosyal fobi hastalarına terapi öncesi ve sonrası duygusal yüzler (öfke, küçümseme vb.) gösterilerek beyin aktivitesi ölçülmüş; BDT sonrasında amigdala aktivitesinin azaldığı, medial prefrontal aktivitenin ise arttığı saptanmıştır (Koçak vd., 2016 aktaran Brooks & Stein, 2015). Bu da terapiyle, sosyal tehdit algısının beyin düzeyinde normalleştiğini gösterir. Yine fMRI ile, TSSB’de EMDR tedavisinin etkileri incelenmiştir: Tek vakalı bir fMRI çalışmasında, EMDR seansları boyunca travmatik anıların hatırlanması sırasında başlangıçta yüksek aktivite gösteren limbik bölgelerin (amigdala, posterior singulat gibi) her bir seansla birlikte kademeli olarak aktivite düşüşü sergilediği ve frontoparietal bölgelerin aktivitesinin ise arttığı rapor edilmiştir (Richardson vd., 2009). Bu, ardışık fMRI ölçümleriyle bir nevi seans seans beyin değişiminin izlendiği çarpıcı bir örnektir: Hasta her seansta travmatik anıyı yeniden işledikçe, beyindeki duygu işleme ağsakinleşip üst düzey işlem ağı daha fazla devreye girmiştir (Richardson vd., 2009).

Psikoterapiye yanıt veren ve vermeyen hastaların fMRI ile karşılaştırılması da önemli bilgiler sunmuştur. Örneğin, BDT gören depresyon ve TSSB hastalarında, tedavi sonrasında amigdala ile dorsolateral prefrontal korteks arasındaki dinlenme bağlantısındaki artışın, semptomlardaki azalmayı öngördüğü bulunmuştur (Shou vd., 2017). Bu da başarılı terapötik değişimin beyin ağları düzeyindeki bir göstergesidir. Bir meta-analizde, farklı bozukluklarda psikoterapi sonrası beyin aktivitesindeki ortak değişimler ALE (Activation Likelihood Estimation) yöntemiyle incelenmiş ve sol alt frontal girus ile ön singulat bölgelerinde tutarlı değişim kümeleri saptanmıştır (Cera vd., 2022). İlginç biçimde, aynı analiz psikoterapi sonrası iki taraflı dorsal anterior insula aktivitesinde de homojen bir azalma kümesi olduğunu ortaya koymuştur (Cera vd., 2022). Insula, içsel duyuların duygusal değerlendirmesinde rol oynar ve anksiyete bozukluklarında genellikle hiperaktiftir; bu meta-analiz sonucu, terapiyle iç duyulara verilen abartılı tepkinin de azaldığını göstermektedir. Ayrıca medial superior frontal gyrus olarak adlandırılan prefrontal bölgenin de terapi sonrasında tutarlı şekilde etkilendiği (aktivite artışı yönünde) rapor edilmiştir (Cera vd., 2022). Bu bulgular, psikoterapinin, insan beyninin öz farkındalık (self-referans), içsel duyum algısı ve bilişsel kontrol ile ilgili merkezlerinde belirgin izler bıraktığına işaret etmektedir.

Dinlenme durumunda fMRI (resting-state) çalışmaları da terapötik değişimi ağ düzeyinde ortaya koymaktadır. Örneğin, depresyon hastalarında 8 haftalık internet tabanlı BDT sonrasında beynin fonksiyonel ağ özelliklerinin değiştiği, özellikle temel dinlenme ağı olan default mode network ile bilişsel kontrol ağları arasındaki etkileşimlerde normalleşme görüldüğü gösterilmiştir (Yu vd., 2025). Tedavi öncesi subklinik depresif bireylerde, beyin ağlarında depresyona özgü anormallikler (ör. artmış içe dönük düşünce ağı aktivitesi) mevcutken, kısa süreli BDT sonrasında bu ağlardaki bağlantı gücü sağlıklı kontrollere daha benzer hale gelmiştir (Yu vd., 2025). Yine depresyon ve anksiyete bozukluklarını kapsayan bir fMRI meta-analizi, BDT’nin depresyonda bellek ve otonom ağları güçlendirdiğini, anksiyetede ise korku devrelerini modüle ettiğini ortaya koymuştur (Ren vd., 2025). Özellikle ventral ACC aracılı duygu düzenleme devresi her iki grupta ortak olarak etkilenirken, anksiyetede amigdalayı da içeren korku-ağı değişimleri, depresyonda ise hipokampus ve ilgili bellek-ağı değişimleri daha belirgin olmuştur (Ren vd., 2025). Bu sonuç, fMRI çalışmalarının terapinin bozukluğa özgü etkilerini dahi ayrıştırabildiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, fMRI çalışmaları psikoterapinin beyin işlevselliğini çok boyutlu bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Özellikle prefrontal-limbik etkileşimler, duygu işleme merkezleri, içsel düşünce ağları gibi alanlarda tutarlı bulgular elde edilmiştir. BDT, EMDR, interpersonal terapi veya psikodinamik terapi fark etmeksizin, başarılı müdahalelerde beynin işlevsel mimarisinde sağlıklı bir yeniden dengelemeye gidildiği görülmektedir (Beauregard, 2014; Cera vd., 2022). İleride, fMRI’nin sunduğu zengin veriler, yapay zekâ destekli analizlerle birleştirilerek (Ding vd., 2025) hangi hastanın hangi terapiye en iyi yanıt vereceğinin önceden kestirilmesinde dahi kullanılabilir. Ancak halihazırda bile, fMRI sayesinde psikoterapinin beynin diline çevrilmesi mümkün olmuş durumdadır.

## 2.2. PET ve Yapısal MRI Bulguları

fMRI kadar sık kullanılmış olmasa da Pozitron Emisyon Tomografisi (PET) ve benzeri nükleer tıp yöntemleri psikoterapinin etkilerini anlamada önemli katkılar sunmuştur. PET, beyin metabolizmasını ve belirli reseptörlerin durumunu ölçebilir; böylece terapinin bu daha biyokimyasal düzeydeki etkileri de değerlendirilebilir (Singh vd., 2024). Örneğin, obsesif kompulsif bozukluk hastalarında bir PET çalışması, BDT sonrasında özellikle orbitofrontal korteks ve kaudat nüklüsteki glukoz metabolizmasının anlamlı ölçüde azaldığını göstermiştir (Porto vd., 2009). OKB’de tedavi öncesi bu bölgelerdeki yüksek metabolik aktivite, takıntılı düşünce ve dürtülerin sinirsel korelasyonu olarak yorumlanır; BDT sonrası azalan metabolizma ise hastaların artık bu bölgedeki “aşırı ısınmış motoru” soğutmayı başardığını gösterir (Porto vd., 2009).

PET’in bir diğer kullanım alanı, nörotransmitter sistemlerindeki değişimi izlemektir. Örneğin, bir çalışmada psikodinamik terapi alan depresyon hastalarında tedavi öncesi ve sonrası beyinin belirli bölgelerindeki serotonin 1A reseptörü yoğunlukları karşılaştırılmış ve bazı limbik yapılarda reseptör mevcudiyetinde terapötik değişim gözlenmiştir (Mensing, 2023). Bu tür bulgular henüz başlangıç aşamasında olsa da gelecekte terapiyle indüklenen nörokimyasal adaptasyonların bile PET ile yakalanabileceğini düşündürmektedir.

PET ve benzeri SPECT (Tek Foton Emisyon Tomografi) çalışmaları, TSSB’de de dikkat çekici veriler sunmuştur. Örneğin, beyin kan akımını ölçen bir SPECT çalışmasında, EMDR tedavisi uygulanan travma sonrası stres bozukluğu olan polis memurlarında, tedavi sonrasında frontal lobların perfüzyonunda artış, paralel olarak limbik bölgelerde ise normalize olan bir kan akımı dağılımı saptanmıştır (Lansing vd., 2005). Bu bulgu, EMDR’ın beyinin kan akımı ve metabolizma paternini değiştirdiğini ve özellikle frontal bölgelerin aktivitesini göreceli olarak artırdığını göstermektedir. Amen & Easton (2021) ise beyin SPECT görüntülemesinin ruhsal hastalıkların değerlendirilmesinde getirdiği yeni ufukları tartışırken, psikiyatrik rahatsızlıkların beyin temelli görülmesiyle tedavilerin de beyin sağlığını hedefleyecek şekilde dönüşeceğini öne sürmektedir. Nitekim SPECT ile elde edilen yüksek çözünürlüklü beyin kan akım haritaları, TSSB gibi durumlarda tedavi öncesi anormallikleri (örn. hipokampus ve prefrontal bölgelerde hipo-perfüzyon, limbik bölgelerde hiper-perfüzyon) ortaya koyabilmekte; tedavi sonrasında ise bu anormalliklerin düzeldiğini veya azaldığını göstererek objektif bir gelişme kriteri sunmaktadır (Amen & Easton, 2021; Laugharne vd., 2016).

Yapısal MRI incelemelerine gelecek olursak, psikoterapinin beyin anatomisi üzerindeki etkileri de kayda değerdir. Özellikle hacimsel değişiklikler, yukarıda hipokampus ve amigdala örneklerinde değinildiği gibi, limbik bölgelerde gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, depresyon gibi bozukluklarda beyincik ve bazal gangliyonlar gibi alanlarda da yapısal farklılıklar olduğu bilinmektedir (Okumuş vd., 2022). Henüz psikoterapi sonrası beyincik veya bazal gangliyon hacimlerinin değişimine dair net bulgular olmasa da interpersonal terapinin prefrontal, singulat ve bazal gangliyonlarda metabolizma iyileşmesi sağladığı bildirilmiştir (Erbay & Ünal, 2017). Bu dolaylı bulgu, bu bölgelerde yapısal/dolaşımsal değişimi de ima edebilir. Ayrıca, erken dönem büyük travmalar yaşamış bireylerde yapılan bir MRI çalışması, travmanın hipokampus, amigdala ve bazı kortikal alanlarda hacim kayıplarına yol açtığını göstermiştir (Yavuz Demiray vd., 2025). Bu tür beyin hasarı diyebileceğimiz değişimler, uygun psikolojik müdahaleler ve travma anısını yeniden işleme teknikleri ile en aza indirilebilir veya kısmen tersine çevrilebilir. Nitekim, travmatik anının propranolol verilerek yeniden aktifleştirilmesi gibi yenilikçi bir yöntemin, hipokampal bağlantı örüntülerini değiştirdiği yakın zamanda fMRI ile gösterilmiştir (Very vd., 2025). Bu çalışma, travmanın beyin bağlantılarındaki izlerinin bile terapi ve farmakolojinin birleşimiyle silinebileceğine işaret etmektedir.

Beyaz madde değişimleri açısından bakıldığında, difüzyon MRI incelemeleri terapi sonrası beyaz madde bütünlüğünün arttığı bazı yollar tanımlamıştır (Flinkenflügel vd., 2025). Örneğin, depresif hastalarda erken yaşam stresine maruz kalma belirli beyaz madde yollarında mikroyapısal bozulmayla ilişkiyken, 8 haftalık BDT sonrasında bu yollarda kısmi iyileşme ve buna eşlik eden klinik düzelme kaydedilmiştir (Flinkenflügel vd., 2025). Bu bulgu, psikoterapinin nöral bağlantıların “onarımını” teşvik edebileceğini göstermesi açısından çok değerlidir.

Son olarak, nörogörüntüleme alanındaki bütün bu ilerlemeler, eski kuramlarla karşılaştırıldığında bize “Freud bilseydi ne derdi?” sorusunu sorduruyor. Hendrickx vd. (2025) “If Freud had known” başlıklı makalesinde, Freud’un zamanında beyin hakkında bugünkü bilgilerimiz olsaydı, psikopatolojiyi açıklarken sinir ağları ve beyin plastisitesi kavramlarını kuramlarına nasıl entegre edebileceğini tartışmaktadır. Günümüzde bizler, psikoterapinin işe yaradığını sadece klinik gözlemlerle değil, beyin görüntüleriyle de görebiliyoruz. Bu sayede zihin-beyin etkileşimini daha somut bir zeminde anlama şansımız var.

Özetle, PET, SPECT ve yapısal MRI gibi yöntemler, psikoterapi sonrası beyindeki metabolik ve anatomik

değişimlerin doğrulanmıştır. Prefrontal korteks ve limbik sistemde kan akımı ve glukoz metabolizması değişimleri, bazal gangliyonlarda iyileşen metabolizma, limbik yapılarda hacim artışları gibi bulgular, terapinin “beyinde işe yaradığını” göstermektedir (Porto vd., 2009; Laugharne vd., 2016; Erbay & Ünal, 2017). Ayrıca bu teknikler sayesinde, psikoterapiyle uyku benzeri işleme süreçlerinin aktive olduğu (Pagani vd., 2017) veya bellek izlerinin yeniden yazıldığı (Very vd., 2025) bile ileri sürülebilmektedir. Elbette her yöntem beynin farklı bir yönünü aydınlatır: fMRI anlık aktivite ve bağlantıları gösterirken, PET metabolik değişimi, yapısal MRI hacimsel değişimi gösterir. Birleştirildiğinde, bu bulgular psikoterapinin sinir sistemini çok boyutlu olarak etkilediğinin altını çizmektedir.

### 2.3. Psikoterapi Türleri ve Beyin Bölgelerine Etkileri

Farklı psikoterapi ekolleri, kuramsal yaklaşımları farklı olsa da sonuçta hepsi beyinde belirli değişimler ortaya çıkarır. Ancak her terapinin vurgu yaptığı süreçler farklı olduğundan, etkilediği beyin bölgeleri veya ağlar da kısmen farklılık gösterebilir. Bu bölümde, özellikle Bilişsel Davranışçı Terapi (BDT) ile psikodinamik ve diğer terapi yaklaşımlarının sinirsel etkileri karşılaştırmalı olarak ele alınacaktır. Ayrıca EMDR gibi özel tekniklerin ve mindfulness, interpersonal terapi gibi yöntemlerin beyin üzerindeki etkilerine de değinilecektir. Unutulmamalıdır ki, hangi yaklaşım olursa olsun, etkin bir terapi sonunda hastanın beyni başlangıca göre daha sağlıklı bir fonksiyonel mimariye kavuşmaktadır (Santarnecchi vd., 2019). Bu iyileşmeye giden yolda hangi nöral rotaların kullanıldığı ise terapi türüne göre çeşitlenebilir.

### 2.4. Bilişsel Davranışçı Terapi (BDT)

BDT, psikoterapi yaklaşımları arasında beyin üzerinde en fazla araştırılmış olanıdır. Yapılandırılmış ve hedefe yönelik doğası, belirli hipotezlerin test edilmesine olanak tanımıştır. BDT'nin merkezi ilkesi, düşünce-duygu-davranış döngüsünü değiştirmektir. Nörobiyolojik olarak bu, prefrontal korteks (düşünce) – limbik sistem (duygu) – striatal alanlar (davranış rutinleri) üçgeninde değişim yaratmak anlamına gelir. Nitekim BDT alan hastalarda bu üçgende yer alan yapılarda belirgin değişimler kaydedilmiştir (Brooks & Stein, 2015; Porto vd., 2009).

Anksiyete bozukluklarında BDT'nin etkilerini derleyen bir çalışmada, 20'den fazla fMRI çalışmasının sonuçları incelenmiş ve her birinde BDT sonrası ortak bir örüntü belirlenmiştir: Artmış prefrontal aktivite ve azalmış amigdala/insula aktivitesi (Brooks & Stein, 2015). Örneğin spesifik fobisi olan bireylerde maruz bırakma temelli BDT öncesi fobi nesnesine (örneğin örümceğe) bakarken amigdala ve insula aşırı faalken, tedavi sonrasında bu yapıların yanıtında belirgin bir azalma, buna karşın dorsolateral PFC aktivitesinde artış gözlenmiştir (Lueken vd., 2013 aktaran Brooks & Stein, 2015). Bu, BDT'nin korku devresini baskınlarken bilişsel kontrol devresini güçlendirdiğine dair tipik bir örnektir. Benzer biçimde, panik bozukluğu hastalarında BDT sonrası üst orta frontal girus (dorsomedial PFC) aktivitesinin arttığı, bu sayede vücuttaki panik belirtilerine karşı hastaların daha rasyonel bir üst bakış geliştirdiği rapor edilmiştir (Türkan vd., 2016 aktaran Brooks & Stein, 2015).

BDT'nin etkili olduğu bir diğer alan travma sonrası stres bozukluğudur. Tekrarlayan travmatik anıların yol açtığı patolojik tepkileri azaltmada BDT son derece etkilidir ve bu durum nörogörüntüleme ile de doğrulanmıştır. Tekrarlayıcı travma maruziyeti olan bireylerde (ör. savaş gazileri) uygulanan travma odaklı BDT sonrasında, hiperaktif amigdala ve hipokampus aktivitesinin azaldığı, prefrontal bölgelerin bu anılara verdiği üst düzey düzenleyici yanıtın ise arttığı gösterilmiştir (Santarnecchi vd., 2019). Hatta bir çalışmada, tek seanslık travma odaklı bilişsel işleme terapisinden hemen sonra yapılan fMRI'da bile, travma ile ilgili uyarılara karşı amigdala aktivitesinde düşüş gözlenmiştir (Roy vd., 2010 aktaran Pierce & Black, 2023). Bu denli hızlı bir değişim, BDT'nin doğru hedeflendiğinde beyinde anında adaptasyon sağlayabileceğini gösterir.

Depresyon tedavisinde BDT'nin sinirsel etkileri de kapsamlı incelenmiştir. Bir meta-analizde, BDT'nin depresyonda hem bilişsel kontrol devrelerini (dorsal ACC, dorsolateral PFC gibi) hem de öz referans ve bellekle ilgili devreleri (ventromedial PFC, hipokampus gibi) etkilediği belirtilmiştir (Ren vd., 2025). Özellikle depresyonda görülen aşırı varsayımsal düşüncelere dalma (ruminasyon) halinin, default mode network aktivitesindeki anormalliklerle ilişkili olduğu, BDT sonrasında bu ağın (özellikle precuneus ve posterior singulat gibi bölgelerin) aktivitesinin sağlıklı düzene yaklaştığı bulunmuştur (Ren vd., 2025). Bu da BDT'nin depresyondaki içe dönük olumsuz düşünce döngülerini beyin düzeyinde kırdığını gösterir. Yapısal açıdan da depresyonda BDT'nin etkililiğini öngören faktörler arasında, yukarıda bahsedildiği gibi rostral ACC hacmi sayılabilir; ancak BDT sonrasında bu hacimde belirgin bir değişim beklenmese de gri

madde yoğunluğunda kısmi artışlar bildiren çalışmalar mevcuttur (Porto vd., 2009).

BDT'nin beyin üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için, son dönemde nöro bilimle zenginleştirilmiş BDT kavramı ortaya çıkmıştır (Månsson vd., 2021). Bu yaklaşım, her hastanın özgün beyin işleyişini (ör. bir hastada belirgin amigdala hiperaktivitesi varken diğerinde daha çok dikkat-biası olabilir) göz önünde bulundurarak BDT tekniklerini uyarlamayı amaçlar. Örneğin eğer bir hastada interoseptif duyu (kalp atımı, nefes gibi) karşı aşırı hassasiyet ve buna bağlı panik döngüsü varsa, bu hastada insula ve ACC etkileşimi hedef alınarak farkındalık teknikleri ve maruziyet planlanır (Kang vd., 2022). Gerçekten de panik bozukluğu olan bireylerde yapılan bir çalışmada, mindful farkındalık temelli müdahalelerin insula aktivitesini düşürdüğü ve bunun panik semptomlarını azalttığı rapor edilmiştir (Kang vd., 2022). Bu tür bulgular, BDT'nin alt bileşenlerinin (maruz bırakma, gevşeme, bilişsel yeniden yapılandırma vb.) farklı sinirsel hedefleri olduğu ve hastaya göre bunların kombinasyonunun özelleştirilebileceğini ima eder (Månsson vd., 2021).

BDT'nin etkilediği bir diğer önemli yapı grubu, bazal gangliyonlar ve özellikle ödül-motivasyon devreleridir. Depresyon hastalarında anhedoni (haz alamama) yaygın bir sorundur ve striatum aktivitesindeki düşüklükle ilişkilidir. Davranışsal aktivasyon gibi BDT teknikleriyle hastanın tekrar keyif verici etkinliklere yönelmesi sağlanarak, striatal dopamin devrelerinin yeniden canlanması hedeflenir. Nitekim bir çalışmada, BDT sonrasında depresyon hastalarının ventral striatum (nucleus accumbens) aktivitesinde artış gözlenmiştir ve bu artışın, hastaların artık günlük hayattan daha fazla zevk alabilmeleriyle bağlantılı olduğu belirtilmiştir (Dunlop vd., 2017 aktaran Tozzi vd., 2024). Ayrıca beyincik ve kaudat çekirdek gibi alanlarda depresyonla ilişkili asimetri ve hacim değişiklikleri rapor edilmiştir (Okumuş vd., 2022). BDT'nin bu bölgelere doğrudan etkisi henüz tam netleşmemiş olsa da örneğin OKB'de kaudat nükleus hiperaktivitesinin BDT ile azaldığı (Porto vd., 2009) göz önüne alınırsa, bazal gangliyonlar da BDT'nin etki sahasına girmektedir.

Son yıllarda BDT'nin beyin üzerindeki etkilerini artırmak amacıyla teknolojik destekler de kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar veya internet tabanlı BDT programları geniş kitlelere ulaşırken, bunların da nörogörüntüleme ile incelenmesi ilginç sonuçlar vermiştir. Örneğin, internet tabanlı BDT alan depresyon hastalarında, yüz yüze terapi alanlarla benzer şekilde, rostral ACC hacminin tedavi yanıtını öngördüğü bulunmuş ve tedavi sonrası bu hastalarda beyin bağlantı örüntülerinde (özellikle default mode network'te) sağlıklı yönde değişimler saptanmıştır (Sheline vd., 2025; Yu vd., 2025). Bu da terapötik etkinin beyin düzeyinde ortaya çıkması için fiziksel olarak terapistle aynı odada olmanın şart olmadığını, önemli olanın o bilişsel-psikolojik işlemlerin hastada gerçekleşmesi olduğunu gösterir.

Özetlemek gerekirse, BDT beyni çok yönlü etkileyen bir terapi şeklidir. Onun sayesinde hatalı bilişsel şemalar düzeltilir (prefrontal korteks), aşırı duygusal tepkiler törpülenir (amigdala/insula), ödül devreleri canlandırılır (ventral striatum), içsel monolog daha sağlıklı hale getirilir (default mode network) ve davranış kalıpları değiştirilir (motor/premotor korteks ile bazal gangliyon bağlantıları). Bu değişimlerin her biri, sayısız nörogörüntüleme çalışmasıyla desteklenmektedir. BDT'nin başarısı, bu değişimlerin senkronize bir şekilde gerçekleşmesine bağlıdır ve araştırmalar da tam olarak bunu göstermektedir: Prefrontal korteksin alt beyin alanları üzerindeki denetimi artar, böylece danışan artık düşüncelerinin ve duygularının direksiyonuna daha sıkı biçimde geçer (Brooks & Stein, 2015). BDT, bir anlamda danışanın beyninde "üst düzey yönetici" pozisyonunu yeniden güçlendiren bir müdahale olarak görülebilir.

## 2.5. Psikodinamik ve Diğer Terapi Yaklaşımları

Psikodinamik terapi, bilinçdışı süreçlerin farkındalık kazanması ve geçmiş deneyimlerin bugünkü duygulanım ve ilişkiler üzerindeki etkisinin çözülmesi üzerinde durur. Bu yaklaşımın nörobiyolojik etkileri, BDT kadar sistematik incelenmemiş olsa da son yıllarda artan sayıda çalışma psikodinamik tedavilerin de beyinde belirgin değişimler yarattığını göstermektedir (Cera vd., 2022; Mensing, 2023). Psikodinamik terapi genellikle daha uzun sürer ve etkileri kademeli ortaya çıkar; bu bağlamda beyin değişimleri de kademeli olabilir. Örneğin 15 ay boyunca psikodinamik terapi alan majör depresyon hastalarında, tedavi sonunda prefrontal-limbik ağ etkileşimlerinde anlamlı iyileşmeler saptanmıştır (Buchheim vd., 2012). Bu çalışmada, terapi öncesinde duygusal uyarılara karşı limbik bölgelerde (amigdala, ventral ACC) aşırı reaksiyon veren hastaların, terapi sonunda bu uyarıları daha düzenlenmiş bir şekilde işledikleri (azalmış limbik aktivasyon, artmış prefrontal aktivasyon) gösterilmiştir (Buchheim vd., 2012). Bu bulgu, psikodinamik sürecin danışanın duygularını anlamlandırmasını ve düzenlenmesini sağladığını, bunun da beyin düzeyine yansındığını göstermektedir.

Psikodinamik terapi sırasında terapötik ilişki ve aktarım (transference) süreçleri önemli yer tutar. Bu süreç-

lerin beyin korelasyonları üzerine ilginç bir çalışma, terapistine güçlü aktarım duyguları besleyen borderline kişilik bozukluğu hastalarında terapötik seans esnasında fMRI ölçümü yapmıştır (Buchheim vd., 2008 aktaran Cera vd., 2022). Sonuçlar, hasta terapistine ilişkin duyguları yoğun yaşarken limbik sistemin (özellikle amigdala) aktive olduğunu, ancak terapi ilerledikçe ve bu duygular çalışıldıkça prefrontal kontrolün devreye girip bu aktivasyonu azalttığını göstermiştir. Bu, terapötik ilişkinin bizzat kendisinin beyinde bir duygu düzenleme egzersizi işlevi gördüğünü düşündürmektedir (Sened vd., 2022). Gerçekten de hasta ve terapist arasında güven oluştuğunda, hastanın beyni daha senkronize ve düzenli bir hale geçebilmektedir (Sened vd., 2022).

Psikodinamik terapilerin beyin üzerindeki etkilerini gözler önüne seren bir diğer araştırma, 16 hafta süreyle psikodinamik psikoterapi uygulanan kronik depresyon hastalarında yapılmıştır (Roffman vd., 2014). Tedavi öncesi beyin fMRI taramasında, daha yüksek posterior parietal korteks ve dorsal ACC aktivasyonu gösteren hastaların, terapi sonunda daha fazla iyileşme gösterdiği bulunmuştur (Roffman vd., 2014). Bu bölgeler, kendilik farkındalığı ve dikkat yöneltme ile ilgilidir; belki de bu hastalar terapi sırasında iç gözlem yapmaya daha yatkındı. İlginç olan, 16 hafta sonunda tüm hastalarda genel bir ventromedial prefrontal korteks aktivite artışı gözlenmiş olmasıdır (Roffman vd., 2014). Bu bölge, öz-değer ve sosyal bağlantılılık hisleriyle ilişkilidir. Dolayısıyla psikodinamik süreç, hastaların kendilerine dair algısını ve ilişkisel duygularını nörobiyolojik olarak olumlu yönde değiştirmiştir.

Psikoterapi yaklaşımları arasında özel bir yere sahip olan EMDR (Göz Hareketleriyle Duyarsızlaştırma ve Yeniden İşleme) terapisi de beyin üzerinde çarpıcı etkiler yaratır. EMDR, travmatik anıların işlenmesi sırasında danışandan ritmik göz hareketleri yapmasını isteyerek, anının içerdiği duygusal yükü azaltmayı hedefler. Mekanizması tam olarak anlaşılmasa da göz hareketlerinin REM uykusuna benzer bir etki yaratarak travmatik anıların yeniden işlenmesini kolaylaştırdığı öne sürülmüştür (Pagani vd., 2017). Nörogörüntüleme bulguları bu hipotezi destekler görünmektedir: EMDR seansı sırasında yapılan EEG ve PET ölçümlerinde, beynin delta bandı aktivitesinin arttığı (yavaş dalga uykuda görülen türden) ve paralelinde limbik yapılarıdaki metabolik aktivitenin azaldığı rapor edilmiştir (Pagani vd., 2018). Bu bulgu, EMDR'nin travmatik anıları işlerken beyni bir nevi "uyku moduna" alarak güvenli bir işleme ortamı yarattığı şeklinde yorumlanabilir (Pagani vd., 2017; 2018). fMRI çalışmaları da EMDR'nin etkisini doğrular: Yukarıda değinilen Rousseau ve diğerlerinin (2019a) çalışmasında, EMDR sonrasında korku sönme devrelerinde iyileşme sağlandığı gösterilmiştir. Bir diğer çalışmada, tek bir EMDR seansında travmatik anıyı göz hareketleri eşliğinde hatırlayan TSSB hastalarının, görsel işlem bölgeleri (örn. görsel korteks) aktivitesinde düşüş ve orbitofrontal korteks aktivitesinde artış sergilediği saptanmıştır (Thomae vd., 2016). Bu sonuç, travmatik anının "görsel parlaklığının" azalması ve anıya dair bilişsel kontrolün artması anlamına gelir.

EMDR'nin özgün mekanizmasına dair teorilerden biri de çift yönlü uyarımın çalışma belleğini meşgul ederek anının duygusal yoğunluğunu azalttığı yönündedir (Landin-Romero vd., 2018). Buna göre, göz hareketleri gibi uyarımlar prefrontal korteksin işlevsel devrelerini aktive ederek amigdalayla bastırır. Nörogörüntüleme bulguları da EMDR sonrasında prefrontal aktivitede artış, amigdala aktivitesinde azalma göstermektedir (Santarnecchi vd., 2019). Hatta EMDR'yi bir yapay sinir ağı modeli ile taklit etmeye çalışan araştırmalar, bu mekanizmayı matematiksel olarak da göstermiştir (Mattera vd., 2022). Biyolojik olarak esinlenilmiş bu modelde, EMDR protokolü uygulandığında ağa ait "amigdala düğümünün" aktivitesinin azaldığı, "kortikal düğümlerin" aktivitesinin ise arttığı görülmüştür (Mattera vd., 2022).

Diğer terapi yaklaşımlarına bakacak olursak, İnterpersonal Terapi (IPT), Bilinçli Farkındalık (Mindfulness) temelli terapiler, Grupla psikoterapi gibi yöntemlerin de beyin etkileri incelenmeye başlanmıştır. IPT esasen ilişki örüntülerine odaklanır ve bazı veriler IPT'nin PFC, ACC ve bazal gangliyonlarda metabolik iyileşme sağladığını belirtmektedir (Erbay & Ünal, 2017). Bu, IPT ile kişilerarası stresin azaltılmasının hem prefrontal düzenleme devrelerini hem de alışkanlık ve ödül devrelerini rahatlattığını gösterir. Mindfulness eğitimi ise yukarıda söz edildiği gibi insula, ACC ve prefrontal devrelerde değişim yaratır (Kang vd., 2022). Özellikle TSSB'de mindfulness meditasyonun, interoseptif ağları (iç duyum farkındalığı) normalleştirdiği ve bu sayede travma tetikleyicilerine verilen fizyolojik tepkileri azalttığı gösterilmiştir (Kang vd., 2022). Grupla terapi konusunda henüz beyin araştırmaları kısıtlı olsa da grup terapisinin sosyal bağlantı hissini artırması yoluyla default mode network ve sosyal beyin ağlarında olumlu etkileri olabileceği düşünülmektedir (Mensing, 2023). Ayrıca nörogeribildirim (neurofeedback) gibi yöntemler de terapötik süreçlere entegre edilmektedir. Örneğin, travma sonrası büyüme yaşayan bireylerde EEG temelli neurofeedback ile belirli beyin dalgalarını eğitmenin, beyin fonksiyonlarını dengeleyerek iyileşmeyi destekleyebileceği ileri sürülmüştür (Glazebrook vd., 2024).

Psikoterapi yaklaşımlarının hepsini kapsayan belki de en önemli ortak payda, beynin sosyal ve duygu-

sal beyin bölgelerini yeniden şekillendirmeleridir (Mensing, 2023). Kendilik gelişimi ve ilişki modelleri de nörobiyolojik temellerle açıklanmaya başlamıştır (Yerebakan, 2024). Örneğin, sağ beyin yarıküresinin özellikle erken çocuklukta ilişki travmalarından etkilendiği ve terapötik bir ilişki içinde sağ beynin iyileşebildiği kuramsal olarak öne sürülmektedir (Yerebakan, 2024). Bu kuramsal görüşler, beyin görüntüleme bulgularıyla kademeli olarak desteklenmektedir.

Sonuç olarak, psikoterapi yaklaşımları çeşitlense de beyinde yarattıkları iyileştirici izler ortak bir hedefe yöneliktir: İşlevsel olmayan devrelerin esnekliğini artırmak ve adaptif çalışmasını sağlamak. BDT bunu yapılandırılmış alıştırma ile, psikodinamik terapi içgörü ve ilişkiyle, EMDR göz hareketleriyle, mindfulness farkındalıkla başarır. Tüm yollar, sonunda limbik sistem – prefrontal sistem dengesinin kurulmasına ve hastanın bilişsel-duygusal özgürlüğüne kavuşmasına çıkar. Nörogörüntüleme çalışmaları, bu farklı yolların beyinde bıraktığı imzaları teker teker ortaya koymuştur: BDT'nin artan prefrontal aktivitesi, EMDR'nin azalan limbik aktivitesi, psikodinamik terapinin normalleşen singulat korteks tepkileri... Hepsi, psikoterapinin etkinliğinin inkâr edilemez birer biyolojik kanıtıdır. Bu kanıtlar ışığında, gelecekte "beyin sağlığı bakımı" kavramının ruh sağlığı hizmetlerine entegre edilmesi ve her terapi planının bir anlamda "beyin odaklı" hale getirilmesi olası görünmektedir (Amen & Easton, 2021). Böylelikle psikoterapi hem zihin hem beyin için vazgeçilmez bir tedavi aracı olmaya devam edecektir.

## Sonuç

Psikoterapinin nörobiyolojik temelleri üzerine yapılan araştırmalar, ruhsal iyileşmenin yalnızca semptom düzeyinde değil, beyin yapısal ve işlevsel organizasyonunda da karşılık bulduğunu açık bir şekilde göstermektedir. Son otuz yılda gelişen nörogörüntüleme teknikleri sayesinde, terapötik müdahalelerin beyindeki etkilerini artık daha net gözlemleyebiliyoruz. fMRI, PET, SPECT ve yapısal MRI gibi yöntemler, farklı terapi türlerinin beyin kritik bölgelerinde nasıl değişim yarattığını, hangi devreleri güçlendirdiğini veya dengelediğini ortaya koymaktadır (Beauregard, 2014; Porto vd., 2009; König vd., 2025).

Bulgular, psikoterapinin beyin plastisitesini etkin biçimde harekete geçirdiğini, sinaptik güçlenme, yeni bağlantı oluşumu ve gen ekspresyonu gibi biyolojik süreçleri tetikleyerek uzun vadeli değişimler sağladığını göstermektedir (Bradley, 2012). Bu değişimler, yalnızca bilişsel ve duygusal işlevlerin iyileşmesiyle sınırlı kalmaz; aynı zamanda hastanın yaşam kalitesini, sosyal işlevselliğini ve stresle başa çıkma kapasitesini de artırır. Özellikle amigdala, prefrontal korteks ve anterior singulat korteks gibi yapılar üzerinde görülen normalleştirici etkiler, duygu düzenleme, bilişsel kontrol ve tehdit algısı gibi temel psikolojik süreçlerin yeniden dengelenmesini sağlar (Laugharne vd., 2016; Yoshimura vd., 2014).

Amigdala, psikoterapi sonrası genellikle aşırı reaktivitesini kaybeder ve prefrontal korteks ile olan işlevsel bağlantıları güçlenir. Bu, hastanın duygusal tepkilerini daha iyi kontrol edebilmesini sağlar (Shou vd., 2017). Prefrontal kortekste görülen aktivite artışları, düşünce esnekliğini, problem çözme becerisini ve bilişsel yeniden yapılandırma kapasitesini artırırken, anterior singulat kortekste görülen aktivite normalleşmesi hem içsel hem dışsal tehdit algısının daha sağlıklı bir düzeye çekildiğini gösterir (Webb vd., 2018).

Farklı terapi türleri, beyin farklı devrelerine özgül etkiler yaratır. Bilişsel davranışçı terapi (BDT), üstten aşağı kontrol mekanizmalarını güçlendirerek özellikle prefrontal bölgelerde belirgin değişimler yaratır. Psikodinamik terapiler, bilinçdışı süreçlerin ve ilişkisel dinamiklerin işlendiği seanslar yoluyla öz-farkındalık ağlarını etkiler, limbik tepkiselliği dengeler. EMDR gibi travma odaklı yöntemler ise bellek yeniden işleme ve sönme mekanizmalarını harekete geçirerek hem limbik hem kortikal bölgelerde uyum sağlayıcı değişimler oluşturur (Landin-Romero vd., 2018; Pagani vd., 2017).

Nörogörüntüleme araştırmalarının bir diğer önemli katkısı, tedaviye yanıtı öngörebilecek biyobelirteçlerin belirlenmesine olanak tanımasıdır. Örneğin, rostral anterior singulat korteks hacminin yüksek olması, internet tabanlı BDT'ye daha iyi yanıtla ilişkilendirilmiştir (Webb vd., 2018). Bu tür bulgular, gelecekte kişiselleştirilmiş psikoterapi yaklaşımlarının önünü açabilir (Månsson vd., 2021).

Ancak mevcut literatürde bazı sınırlılıklar mevcuttur. Birçok çalışma küçük örneklemle yürütülmüş, genellikle tek tanı grubu veya tek terapi türü incelenmiştir. Genel olarak bakıldığında uzun vadeli takip çalışmalarının azlığı da dikkate alındığında daha geniş örneklemli, çok merkezli ve uzun süreli araştırmalara ihtiyaç vardır.

Disiplinlerarası çalışmaların artması, bu alandaki ilerlemenin en önemli itici gücü olacaktır. Psikoterapiyi

yalnızca klinik bir süreç olarak değil, aynı zamanda nörobiyolojik bir yeniden yapılanma süreci olarak ele almak hem bilimsel hem terapötik perspektifimizi derinleştirecektir. Nitekim, psikoterapinin beynin doğal plastisite kapasitesini kullanarak yeni, sağlıklı sinirsel bağlantılar oluşturduğu fikri, klinisyenler ve danışanlar için umut verici bir vizyon sunmaktadır.

Sonuç olarak, psikoterapi beyinde iz bırakır. Bu izler, fonksiyonel bağlantıların güçlenmesi, anormal aktivite paternlerinin normalleşmesi ve hatta yapısal değişimlerle kendini gösterir. Beyin ve zihin arasındaki bu dinamik etkileşim, modern psikoterapinin en güçlü kanıtlarından birini oluşturur. Gelecekte, nörogörüntüleme temelli değerlendirmeler sayesinde, her birey için en uygun terapi türünün belirlenmesi ve tedavi süreçlerinin objektif olarak izlenmesi mümkün hale gelebilir. Bu da hem tedavi etkinliğini artıracak hem de ruh sağlığı alanında daha hedefe yönelik, kişiselleştirilmiş yaklaşımların yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

Psikoterapinin nörobiyolojik etkilerini anlamak, yalnızca bilimsel bir merakın ürünü değildir; aynı zamanda insanın değişim kapasitesine duyulan inancın nörobilimsel kanıtıdır. Freud'un yüzyıl önce öne sürdüğü "terapi beyinde değişiklik yapar" önermesi, bugün gelişmiş görüntüleme teknikleriyle doğrulanmakta ve her geçen gün daha ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır (Bradley, 2012; Hendrickx vd., 2025). İnsan beyni, yaşam boyu öğrenmeye ve değişime açıktır; psikoterapi ise bu değişimin en insani, en derin ve en dönüştürücü yollarından biridir.

## KAYNAKÇA

Açık Yavuz, Begüm vd. (2025). "Türkiye'de deprem sonrası gelişen travma sonrası stres bozukluğuna yönelik psikolojik müdahaleler: Bir sistematik derleme". *Afet ve Risk Dergisi*, 8(2), 468-486. <https://doi.org/10.35341/afet.1422407>

Amen, Daniel G. ve Easton, Michael (2021). "A new way forward: how brain SPECT imaging can improve outcomes and transform mental health care into brain health care". *Frontiers in Psychiatry*, 12, 715315. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.715315>

Beauregard, Mario (2014). "Functional neuroimaging studies of the effects of psychotherapy". *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 16(1): 75-81. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2014.16.1/mbeauregard>

Boccia, Maddalena vd. (2015). "EMDR therapy for PTSD after motor vehicle accidents: meta-analytic evidence for specific treatment". *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 213. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00213>

Bossini, Letizia vd. (2017). "Morphovolumetric changes after EMDR treatment in drug-naïve PTSD patients". *Rivista di Psichiatria*, 52(1), 24-31. <https://doi.org/10.1708/2631.27051>

Bradley, Ruth (2012). *Was Freud right? Is intensive psychotherapy needed to harness the brain's natural plasticity?* Doktora Tezi. Auckland: Auckland University of Technology.

Brooks, Samantha J. ve Stein, Dan J. (2015). "A systematic review of the neural bases of psychotherapy for anxiety and related disorders". *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 17(3):261-279. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2015.17.3/sbrooks>

Buchheim, Anna vd. (2012). "Changes in prefrontal-limbic function in major depression after 15 months of long-term psychotherapy". *PloS one*, 7(3):e33745. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033745>

Burklund, Lisa J. vd. (2024). "Affect labeling: a promising new neuroscience-based approach to treating combat-related PTSD in veterans". *Frontiers in Psychology*, 15, 1270424. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1270424>

Butler, Oisín vd. (2018). "Hippocampal gray matter increases following multimodal psychological treatment for combat-related post-traumatic stress disorder". *Brain and Behavior*, 8(5):e00956. <https://doi.org/10.1002/brb3.956>

- Cera, Nicoletta vd. (2022). "Neural correlates of psychodynamic and non-psychodynamic therapies in different clinical populations through fMRI: A meta-analysis and systematic review". *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 1029256. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.1029256>
- Chen, Lyon W vd. (2018). "Smaller hippocampal CA1 subfield volume in posttraumatic stress disorder". *Depression and Anxiety*, 35(11):1018-1029. <https://doi.org/10.1002/da.22833>
- Cohen, Sem E vd. (2021). "Magnetic resonance imaging for individual prediction of treatment response in major depressive disorder: a systematic review and meta-analysis". *Translational Psychiatry*, 11(1):168. <https://doi.org/10.1038/s41398-021-01286-x>
- Cozzolino, Louis (2016). *Terapi neden işe yarar*. Çev. Esra Kurtuluş. Kocaeli: Psikoterapi Enstitüsü Eğitim Yayınları.
- de Greck, Moritz vd. (2013). "Changes in brain activity of somatoform disorder patients during emotional empathy after multimodal psychodynamic psychotherapy". *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 410. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00410>
- Demiray, Derya Yavuz vd. (2025). "Impact of Massive Trauma on Brain Structures: MRI Volumetric Analysis Post-February 6 Earthquake". *Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 22(1):165-171. <https://doi.org/10.35440/hutfd.1635291>
- Dickie, Erin W vd. (2008). "An fMRI investigation of memory encoding in PTSD: influence of symptom severity". *Neuropsychologia*, 46(5):1522-1531. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.01.007>
- Ding, JunEn vd. (2025). *NeuroTree: Hierarchical functional brain pathway decoding for mental health disorders* [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2502.18786>
- Dobrushina, Olga R. (2024). "Contemporary neuroscientific concepts and psychotherapy: possibilities for integration". *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni IP Pavlova*, 74(1):3-13. <https://rjraap.com/0044-4677/issue/view/10700>
- Domínguez-Pérez, Judith vd. (2025). "Neural Mechanisms of Cognitive Behavioral Therapy Efficacy in Anxiety Disorders: A Scoping Review of fMRI-Based Studies That Tested the Dual Model". *Life*, 15(3):493. <https://doi.org/10.3390/life15030493>
- Erbay, Lütfiye ve Ünal, Süleyha (2017). "Terapi beyinde ne yapar". *Türkiye Klinikleri J Child Psychiatry-Special Topics*, 3(2):163-168.
- Ergin, Elif, & Yalçınkaya Alkar, Özden (2022). "C kümesi kişilik bozukluklarında bilişsel davranışçı terapinin etkililiği". *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 14(2):185-194. <https://doi.org/10.18863/pgy.962588>
- Feng, Yu vd. (2024). "Neural modulation alteration to positive and negative emotions in depressed patients: Insights from fmri using positive/negative emotion atlas". *Tomography*, 10(12):2014-2037. <https://doi.org/10.3390/tomography10120144>
- Flinkenflügel, Kira vd. (2025). "Longitudinal associations between white matter integrity, early life adversities, and treatment response following cognitive-behavioral therapy in depression". *Neuropsychopharmacology*, 50, 1000-1007. <https://doi.org/10.1038/s41386-025-02070-x>
- Garrett, Amy vd. (2019). "Longitudinal changes in brain function associated with symptom improvement in youth with PTSD". *Journal of Psychiatric Research*, 114, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2019.04.021>
- Gerçek, Emrah ve Özen, Yener (2025). "Akıl ve Beden: Nöropsikolojik Temeller ve Organlar Arası Etkileşimler". *Türkiye Bütüncül Psikoterapi Dergisi*, 8(16):9-27. <https://doi.org/10.56955/bpd.1504044>
- Glazebrook, Ammanda Jane vd. (2024). "Toward neuroscientific understanding in posttrauma-

tic growth: Scoping review identifying electrophysiological neurofeedback training targets for brain-based research”. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 167, 105926. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.105926>

Haris, Elizabeth M vd. (2023). “Functional connectivity of amygdala subnuclei in PTSD: a narrative review”. *Molecular psychiatry*, 28(9):3581-3594. <https://doi.org/10.1038/s41380-023-02291-w>

Hendrickx, Morion vd. (2025). “If Freud had known....” *Frontiers in Psychology*, 16, 1556279. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1556279>

Iqbal, Javed vd. (2023). “The neural circuits and molecular mechanisms underlying fear dysregulation in posttraumatic stress disorder”. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1281401. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1281401>

Jung, Minjee ve Han, Kyu-Man (2024). “Behavioral activation and brain network changes in depression”. *Journal of Clinical Neurology (Seoul Korea)* 20(4):362. <https://doi.org/10.3988/jcn.2024.0148>

Kalsi, Navkiran vd. (2017). “Neural correlates of outcome of the psychotherapy compared to antidepressant therapy in anxiety and depression disorders: a meta-analysis”. *Frontiers in Psychology*, 8, 927. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00927>

Kang, Seung Suk vd. (2022). “Interoception underlies therapeutic effects of mindfulness meditation for posttraumatic stress disorder: A randomized clinical trial”. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 7(8):793-804. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2021.10.005>

Klumpp, Heide vd. (2014). “Resting state amygdala-prefrontal connectivity predicts symptom change after cognitive behavioral therapy in generalized social anxiety disorder”. *Biology of Mood & Anxiety Disorders*, 4(1):14. <https://doi.org/10.1186/s13587-014-0014-5>

Kotoula, Vasileia vd. (2023). “The use of functional magnetic resonance imaging (fMRI) in clinical trials and experimental research studies for depression”. *Frontiers in Neuroimaging*, 2, 1110258. <https://doi.org/10.3389/fnimg.2023.1110258>

König, Philine vd. (2025). “Brain functional effects of cognitive behavioral therapy for depression: A systematic review of task-based fMRI studies”. *Journal of Affective Disorders*, 368, 872-887. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.09.084>

Landin-Romero, Ramon vd. (2018). “How does eye movement desensitization and reprocessing therapy work?” A systematic review on suggested mechanisms of action. *Frontiers in Psychology*, 9, 1395. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01395>

Lansing, Karen vd. (2005). “High-resolution brain SPECT imaging and eye movement desensitization and reprocessing in police officers with PTSD”. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 17(4):526-532. <https://doi.org/10.1176/jnp.17.4.526>

Laugharne, Jonathan vd. (2016). “Amygdala volumetric change following psychotherapy for posttraumatic stress disorder”. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 28(4):312-318. <https://doi.org/10.1176/appi.neuropsych.16010006>

Li, Jingyu vd. (2024). “Structural and functional brain alterations in subthreshold depression: A multimodal coordinate-based meta-analysis”. *Human Brain Mapping*, 45(7):e26702. <https://doi.org/10.1002/hbm.26702>

Månsson, Kristoffer N. vd. (2021). “Enriching CBT by neuroscience: Novel avenues to achieve personalized treatments”. *International Journal of Cognitive Therapy*, 14(1):182-195. <https://doi.org/10.1007/s41811-020-00089-0>

Mattera, Andrea vd. (2022). “A biologically inspired neural network model to gain insight into the

- mechanisms of post-traumatic stress disorder and eye movement desensitization and reprocessing therapy". *Frontiers in Psychology*, 13, 944838. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.944838>
- Mensing, Marion (2023). "An exploration of the role of neuroscience and neuroimaging in the psychodynamic approach". *International Journal of Contemporary Psychotherapy*, 23(1):23–28.
- Merdan-Yıldız, Ezgi Didem vd. (2021). "Çocuk ve ergenlerde EMDR: Travma sonrası stres bozukluğu tedavisindeki etkililiği üzerine bir derleme". *Klinik Psikoloji Dergisi*, 5(2):213-228. <https://doi.org/10.5455/kpd.26024438m000041>
- Okumuş, Burak vd. (2022). "Cerebellum and nucleus caudatus asymmetry in major depressive disorder". *Journal of Surgery and Medicine*, 6(4):470-475. <https://doi.org/10.28982/josam.939233>
- Pagani, Marco vd. (2015). "Neurobiological response to EMDR therapy in clients with different psychological traumas". *Frontiers in Psychology*, 6, 1614. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01614>
- Pagani, Marco vd. (2017). "Eye movement desensitization and reprocessing and slow wave sleep: a putative mechanism of action". *Frontiers in Psychology*, 8, 1935. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01935>
- Pagani, Marco vd. (2018). "Metabolic and electrophysiological changes associated to clinical improvement in Two severely traumatized subjects treated with EMDR—A pilot study". *Frontiers in Psychology*, 9, 475. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00475>
- Pierce, Zachary P. ve Black, Jessica M. (2023). "The neurophysiology behind trauma-focused therapy modalities used to treat post-traumatic stress disorder across the life course: A systematic review". *Trauma, Violence, & Abuse*, 24(2):1106-1123. <https://doi.org/10.1177/15248380211048446>
- Porto, Patricia Ribeiro vd. (2009). "Does cognitive behavioral therapy change the brain? A systematic review of neuroimaging in anxiety disorders". *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 21(2):114-125. <https://doi.org/10.1176/jnp.2009.21.2.114>
- Rayani, Kaveh vd. (2025). "Brain stimulation enhances dispositional mindfulness in PTSD: an exploratory sham-controlled rTMS trial". *Frontiers in Psychiatry*, 16, 1494567. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1494567>
- Ren, Junjie vd. (2025). "Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis of the Effects of Cognitive Behavioral Therapy on Brain Activation in the Treatment of Depression and Anxiety Disorders". *Depression and Anxiety*, 2025(1):3557367. <https://doi.org/10.1155/da/3557367>
- Richardson, Poul vd. (2009). "A single-case fMRI study EMDR treatment of a patient with posttraumatic stress disorder". *Journal of EMDR Practice and Research*, 3(1):10-23. <https://doi.org/10.1891/1933-3196.3.1.10>
- Ritchey, Maureen vd. (2011). "Neural correlates of emotional processing in depression: changes with cognitive behavioral therapy and predictors of treatment response". *Journal of Psychiatric Research*, 45(5):577-587. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2010.09.007>
- Roffman, Joshua L vd. (2014). "Neural predictors of successful brief psychodynamic psychotherapy for persistent depression". *Psychotherapy and Psychosomatics*, 83(6):364-370. <https://doi.org/10.1159/000364906>
- Rousseau, Pierre-François vd. (2019). "Fear extinction learning improvement in PTSD after EMDR therapy: An fMRI study". *European Journal of Psychotraumatology*, 10(1):1568132. <https://doi.org/10.1080/20008198.2019.1568132>
- Rousseau, Pierre-François vd. (2019). "Neurobiological correlates of EMDR therapy effect in PTSD". *European Journal of Trauma & Dissociation*, 3(2):103–111. <https://doi.org/10.1016/j.ejtd.2018.07.001>

- Sandman, Christina F vd. G. (2020). "Changes in functional connectivity with cognitive behavioral therapy for social anxiety disorder predict outcomes at follow-up". *Behaviour Research and Therapy*, 129, 103612. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2020.103612>
- Santaracchi, Emiliano vd. (2019). "Psychological and brain connectivity changes following trauma-focused CBT and EMDR treatment in single-episode PTSD patients". *Frontiers in Psychology*, 10, 129. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00129>
- Schrammen, Elisabeth vd. (2022). "Functional neural changes associated with psychotherapy in anxiety disorders—A meta-analysis of longitudinal fMRI studies". *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 142, 104895. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104895>
- Seminowicz, David A vd. (2013). "Cognitive-behavioral therapy increases prefrontal cortex gray matter in patients with chronic pain". *The Journal of Pain*, 14(12):1573-1584. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2013.07.020>
- Sened, Haran vd. (2022). "Inter-brain plasticity as a biological mechanism of change in psychotherapy: A review and integrative model". *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 955238. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.955238>
- Shariatpanahi, Bitā vd. (2025). *Neural Constraints on Cognitive Experience and Mental Health [Preprint]*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2503.13981>
- Sheline, Yvette I vd. (2025). "Neuroimaging changes in major depression with brief computer-assisted cognitive behavioral therapy compared to waitlist". *Molecular Psychiatry*, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41380-025-02945-x>
- Shou, Haochang vd. (2017). "Cognitive behavioral therapy increases amygdala connectivity with the cognitive control network in both MDD and PTSD". *NeuroImage: Clinical*, 14, 464-470. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.01.030>
- Singh, Shashi B vd. (2024). "The utility of PET imaging in depression". *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1322118. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1322118>
- Stevens, Jennifer S vd. (2013). "Disrupted amygdala-prefrontal functional connectivity in civilian women with posttraumatic stress disorder". *Journal of Psychiatric Research*, 47(10):1469-1478. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2013.05.031>
- Stoklosa, Iga vd. (2024). "Neuroimaging in post-traumatic stress disorder: a narrative review". *Archives of Medical Science: AMS*, 21(1):32. <https://doi.org/10.5114/aoms/188377>
- Sun, Sai vd. (2023). "Functional connectivity between the amygdala and prefrontal cortex underlies processing of emotion ambiguity". *Translational Psychiatry*, 13(1):334. <https://doi.org/10.1038/s41398-023-02625-w>
- Thomaes, Kathleen vd. (2016). "Degrading traumatic memories with eye movements: a pilot functional MRI study in PTSD". *European Journal of Psychotraumatology*, 7(1):31371. <https://doi.org/10.3402/ejpt.v7.31371>
- Tozzi, Leonardo vd. (2024). "Personalized brain circuit scores identify clinically distinct biotypes in depression and anxiety". *Nature Medicine*, 30(7):2076-2087. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03057-9>
- Very, Etienne vd. (2025). "Hippocampal connectivity changes after traumatic memory reactivation with propranolol for posttraumatic stress disorder: a randomized fMRI study". *European Journal of Psychotraumatology*, 16(1):2466886. <https://doi.org/10.1080/20008066.2025.2466886>
- Webb, Christian vd. (2018). "Rostral anterior cingulate cortex morphology predicts treatment response to internet-based cognitive behavioral therapy for depression". *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 3(3):255-262. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2017.08.005>

Wiswede, Daniel vd. (2014). "Tracking functional brain changes in patients with depression under psychodynamic psychotherapy using individualized stimuli". PLoS One, 9(10):e109037. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109037>

Yang, Gang ve Taozhen, HE. (2021). "The congenital sternoclavicular sinus: a single-institution retrospective study of 88 patients". Orphanet Journal of Rare Diseases, 16(1):46. <https://doi.org/10.1186/s13023-021-01691-x>

Yerebakan, Şanver (2024). "Kendiliğın Gelişimi ve Nörobiyolojisi". Türkiye Bütüncül Psikoterapi Dergisi, 7(14):55-64. <https://doi.org/10.56955/bpd.1485946>

Yoshimura, Shinpei vd. (2014). "Cognitive behavioral therapy for depression changes medial prefrontal and ventral anterior cingulate cortex activity associated with self-referential processing". Social Cognitive and Affective Neuroscience, 9(4):487-493. <https://doi.org/10.1093/scan/nst009>

Yu, Wenquan vd. (2025). "Short-term alterations of brain network properties in subthreshold depression: the impact of Internet-based Cognitive Behavioral Therapy". Frontiers in Neurology, 16, 1474339. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1474339>

ted with self-referential processing". Social Cognitive and Affective Neuroscience, 9(4):487-493. <https://doi.org/10.1093/scan/nst009>

Yu, Wenquan vd. (2025). "Short-term alterations of brain network properties in subthreshold depression: the impact of Internet-based Cognitive Behavioral Therapy". Frontiers in Neurology, 16, 1474339. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1474339>