

Müzik Dinletisinin Elektroensefalografi ile Değerlendirilen Nöroplastisite Etkileri: Sistematik Bir Derleme

Neuroplastic Effects of Music Listening as Measured by Electroencephalography: A Systematic Review

 Onur Birol Kırış¹,  Sena Güldehan Uçan¹,  Evren Erik¹

¹Üsküdar Üniversitesi, İstanbul

ÖZ

Bu sistematik derleme, 2020-2025 yılları arasında yayımlanmış, sağlıklı bireylerle yapılan ve pasif müzik dinletisi sırasında elektroensefalografi (EEG) ile ölçülen nöroplastik etkileri inceleyen deneysel çalışmaları değerlendirmektedir. Amaç, müzik dinletisinin duygusal ve bilişsel beyin ağları üzerindeki etkilerini anlamaktır. Derleme, karşılaştırmaz (within-subject) tasarımı, EEG verisi toplanmış sekiz çalışmayı kapsamaktadır. Bulgular, müzik dinletisinin prefrontal, temporal ve motor bölgelerde teta ve alfa bantlarında senkronizasyon artışı, fonksiyonel bağlantısal güçlenmesi ve bilgi işlemeye özgü ağ modülerliğinde değişimler oluşturduğunu göstermektedir. Duygusal süreçlere odaklanan çalışmalar, hoşnutluk ve haz gibi tepkilerin orbitofrontal korteks, insula ve temporal bölgelerde teta aktivitesini artırdığını; bilişsel süreçlere yönelik çalışmalar ise dikkat, bellek ve tanıdıklık gibi işlevlerle bağlantılı ağ yeniden yapılanmalarını ortaya koymaktadır. Müzik dinletisinin, deneyime bağlı uzun vadeli nöroplastik değişimleri desteklediği ve duygusal regülasyon, dikkat ile öğrenme süreçlerini güçlendirebileceği belirtilmektedir. Ancak, küçük örneklem boyutları, yöntemsel çeşitlilik ve yalnızca sağlıklı bireylerin incelenmesi gibi sınırlılıklar, bulguların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Türkiye'deki sınırlı EEG çalışmaları, müzik dinletisinin beta ve duyu-motor ritim bantlarında etkiler yarattığını ve anksiyeteyi azalttığını desteklemektedir. Gelecekte, geniş örneklemli, yapılandırılmış müzik protokolleri içeren EEG araştırmaları yapılması önerilir.

Anahtar sözcükler: Elektroensefalografi, fonksiyonel bağlantısal güç, müzik, nöroplastisite, sistematik derleme

ABSTRACT

This systematic review evaluates experimental studies published between 2020 and 2025 that were conducted with healthy individuals and investigated neuroplastic effects measured by electroencephalography (EEG) during passive music listening. The aim is to understand the effects of music listening on emotional and cognitive brain networks. The review includes eight studies with within-subject designs in which EEG data were collected. The findings indicate that music listening increases synchronization in theta and alpha bands, strengthens functional connectivity, and induces changes in network modularity specific to information processing in prefrontal, temporal, and motor regions. Studies focusing on emotional processes show that responses such as pleasure and enjoyment increase theta activity in the orbitofrontal cortex, insula, and temporal regions; studies targeting cognitive processes reveal network reorganizations associated with functions such as attention, memory, and familiarity. It is stated that music listening supports experience-dependent long-term neuroplastic changes and may enhance emotional regulation, attention, and learning processes. However, limitations such as small sample sizes, methodological diversity, and the inclusion of only healthy individuals restrict the generalizability of the findings. Limited EEG studies in Türkiye support that music listening creates effects in beta and sensory-motor rhythm bands and reduces anxiety. It is recommended that future EEG research include large samples and structured music protocols.

Keywords: Electroencephalography, functional connectivity, music, neuroplasticity, systematic review

Giriş

Müzik; melodi, ritim ve armoni gibi yapısal ve duygusal bileşenler aracılığıyla işitsel, motor, bilişsel ve emosyonel sistemleri eşzamanlı olarak etkileyebilen çok boyutlu bir çevresel uyaran niteliği taşımaktadır. Bu çok yönlü etkisi sayesinde, beyinde çok sayıda fonksiyonel ağıın senkronize çalışmasını tetikleyerek yüksek düzeyli bilişsel süreçleri etkileyebilmektedir (Zatorre ve ark. 2007, Torun 2020).

Müzik dinleme sırasında ortaya çıkan bu nöral senkronizasyon ve bağlantısallık değişimleri, özellikle elektroensefalografi (EEG) gibi yüksek zaman çözünürlüğüne sahip non-invaziv yöntemlerle analiz edilebilmektedir. EEG, farklı beyin bölgeleri arasındaki senkronizasyon paternlerini ve teta, alfa, beta gibi frekans bantlarındaki değişimleri inceleyerek fonksiyonel bağlantısallık dinamiklerine dair önemli bilgiler sunmaktadır (Michel ve Koenig 2018). Bu senkronizasyon artışları, beyindeki işlevsel bağlantılılığın güçlenmesine ve sinaptogenez, dendritik dallanma ya da miyelinleşme gibi nöroplastisiteyi tetikleyen süreçlerin etkinleşmesine katkı sağlayabilmektedir (Herholz ve Zatorre 2012, Harding ve ark. 2025). Nöroplastisite, bireyin çevresel uyaranlara adaptasyonunu mümkün kılan dinamik bir kapasite olup yalnızca gelişim dönemlerinde değil, yetişkinlikte öğrenme, duygusal düzenleme ve nörolojik iyileşme süreçlerinde de önemli rol oynamaktadır (Kolb ve Gibb 2011).

Yapılan nörogörüntüleme araştırmaları, müzik dinlemenin prefrontal korteks, anterior singulat korteks, insula ve hipokampus gibi bölgelerde yapısal ve işlevsel nöroplastisiteyi destekleyebildiğini göstermektedir (Grahn ve Brett 2007, Chanda ve Levitin 2013, Särkämö ve ark. 2013). EEG temelli güncel çalışmalar ise, müziğin ritmik yapısının beyin bölgeleri arasındaki bağlantısallığı etkileyerek dikkat, bellek, emosyonel yanıt ve ödül işleme süreçleriyle ilişkili nöral örüntüler oluşturabileceğini ortaya koymaktadır (Reybrouck ve ark. 2018, Leeuwis ve ark. 2021).

Literatürdeki bazı derlemeler müzik terapisinin bilişsel işlevleri ve nöroplastisiteyi destekleyen etkilerini ortaya koymaktadır (Lök ve Bademli 2016, Önsüz ve Can 2025). Bu derlemeler genellikle klinik örneklemeler ve aktif terapötik uygulamalarla yürütülen çalışmalara odaklanmaktadır. Müzik üretimine katılımın olmadığı, yalnızca dinleme temelli uygulamaları içeren pasif müzik dinletisi araştırmaları ise oldukça sınırlıdır. Bu çalışma, sadece bu tür deneysel tasarımları sistematik olarak incelemesi açısından önceki derlemelerden ayrılmaktadır. Ayrıca, karşılaştırmalı grup analizlerinden ziyade bireyin kendi nöroplastik tepkilerine odaklanan tekil inceleme yaklaşımlarını kapsamaya yönüyle de özgün bir katkı sunmaktadır. Her ne kadar müzik dinletisinin beyin üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar giderek artsa da, kullanılan yöntemlerin çeşitliliği ve deneysel yaklaşımlardaki farklılıklar, elde edilen bulguların bütüncül biçimde yorumlanmasını güçleştirmektedir.

Pasif müzik dinletisinin beyindeki bağlantısal örüntüler üzerinde oluşturduğu etkiler, yalnızca temel nörobilimsel çıkarımlar için değil, aynı zamanda çeşitli klinik durumlar açısından da önemli bir potansiyel taşımaktadır. Yapılan bazı çalışmalar, müzik dinletisinin anksiyete düzeylerini azalttığını, dikkat süreçlerini modüle ettiğini ve emosyonel regülasyonu desteklediğini göstermektedir (Chanda ve Levitin 2013, Särkämö ve ark. 2013). Özellikle EEG gibi gerçek zamanlı yöntemlerle değerlendirilen sinirsel değişimlerin, müziğin tamamlayıcı bir müdahale olarak nörogelişimsel bozukluklar, stres temelli durumlar ya da dikkat eksikliği gibi klinik tablolarla ilişkili semptomları hafifletme potansiyelini ortaya koyması, alandaki araştırmalara uygulama odaklı yeni açılımlar kazandırmaktadır.

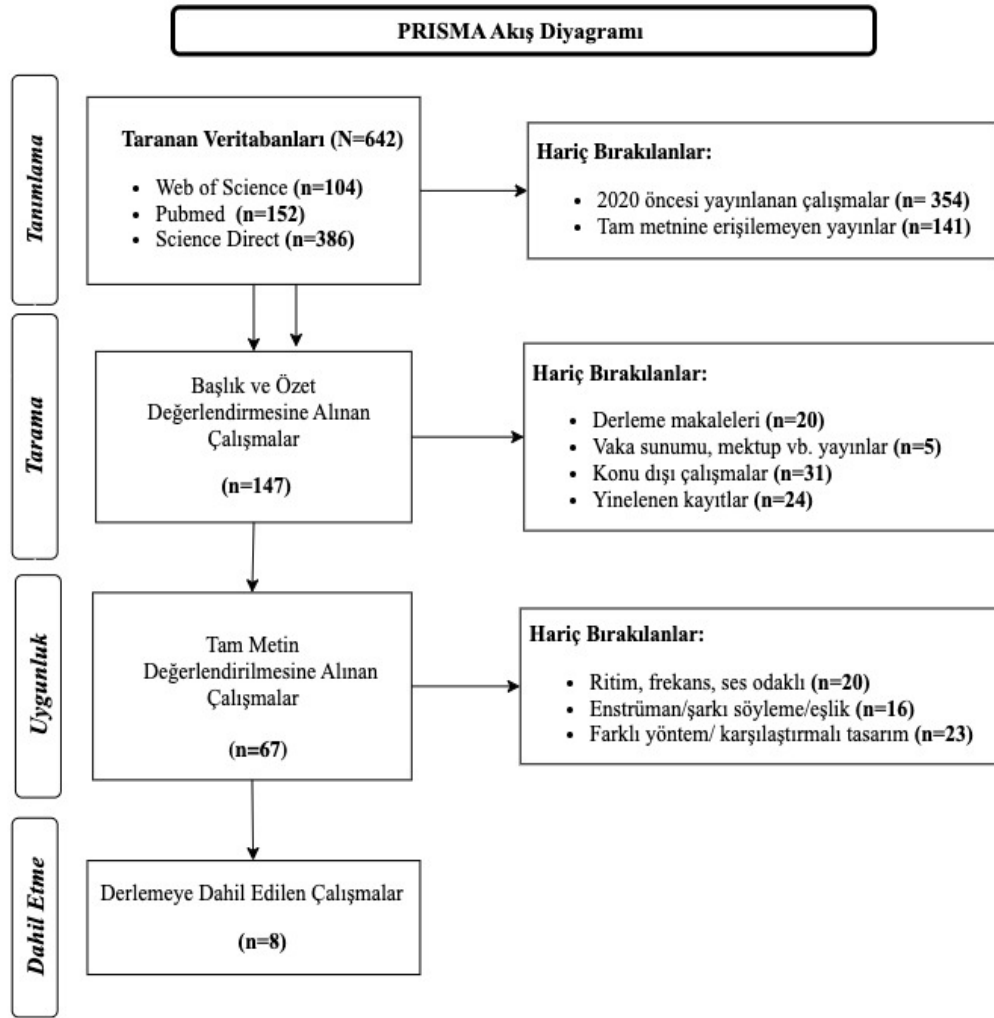
Bu sistematik derleme, EEG kullanılarak gerçekleştirilmiş güncel deneysel çalışmaları temel alarak pasif müzik dinletisinin insan beynindeki nörobilişsel etkilerini anlamayı amaçlamaktadır. İncelenen yayınlar, özellikle frontotemporal ve parietal bölgeler arasındaki bağlantı değişimleri, teta, alfa ve beta frekans bantlarında gözlenen aktivite örüntüleri ile hoşnutluk gibi duygusal süreçlerin sinirsel yansımalarına odaklanmaktadır. Bu sayede, alandaki bulguların daha bütünlüklü bir çerçevede değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Yöntem

Derleme, 2020–2025 yılları arasında yayımlanmış, sağlıklı bireylerle yürütülmüş ve yalnızca pasif müzik

dinletisine odaklanan karşılaştırmaz (within-subject) EEG çalışmalarını kapsamaktadır. Çalışmalar; beyin dalga örüntülerindeki değişimleri, bölgeler arası bağlantısalılığı, yönlü bilgi akışı analizlerini ve müziğin duygusal etkilerine dair nörofizyolojik verileri değerlendirme ölçütleriyle incelenmiştir.

Taramalar, 20-23 Nisan 2025 tarihleri arasında PubMed, Web of Science ve ScienceDirect veri tabanlarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen literatür taramasında, ("music therapy" OR "structured music" OR "music-based intervention" OR "music listening") AND ("neuroplasticity" OR "brain connectivity" OR "functional reorganization") AND (EEG) şeklinde yapılandırılmış bir Boolean ifadesinden yararlanılmıştır. Elde edilen kayıtlar, üç araştırmacı tarafından birbirinden bağımsız olarak başlık ve özet düzeyinde incelenmiş; ön uygunluk sağlayan çalışmalar tam metin düzeyinde ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Tüm seçim süreci, PRISMA yönergelerine uygun şekilde yürütülmüş olup (Moher ve ark. 2009), ilgili akış şeması Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Derlemeye dahil edilen çalışmaların PRISMA akış diyagramı

Tarama sonucunda toplam 642 çalışmaya ulaşılmıştır (Web of Science: 104, PubMed: 152, ScienceDirect: 386). Dahil edilip edilmemeye ilişkin kararlar, önceden tanımlanmış dahil etme ve dışlama kriterlerine göre, araştırmacılar arasında tartışılarak ve uzlaşa sağlanarak verilmiştir. Dahil edilme kriterleri; 2020-2025 yılları arasında yayımlanmış, insan katılımlı, EEG tabanlı, deneysel tasarıma sahip ve yalnızca pasif müzik dinletisi içeren özgün araştırmalardır. Çalışmalarda, müzikle ilişkili nöroplastisite göstergeleri (frekans bandı aktivitesi, fonksiyonel bağlantı, senkronizasyon) incelenmiş ve sinirsel tepkiler gerçek zamanlı EEG ile kaydedilmiştir. Dışlama kriterleri ise; aktif müzik katılımı (şarkı söyleme, enstrüman çalma), yalnızca basit ritmik uyarılar (metronom, tıklama sesi) kullanılan çalışmalar ve müzik dinletisi sırasında EEG kaydı

alınmayan ya da deneysel olmayan araştırmalardır. Belirlenen kriterler doğrultusunda yapılan elemeler sonucunda araştırma kapsamına sekiz deneysel çalışma alınmıştır.

Bulgular

İncelenen çalışmalar, müzik dinletisinin beyin üzerindeki etkilerini ele alış biçimlerine göre iki grupta sınıflandırılmıştır. Birinci grup, müzik dinletisinin duygusal deneyimler ve hedonik (hazla ilgili) tepkiler üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalardan oluşmaktadır. İkinci grup ise, müzik dinlemenin bilişsel süreçler ve nöral organizasyon üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaları kapsamaktadır. Her iki gruptaki araştırmalar EEG verileri üzerinden teta, alfa ve beta frekans bantlarında meydana gelen değişimleri değerlendirmektedir. Ancak, odaklandıkları sinirsel süreçler farklılık göstermektedir: Duygusal tepkilere odaklanan çalışmalar, müzik dinlerken hissedilen hoşnutluk, keyif alma ya da emosyonel uyarım gibi deneyimlerin beyin üzerindeki yansımalarını araştırırken (Tablo 1); bilişsel süreçlere odaklanan çalışmalar, müzik dinletisinin tanındıklık, dikkat, hafıza ve bağlantısallık gibi bilişsel işlevlerle ilişkili beyin mekanizmalarına etkilerini incelemektedir (Tablo 2). Bu ayrım, müzik dinletisinin hem bilişsel/nöral hem de duygusal düzeyde oluşturduğu etkileri sistematik bir şekilde değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır.

Tablo 1. Müzik dinletisinin duygusal uyarım ve hedonik tepkiler üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların özeti

Çalışma	Katılımcı Grubu	Amaç ve Deneysel Uygulama	EEG Analizi (Beyin Bölgeleri, Bantlar)	Ana Bulgular
Chabin ve ark. 2020	18 sağlıklı, sağ elini kullanan birey (11 kadın, 7 erkek); yaş ortalaması 39.7 ± 18.3 yıl (aralık 18–73); Barcelona Müzik Ödül Anketi (BMRQ) genel puanı >65; müzikten ödül almaya duyarlı ve keyifli müzik dinletisinde ürperti deneyimleyen bireyler; 10 amatör müzisyen (ortalama 20.2 yıl müzik pratiği).	Bu çalışmada, yüksek yoğunluklu EEG ile müzikal ürpertiler (chills) sırasında ortaya çıkan kortikal örüntüler incelenmiş ve haz yoğunluğunun fronto-santral ve centro-parietal bölgelerdeki teta aktivitesi (4–8 Hz) ile ilişkisi araştırılmıştır. Katılımcılar, daha önce seçtikleri beş haz verici ve üç nötr müzik parçasını (her biri 90 saniye) dinlemiş, dinleme sırasında dört seviyeli bir cevap kutusu ile anlık haz düzeylerini bildirmiştir. Parçalar arasında 30 saniyelik sessiz aralar verilmiştir.	Her dinleme seansı boyunca Yüksek yoğunluklu EEG (HD-EEG) verisi sürekli kaydedilmiş ve analiz için 1 saniyelik epoklar oluşturulmuştur. Sol/sağ merkez (LC, RC), ön (LF, RF), prefrontal (LPF, RPF) ve temporal (LT, RT) bölgelerde teta (4–8 Hz), alfa (8–12 Hz) ve beta (12–20 Hz) bantlarında Güç Spektral Yoğunluğu (PSD) hesaplanmıştır. Frontal bölgelerde alfa asimetrisi ve beta/alfa oranı analiz edilmiştir. Kaynak lokalizasyonunda LAURA modeli ile orbitofrontal korteks (OFC), tamamlayıcı motor alan (SMA), bilateral insula ve sağ/sol üst temporal girus (RSTG, LSTG) değerlendirilmiştir.	Teta bandında (4–8 Hz) sağ prefrontal, temporal ve merkezi bölgelerde aktivite değişimi gözlenmiştir. Duygusal değerlendirme arttıkça prefrontal teta gücü ve OFC aktivasyonu yükselmiştir. Ürpertilerde sağ merkezi ve temporal bölgelerde teta gücü azalırken prefrontal bölgede artmıştır (p < .05). Beta/Alfa oranı emosyonel hazla ilişkili olarak anlamlı artış göstermiştir (p < .05). Kaynak analizinde OFC, insula, tamamlayıcı motor alan (SMA) ve her iki üst temporal girus (STG) aktivasyon artışı bulunmuştur (p < .01).
Ara ve Marco-	25 sağlıklı, sağ elini kullanan birey (ortalama	Çalışmanın amacı, müzik dinleme sırasında deneyimlenen hoşnutluk	Her 45 saniyelik dinleme kaydedilmiş, analizde ilk ve son 2 saniye	Yüksek hoşnutluk düzeyleri, sağ frontal ve temporal bölgeler

Pallarès 2020	yaş: 22.32 $\pm$ 2.66; 19 kadın); benzer müzik tercihleri ve müzikten alınan haz düzeylerine sahip; üç yıldan fazla formal müzik eğitimi bulunmayan. üç katılımcı düşük veri kalitesi nedeniyle analizden çıkarılmıştır.	düzeyleri ile ilişkili osilatuar (salınımlı) sinirsel bağlantı örüntülerini incelemektir. Katılımcılar, indie, pop, elektronik, folk ve deneysel türlerden seçilmiş 45 saniyelik 30 müzik parçasını rastgele dinlemiş; her parçada hoşnutluk düzeylerini 1–5 arasında sürekli değerlendirmiş ve sabit bir görsel odağa yönelmiştir.	çıkarılmıştır. Teta bandı (4–8 Hz) için frontal, temporal ve parietal bölgeler arası faz senkronizasyonu (ISPC-time) incelenmiş; hacim iletimini azaltmak amacıyla yüzey Laplasyen dönüşümü uygulanmış, çevresel ve 6 cm'den yakın elektrotlar analiz dışı bırakılmıştır.	(özellikle AF4–T8 ve F4–T8 elektrotları) arasında artan teta bandı (4–8 Hz) senkronizasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Zaman ağırlıklı hoşnutluk, genel beğeni düzeyini güçlü biçimde öngörmüştür. Bayesçi beta regresyon analizine göre, AF4–T8 ve F4–T8 bağlantılarında hoşnutluk arttıkça teta senkronizasyonu da yükselmiştir.
Ara ve Marco-Pallarès 2021	22 sağlıklı, sağ elini kullanan birey (ortalama 21.86 yaş, SD = 2.36, 17 kadın).	Çalışma, müzik aşinalığının hoşnutlukla ilişkili teta bandı faz senkronizasyonu üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Katılımcılar iki oturumda 60 parça dinlemiş; ilkinde aşinalık, ikincisinde hoşnutluk değerlendirmiştir. EEG ile sağ fronto-temporal ve temporo-parietal teta bağlantı örüntüleri analiz edilmiştir.	Her 45 saniyelik dinleme kaydedilmiş, analizde ilk ve son 2 saniye çıkarılmıştır. Teta bandı (4–8 Hz) için frontal, temporal ve parietal bölgeler arası faz senkronizasyonu (ISPC-time) incelenmiş; hacim iletimini azaltmak amacıyla yüzey Laplasyen dönüşümü uygulanmış, çevresel ve 6 cm'den yakın elektrotlar analiz dışı bırakılmıştır.	Yeni müzik dinlenirken, sağ fronto-temporal bölgeler (AF4–FT8, AF4–T8) arasında teta bandı senkronizasyonu artmış ve bu artış daha yüksek hoşnutluk düzeyleriyle anlamlı ilişki göstermiştir. Tanıdık müziklerde ise sağ temporal ve sol parietal bölgeler (T8–CP5, CP5–TP8) arasında benzer bir artış gözlemlenmiştir. Analizlerde Bayesian çok düzeyli beta regresyon modeli kullanılmış ve logit bağlantı fonksiyonu ile ± 0.01 ROPE sınırı esas alınmıştır.

Bu tabloda, müzik dinletisinin hoşnutluk, keyif alma ve emosyonel uyarım gibi duygusal süreçler üzerindeki etkilerini EEG verileriyle inceleyen deneysel çalışmalar özetlenmektedir.

Duygusal Uyarım ve Hedonik Tepkilerle İlişkili Nöral Senkronizasyon

İncelenen EEG tabanlı çalışmalarda, pasif müzik dinletisinin bireylerde ortaya çıkardığı hoşnutluk, keyif alma ve tüyler ürpermesi gibi yoğun duygusal tepkilerin, beyindeki belirli bağlantısal örüntüler ve frekans bantları üzerinde etkili olduğu gösterilmektedir. Yüksek yoğunluklu EEG kullanan Chabin ve arkadaşları (2020), katılımcıların kendi seçtikleri müziklerle yaşadıkları ürperti anlarında, orbitofrontal korteks, bilateral insula ve üst temporal girusta kaynak aktivasyonunun belirginleştiğini göstermektedir. Bu deneyimle birlikte prefrontal kortekste teta bandında güç artışı raporlanırken eş zamanlı olarak sağ santral ve sağ temporal bölgelerde teta aktivitesinde azalma kaydedilmektedir. Diğer taraftan, Ara ve Marco-Pallarès (2020), müzik dinleme sırasında deneyimlenen hoşnutluk düzeyiyle birlikte, sağ frontal ve sağ temporal bölgeler arasında teta bandında faz senkronizasyonunun anlamlı düzeyde arttığını belirtmektedir. Araştırma grubunun devam niteliğindeki çalışmasında (Ara ve Marco-Pallarès 2021), müzikle ilgili tanıdıklık düzeyinin bu bağlantısal örüntüler üzerindeki etkisi incelenmektedir. Bayezyen çok düzeyli modellemeye yapılan analizlerde, tanıdık olmayan müzikler sırasında sağ fronto-temporal bağlantılarda hoşnutlukla birlikte artan

teta senkronizasyonu gözlenirken tanındık müzikler sırasında bu etkinin interhemisferik temporo-parietal bağlantılarda ortaya çıktığı rapor edilmektedir.

Tablo 2. Müzik dinletisinin bilişsel süreçler ve nöral organizasyon üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların özeti

Çalışma	Katılımcı Grubu	Amacı ve Deneysel Uygulama	EEG Analizi (Beyin Bölgeleri, Bantlar)	Ana Bulgular
Zheng ve ark. 2021	26 sağlıklı yüksek lisans öğrencisi (14 erkek, 12 kadın); yaş ortalaması 21.5 ± 3.7 yıl; normal görme ve işitme; profesyonel müzik eğitimi bulunmayan; ruhsal hastalık öyküsü veya ilaç kullanımı olmayan bireyler.	Çalışmanın amacı, müzik dinleme ve zihinsel hesaplama koşullarında beyin ağlarının topolojik ve dinamik özelliklerini incelemektir. Bu bağlamda, statik ve dinamik MST (Minimum Yayılan Ağaç) analizleriyle koşullar arası ağ yapısı karşılaştırılmıştır. Katılımcılar, gözler kapalı ve açık dinlenme (1 dk), müzik dinleme (~140–213 sn) ve zihinsel hesaplama (16 problem) görevlerini tamamlamıştır. Protokolde bu görevler arası ek dinlenme periyotları da yer almakla birlikte, çalışma temel olarak üç ana koşulu (dinlenme, müzik, hesaplama) karşılaştırmalı olarak incelemiştir.	Her koşul için 40 sn'lik temiz EEG (64 kanal, 1000 Hz) analiz edilmiştir. Fonksiyonel bağlantılar PLI (Faz Gecikme İndeksi) ile; ağ yapısı MST (Minimum Yayılan Ağaç) yöntemiyle incelenmiştir. Delta, teta, alfa ve beta bantlarında C (kümeleme katsayısı), L (yol uzunluğu), TH (ağaç hiyerarşisi), LF (yaprak fraksiyonu) ve D (çap) hesaplanmıştır. Dinamik değişimler 2 sn'lik pencerelerle değerlendirilmiştir.	Müzik dinleme, sol posterior bölgelerde bağlantıyı artırmış; alfa ve beta bantlarında daha entegre ağ yapıları (yüksek C, düşük L) oluşturmuştur. MST analizleri, müzik sırasında posterior merkezli yıldız benzeri desenler ve görev durumlarına kıyasla daha yüksek ağ yapısal farklılığı göstermiştir. ANOVA sonuçlarına göre, müzik koşulu daha yüksek bağlantı, artmış C ve azalmış L ile ilişkili bulunmuş; alfa bandında TH, LF ve D değerlerinde anlamlı farklılıklar saptanmıştır (P < .01).
Ross ve ark. 2022	17 sağlıklı sağ elini kullanan yetişkin (15 kadın, 2 erkek); yaş aralığı 18–26 yıl (ortalama 21.77 ± 2.73 yıl)	Çalışmada, müzik dinleme sırasında ortaya çıkan örtük motor aktivitenin, açık motor görevlerle olan ilişkisi ve bu aktivitenin işitsel zamanlama tahmini üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Katılımcılar, sessizlik, sağ el/ayak parmak vurma ve müzik dinleme koşullarında EEG kaydı ile değerlendirilmiştir. Müzik uyarıları, ritim	Her koşul için 10 saniyelik EEG verisi analiz edilmiştir. EEG kayıtları 32 kanallı sistemle toplanmış; 1–50 Hz bant geçiren filtre ve çizgi gürültüsü temizliği uygulanmıştır. Bağımsız Bileşen Analizi (ICA), eşdeğer dipol modellemesi ve bileşen kümeleriyle motor süreçlerle ilişkili mu ritmik (sensörimotor) aktiviteye sahip üç bölge	Müzik dinleme, sol ve orta hat motor bölgelerde mu ritminde anlamlı güçlenme (ERS) ile ilişkilendirilmiştir (sol alfa için p < .00003, orta hat alfa için p = 8.6e-06). Sağ hemisferde ise yalnızca sağ el hareketi sırasında alfa gücünde düşüş (ERD) saptanmıştır (p < .00006). Bulgular, müzik dinlemenin örtük motor inhibisyonu

		algısı ve zamanlama duyarlılığı değerlendirmesi için tasarlanmış Beat Alignment Test Version 2 (BAT v2) protokolünden seçilen ve normalize edilmiş 12 enstrümantal parçadan oluşturulmuştur.	(sol BA4, sağ BA6, orta hat BA6) belirlenmiştir. Bu bölgelerde alfa ve beta bant güçleri analiz edilmiştir.	destekleyebileceğini göstermektedir.
Zhu ve ark. 2023	14 sağ elini kullanan yetişkin (yaş aralığı 20–46); işitme kaybı, nörolojik hastalık öyküsü ve müzik uzmanlığı bulunmayan bireyler	Çalışmanın temel amacı, serbest müzik dinleme sırasında zamanla değişen beyin fonksiyonel ağlarındaki dinamik topluluk evrimini tespit etmek için Blok Bileşen Analizi (BTD) temelli bir ağ modelleme çerçevesi sunmaktır. Çalışmada, katılımcılara 512 saniye uzunluğunda modern bir tango müziği kulaklıkla dinletilmiş ve bu süreçte beyin ağlarının zamansal-topolojik değişimleri analiz edilmiştir.	EEG verileri, katılımcılar 512 saniyelik modern tango parçasını dinlerken kaydedilmiştir. Veriler 2–35 Hz aralığında filtrelenmiş; kaynak lokalizasyonu sonrası Desikan-Killiany Atlası ile 68 bölge tanımlanmıştır. Bu bölgeler arası Pearson korelasyonlarıyla fonksiyonel bağlantılar hesaplanmış ve modüler yapılar topluluk analiziyle belirlenmiştir.	Müzik dinleme sırasında fonksiyonel ağların zamana bağlı yeniden yapılandığı ve topluluk yapılarının müzikal özelliklerle modüle olduğu gösterilmiştir. BTD yöntemiyle tanımlanan modüller, işitsel, sensori-motor ve bilişsel alt sistemlerle uyumlu bulunmuştur. Korelasyon analizleri, %95'lik yüzdelik eşiğe göre faz-randomizasyon yöntemiyle değerlendirilmiş; anlamlılık için Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır (p _{correct} = 0.05/R).
Hashim ve ark. 2024	42 katılımcı; 27 kadın, 15 erkek; yaş ortalaması 28.85 ± 4.85 yıl (bir katılımcının yaş bilgisi eksik); yaklaşık %95'i (40 kişi) işitme sorunu olmayan; bir katılımcı işitme cihazı veya implantı olan; bir katılımcı işitme bilgisi vermeyen ancak müzikleri dikkatli dinleyen; grup ayrımı belirtilmemiştir.	Çalışmanın amacı, harici görsel uyaranların bulunmadığı bir durumda, müzik dinleme eşliğinde gerçekleştirilen statik ve dinamik görsel imgelemenin nöral örüntülerle ilişkisini incelemek ve bu örüntülerin deneyimin farklı aşamalarında nasıl değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktır. Katılımcılar, farklı duygular uyandıran (neşeli, korkulu ve nötr) 24 müzik parçasını gözleri kapalı dinlemiş ve her parçadan sonra statik ve dinamik imgeleme düzeylerini 0–	Toplam 30 saniyelik müzik dinleme süresi boyunca EEG kaydı alınmıştır. Her parça için 32 saniyelik epoklar (2 saniye temel + 30 saniye dinleme) oluşturulmuştur. Her katılımcıdan 24, toplamda 1008 deneme analiz edilmiştir. EEG verileri 1 saniyelik segmentlerle Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) ile analiz edilmiş; frontal, santral-parietal ve parieto-okspital bölgelerde alfa, beta ve gama bantları incelenmiştir. Temel	Statik ve dinamik görsel imgeleme, müzik dinlerken farklı nöral örüntülerle ilişkilendirilmiştir. Her iki koşulda başlangıçta parieto-okspital bölgede alfa baskılanması gözlenmiştir (statik: p = 0.027; dinamik: p < 0.001). Statik imgeleme ikinci yarıda alfa güçlenmesiyle (p < 0.001), dinamik imgeleme ise beta baskılanması (p = 0.002) ve santral-parietal bölgede gama güçlenmesiyle (p = 0.017) ilişkilendirilmiştir. Müzikal eğitim, alfa ve

		100 arası bir ölçekle değerlendirmiştir.	çizgi düzeltmesi uygulanmıştır.	beta bant tepkilerini modüle etmiştir.
Malekmo-hammadi ve Cheng 2025	20 sağ elini kullanan sağlıklı erkek; yaş aralığı 21–39 yıl (ortalama 29.10 ± 4.40); normal görme ve işitme; müzik eğitimi almamış ve son 7 yıldır müzik aleti çalmamış bireyler	Çalışma, başlangıçta bilinmeyen klasik müzik parçalarının üç kez pasif dinlenmesi sırasında, müzik tanıdıklaştıkça teta ve alfa bantlarında parietal-frontal/temporal alanlar arasındaki faz tabanlı fonksiyonel bağlantı değişimlerini araştırmayı amaçlamaktadır. Katılımcılar 10 saniyelik 85 müzik parçasını rastgele dinlemiş; aşına olunmayan 30 parça üç kez tekrarlanmış ve zihinsel tekrar puanları 1–7 Likert ölçeğiyle değerlendirilmiştir	Her dinleme seansı süresince 51 elektrotla sürekli EEG kaydı alınmış; analiz için uyarı başlangıcına kilitli 0–10 sn'lik epoklar kullanılmıştır. Uyarı öncesi dönem -200 ila -2 ms olarak tanımlanmış, veriler yeniden örneklenmiştir. Fonksiyonel bağlantılar, teta ve alfa bantlarında ağırlıklı faz gecikme endeksi (WPLI) yöntemiyle; frontal, parietal ve temporal bölgelerdeki ilgi alanları (ROI) üzerinden değerlendirilmiştir.	Kısa süreli müzik tanıdıklığı, sağ hemisferde teta ve alfa bantlarında faz senkronizasyonunu artırmış; sağ frontal-parietal ve temporal-parietal bağlantılar güçlenmiştir. Doğrusal modellemeye dayalı analizlere göre, tanıdıklıkla birlikte sağ frontal ve posterior bölgeler arasında pozitif ilişki göstermiştir ($P < 0.005$).

Bu tabloda, müzik dinletisinin tanıdıklık, dikkat, hafıza ve beyin bölgeleri arasındaki bağlantısallık gibi bilişsel/nöral süreçler üzerindeki etkilerini değerlendiren deneysel çalışmalar özetlenmektedir.

Bilişsel Süreçler ve İşlevsel Ağ Dinamikleri Üzerindeki Nöral Etkiler

Pasif müzik dinletisinin bilişsel süreçler ve beyin ağ organizasyonu üzerindeki etkilerini inceleyen EEG temelli çalışmalarda, farklı analiz yaklaşımlarıyla elde edilen bulgular, müziğin yalnızca duygusal değil aynı zamanda işlevsel bağlantısallık düzeyinde de etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Zheng ve arkadaşları (2021) tarafından yürütülen çalışmada, müzik dinleme sırasında özellikle posterior bölgelerde yönsüz ancak entegre bağlantılarla karakterize edilen yıldız benzeri bir fonksiyonel ağ yapısı gözlemlendiği belirtilmektedir. Ross ve arkadaşları (2022), motor davranış olmaksızın yalnızca müzik dinletisi yoluyla mu ritminde artış kaydederek sensorimotor sistemde örtük motor aktivasyonun oluşabileceğini rapor etmektedir. Zhu ve arkadaşları (2023), müziğin zamanla değişen akustik özelliklerine bağlı olarak beyin dinamik olarak yeniden örgütlendiğini ve bu süreçte işitsel, motor ve bilişsel sistemlerin işlevsel olarak entegre olduğunu ortaya koymaktadır. Hashim ve arkadaşları (2024), müzikle eşzamanlı yürütülen görsel imgeleme sırasında parieto-okspital bölgelerde alfa baskılanması ve ardından beta-gama aktivitesinde artış gözlemlediklerini bildirmektedir. Malekmohammadi ve Cheng'in (2025) çalışmasında, tanıdık olmayan müziklerin tekrarlı dinletisi sonrasında sağ frontal, temporal ve parietal bölgeler arasında teta ve alfa bantlarında faz senkronizasyonunda artış kaydedildiği belirtilmektedir. Araştırmacılar, bu artışın kısa süreli pasif dinletilerle gelişen aşinalığın beyindeki bağlantı örüntülerinde ölçülebilir değişimler yaratabileceğini ifade etmektedir.

Tartışma

Bu sistematik derleme, pasif müzik dinletisinin duygusal ve bilişsel süreçler üzerindeki nöral etkilerini değerlendirmek amacıyla, EEG yöntemiyle veri toplanmış, deneysel ve denek içi (within-subject) tasarıma sahip güncel çalışmaları analiz etmektedir. İncelenen 2020–2025 arası yayınlar, özellikle teta, alfa ve beta frekans bantlarında gözlenen bölgesel aktivite değişimleri ile faz senkronizasyonuna dayalı bağlantısallık örüntülerinde artış ve yeniden yapılanma gibi nörofizyolojik etkileri ortaya koymaktadır. Bu değişimler hem müzikten alınan haz/duygusal tepkilerle (Ara ve Marco-Pallarès 2020, Chabin ve ark. 2020, Ara ve Marco-Pallarès 2021), hem de bilişsel süreçler (tanıdıklık, imgeleme) ve genel nöral organizasyonla (ağ yapısı,

bağlantısallık) ilişkili olarak ortaya çıkmaktadır (Ara ve Marco-Pallarès 2021, Zheng ve ark. 2021, Ross ve ark. 2022, Zhu ve ark. 2023, Hashim ve ark. 2024, Malekmohammadi ve Cheng 2025).

Elde edilen bulgular, müziğin yalnızca yüzeysel bir duysal uyarandan ibaret olmadığını, aynı zamanda duygu, ödül ve bilişsel kontrol sistemlerini eş zamanlı olarak etkileyen karmaşık bir nöral süreç başlattığını göstermektedir. Chabin ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan çalışmada tespit edilen orbitofrontal ve insula kaynaklı aktivasyon, müziğin ödül ve emosyonel farkındalık sistemlerini harekete geçirdiğini desteklemektedir. Benzer şekilde, Ara ve Marco-Pallarès'in (2020) bildirdiği sağ fronto-temporal teta senkronizasyonu, müziğin tetiklediği hoşnutluğun belirli bağlantı yolları üzerinden temsil edildiğini ve bağlamsal etmenlerle değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Araştırmacılar, müzikle tetiklenen olumlu duyguların sadece bireysel bir beğeni düzeyinde kalmadığını, beynin duysal ve bilişsel ağları arasında farklı bağlantı paternleri oluşturarak müzik deneyiminin bağlama göre şekillenen nörofizyolojik bir temele sahip olduğunu ifade etmektedir. Ross ve arkadaşları (2022), genellikle hareketin baskılanmasıyla ilişkili olan ve 8-12 Hz frekans aralığında sensorimotor alanlarda kaydedilen mu ritimlerinin, müzik dinletisi sırasında motor kortekste güçlendiğini vurgulamaktadır. Araştırmacılar bu artışı, müziğin harekete geçirici etkisine karşılık gelişen örtük motor inhibisyon mekanizmalarının aktivasyonu ile açıklamaktadır. Bu durum, müziğin yalnızca duysal tepkileri değil, motor kontrolle ilişkili kortikal devreleri de etkileyerek pasif dinleme sırasında bile motor devrelerin harekete geçirici etkiye karşı kendini düzenlediğine işaret etmektedir.

Daha erken dönemden Blood ve Zatorre (2001) ile Koelsch ve arkadaşları (2006), müzik dinlemenin ventral tegmental alan, nucleus accumbens, orbitofrontal korteks ve anterior singulat korteks gibi ödül ve duysal işleme ile ilişkili beyin bölgelerinde belirgin aktivasyonlar oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, keyifli müziklerin amigdala ve hipokampus gibi limbik yapılarda aktiviteyi azaltarak stres yanıtlarını düzenleyebileceği de öne sürülmektedir (Koelsch ve ark. 2006). Derleme kapsamında incelenen EEG çalışmalarında, müzik dinletisinin prefrontal ve temporal kortekste teta ve alfa bantlarında faz senkronizasyonunu artırdığı ve bu değişimlerin emosyonel işlemeyle ilişkili sinir ağlarında yeniden yapılanmaya işaret ettiği gözlenmektedir. Bu bulgular ışığında, müziğin yalnızca anlık duysal tepkiler üretmekle kalmayıp aynı zamanda duygu, ödül ve bilişsel sistemleri birlikte uyarak beyin yapılarında kalıcı değişimlere yol açabileceği ileri sürülmektedir. Nitekim literatürde müzik dinlemenin, prefrontal korteks, temporal lob, motor alanlar ve limbik sistemde sinirsel bağlantıları güçlendirdiği, frekans bantları üzerinden ağ yapısını yeniden şekillendirdiği belirtilmektedir (Trost ve ark. 2012, Thaut ve McIntosh 2014, Reybrouck ve ark. 2018, Torun 2022). Derlemenin sonuçları da bu yönde bir bütünlük sergilemekte ve Särkämö ve arkadaşları (2013) ile Reybrouck ve arkadaşları (2018) tarafından öne sürülen müziğin nöroplastisite üzerindeki uzun vadeli etkilerine dair görüşleriyle örtüşmektedir.

Bu derlemede incelenen bilişsel ve nöral organizasyon odaklı diğer çalışmalar da müzik dinletisinin nöroplastisite süreçlerini destekleyen ek kanıtlar sunmaktadır. Zheng ve arkadaşları (2021) tarafından tanımlanan yıldız yapılı posterior ağ örüntüsü, müzik dinlemenin yönsüz fakat yoğun bağlantılar yoluyla bilişsel bütünlük sağladığını ortaya koymaktadır. Zhu ve arkadaşları (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışma, beynin müziğe akustik olarak adapte olabilen dinamik bir yapıda yeniden düzenlendiğini ve bu süreçte farklı bilişsel ve motor alanlar arasında özgül bağlantı örüntülerinin oluştuğunu göstermektedir. Hashim ve arkadaşları (2024) müzik destekli imgelemenin yalnızca işitsel değil, çoklu duysal ve motor sistemleri de aktive ettiğini ve bu sayede bilişsel temsillerin ağsal düzeyde genişlediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, Malekmohammadi ve Cheng (2025), tarafından bildirilen bağlantı artışları, müzikle kazanılan tanıdıklığın ağ düzeyinde öğrenme ve sinaptik güçlenmeye katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir.

Teta ve alfa bantlarındaki senkronizasyon artışlarının öğrenme, bellek ve duysal işleme gibi bilişsel işlevlerle ilişkili nöral yeniden yapılanmaları desteklediği bilinmektedir (Reybrouck ve ark. 2021). Derleme kapsamında yer alan EEG çalışmalarında da müzik dinletisinin prefrontal, temporal ve motor bölgelerde faz senkronizasyonunu ve bağlantısallığı artırarak uzun vadeli sinirsel değişimlere katkı sunduğu gösterilmektedir. Bu veriler, müziğin yalnızca geçici duysal yanıtlar değil, sinir ağlarında uzun vadeli yapısal ve işlevsel değişimler oluşturma potansiyeline de sahip olduğunu göstermektedir. Nitekim dünya genelinde geliştirilen müzik dinletisi temelli müdahale protokolleri, özellikle nörogelişimsel bozukluklarda

fonksiyonel iyileşmeyi hedeflemekte ve bu etkileri desteklemektedir (Lai ve ark. 2012, Eskine ve ark. 2020). Yakın tarihte Kırış ve Erik (2024) tarafından yürütülen bir uygulamada, Cornelia de Lange Sendromu (CdLS) tanımlı bir çocukla uygulanan, yapılandırılmış ve duyuşsal temelli bir müzik dinletisi protokolü olan Sensory Activation Solutions (SAS) yöntemiyle dikkat, hafıza ve bilişsel becerilerde %10-15 düzeyinde gelişim raporlanmaktadır; bu bulgu, müziğin erken dönemde beyin gelişimini destekleyici potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye’de müzik dinletisinin EEG temelli etkilerini inceleyen çalışmaların sayısı sınırlı olmakla birlikte, elde edilen bulgular hem uluslararası literatürle hem de bu derlemede ulaşılan sonuçlarla genel bir tutarlılık sergilemektedir. Aker ve Akar (2014), farklı Türk müziği makamlarının prefrontal-temporal bölgelerde özellikle beta bandı aktivitesini modüle ettiğini ortaya koyarken Kayalar ve Sazak (2018), klasik ve Türk sanat müziğinin teta, alfa ve motor kontrol ile dikkat süreçleriyle ilişkilendirilen 12-15 Hz aralığındaki duyuşsal-motor ritim (SMR) bantlarında artış sağladığını bildirmektedir. Uğraş ve arkadaşları (2018) ise müzik dinletisinin preoperatif anksiyete ve buna eşlik eden fizyolojik stres belirtilerini azalttığını göstermektedir. Her ne kadar bu çalışmalar yapılandırılmış terapötik protokoller içermese de, müziğin beyin dalgaları üzerinde kısa süreli etkiler yarattığını ve emosyonel regülasyona katkı sunduğunu göstermeleri bakımından derlemedeki güncel bulgularla örtüşmektedir. Bu yönüyle, Türkiye’de yürütülen çalışmalar da müzik dinletisinin sinirsel bağlantısalılığı ve duyuşsal-bilişsel işlevleri destekleyici potansiyeline dikkat çekmektedir.

Derleme yalnızca deneysel tasarıma sahip, EEG temelli ve 2020-2025 yılları arasında yayımlanmış çalışmaları kapsadığından, fMRI, PET ve DTI gibi diğer nörogörüntüleme tekniklerini kullanan araştırmaların kapsam dışı bırakılmıştır. Dahil edilen çalışmaların yalnızca sağlıklı bireylerle yürütülmesi, küçük örneklem boyutları, seans süreleri, müzik türleri ve uygulama sıklıklarındaki farklılıklar, elde edilen bulguların hem klinik gruplara genellenmesini hem de çalışmalar arası karşılaştırılabilirliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca, literatür taramalarında kullanılan MeSH terimlerinin ve Boolean ifadelerin sınırlı yapısı nedeniyle bazı nitelikli çalışmaların kapsam dışında kalmış olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Buna ek olarak, yalnızca İngilizce ve Türkçe tam metinlere odaklanılması ise potansiyel bir yayın yanlılığı riski doğurabilecek bir sınırlılık olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç

EEG temelli güncel deneysel çalışmalar, müzik dinletisinin duyuşsal ve bilişsel süreçler üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, müzik dinletisinin özellikle teta ve alfa frekans bantlarında senkronizasyonu artırarak prefrontal, temporal ve motor bölgelerde bağlantısalılığı güçlendirdiğini göstermektedir. Bu değişimler, öğrenme, dikkat, bellek ve duyuşsal işleme gibi işlevlerle ilişkili beyin ağlarında işlevsel yeniden yapılanmaların mümkün olabileceğine işaret etmektedir. Müziğin bu yönüyle yalnızca anlık bir duyuşsal deneyim değil, aynı zamanda nöroplastisiteyi destekleyebilecek bir sinirsel uyarıcı niteliği taşıdığı düşünülmektedir.

Müziğin beyin işlevleri üzerindeki etkilerini EEG verileri doğrultusunda ele alan bu sistematik derleme, mevcut çalışma sayısının sınırlı olmasına rağmen, pasif müzik dinletisinin nörobilişsel süreçlerle ilişkili beyin ağlarında kayda değer değişimlere yol açabileceğini ortaya koymakta ve alandaki ileri araştırmalar için ön açıcı bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, dikkat eksikliği, emosyonel regülasyon bozuklukları ve stresle ilişkili durumlarda pasif müzik dinletisinin tamamlayıcı bir müdahale olarak değerlendirilmesi, hem araştırma hem de klinik uygulama alanlarında yeni açılımlar sağlayabilir.

Kaynaklar

- Aker SN, Akar SA (2014) Türk müziği makamlarının etkilerinin EEG dalga formları ile incelenmesi: Investigation of the effect of classical Turkish music makams by using EEG waveforms. *Tıp Teknolojileri Kongresi*, 14:159-162.
- Ara A, Marco-Pallarés J (2020) Fronto-temporal theta phase-synchronization underlies music-evoked pleasantness. *Neuroimage*, 212:116665.
- Ara A, Marco-Pallarés J (2021) Different theta connectivity patterns underlie pleasantness evoked by familiar and unfamiliar music. *Sci Rep*, 11:18523.

- Blood AJ, Zatorre RJ (2001) Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 98:11818-11823.
- Chabin T, Gabriel D, Chansophonkul T, Michelant L, Joucla C, Haffen E et al. (2020) Cortical patterns of pleasurable musical chills revealed by high-density EEG. *Front Neurosci*, 14:565815.
- Chanda ML, Levitin DJ (2013) The neurochemistry of music. *Trends Cogn Sci*, 17:179-193.
- Eskine KE, Anderson AE, Sullivan M, Golob EJ (2020) Effects of music listening on creative cognition and semantic memory retrieval. *Psychol Music*, 48:513-528.
- Grahn JA, Brett M (2007) Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *J Cogn Neurosci*, 19:893-906.
- Harding EE, Kim JC, Demos AP, Roman IR, Tichko P, Palmer C et al. (2025) Musical neurodynamics. *Nat Rev Neurosci*, 26:293-307.
- Hashim S, Küssner MB, Weinreich A, Omigie D (2024) The neuro-oscillatory profiles of static and dynamic music-induced visual imagery. *Int J Psychophysiol*, 199:112309.
- Herholz SC, Zatorre RJ (2012) Musical training as a framework for brain plasticity: behavior, function, and structure. *Neuron*, 76:486-502.
- Kayalar DD, Sazak N (2018) Theta, alpha, smr beyin dalgalarının müzik türleriyle olan etkileşimi: Bir Nexus-10 EEG çalışması. *Online Journal of Music Sciences*, 3:149-165.
- Kırış OB, Erik E (2024) Cornelia de Lange sendromlu çocukta Sensory Activation Solutions (SAS) müzik dinleti programı uygulamasının bilişsel seviye üzerine etkisi. *Doğal Yaşam Tıbbi Dergisi*, 6:41-50.
- Koelsch S, Fritz T, von Cramon DY, Müller K, Friederici AD (2006) Investigating emotion with music: an fMRI study. *Hum Brain Mapp*, 27:239-250.
- Kolb B, Gibb R (2011) Brain plasticity and behaviour in the developing brain. *J Can Acad Child Adolesc Psychiatry*, 20:265-276.
- Lai G, Pantazatos SP, Schneider H, Hirsch J (2012) Neural systems for speech and song in autism. *Brain*, 135:961-975.
- Leeuwis N, Pistone D, Flick N, van Bommel T (2021) A sound prediction: EEG-based neural synchrony predicts online music streams. *Front Psychol*, 12:672980.
- Lök N, Bademli K (2016) Alzheimer hastalarında müzik terapinin etkinliği: sistematik derleme. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 8:266-274.
- Malekmohammadi A, Cheng G (2025) Music familiarization elicits functional connectivity between right frontal/temporal and parietal areas in the theta and alpha bands. *Brain Topogr*, 38:2.
- Michel CM, Koenig T (2018) EEG microstates as a tool for studying the temporal dynamics of whole-brain neuronal networks: a review. *Neuroimage*, 180:577-593.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG (2009) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*, 339:b2535.
- Önsüz Ü, Can G (2025) Music therapy in various physical and mental conditions and its effects on cancer patients receiving radiotherapy. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 17:225-243.
- Reybrouck M, Vuust P, Brattico E (2018) Music and brain plasticity: how sounds trigger neurogenerative adaptations. In: *Neuroplasticity: Insights of Neural Reorganization* (Ed AM Columbus):85-106. New York, Nova Science Publishers.
- Reybrouck M, Vuust P, Brattico E (2021) Neural correlates of music listening: does the music matter? *Brain Sci*, 11:1553.
- Ross JM, Comstock DC, Iversen JR, Makeig S, Balasubramaniam R (2022) Cortical mu rhythms during action and passive music listening. *J Neurophysiol*, 127:213-224.
- Särkämö T, Tervaniemi M, Laitinen S, Numminen A, Kurki M, Johnson JK et al. (2013) Cognitive, emotional, and social benefits of regular musical activities in early dementia: randomized controlled study. *Gerontologist*, 54:634-650.
- Thaut MH, McIntosh GC (2014) Neurologic music therapy in stroke rehabilitation. *Curr Phys Med Rehabil Rep*, 2:106-113.
- Torun Ş (2020) Sağlık alanında müzik temelli uygulamalar: Müzik terapi, müzik tıbbı ve diğerleri. In: *Müzik Terapi, Müzik Tıbbı ve Müzik Temelli Diğer Uygulamalar* (Ed Ş Torun):9-19. Ankara, Türkiye Klinikleri.
- Torun Ş (2022) Kanıta dayalı müzik terapisi uygulamalarında müziğin rolü. *Anadolu Tıbbi Dergisi*, 1:1-12.
- Trost W, Ethofer T, Zentner M, Vuilleumier P (2012) Mapping aesthetic musical emotions in the brain. *Cereb Cortex*, 22:2769-2783.
- Uğraş GA, Yıldırım G, Yüksel S, Öztürkçü Y, Kuzdere M, Öztekin SD (2018) The effect of different types of music on patients' preoperative anxiety: a randomized controlled trial. *Complement Ther Clin Pract*, 31:158-163.
- Zatorre RJ, Chen JL, Penhune VB (2007) When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nat Rev Neurosci*, 8:547-558.

Zheng G, Li Y, Qi X, Zhang W, Yu Y (2021) Mental calculation drives reliable and weak distant connectivity while music listening induces dense local connectivity. *Phenomics*, 1:285-298.

Zhu Y, Liu J, Cong F (2023) Dynamic community detection for brain functional networks during music listening with block component analysis. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 31:2438-2447.

Yazarların Katkıları: Çalışmaya önemli bir bilimsel katkı sağlandığı ve makalenin hazırlanmasında veya gözden geçirilmesinde yardımcı olunduğu tüm yazar(lar) tarafından beyan edilmiştir.

Danışman Değerlendirmesi: Dış bağımsız

Etik Onay: Bu çalışma bir derleme yazısı olduğu için etik onaya gerek yoktur.

Çıkar Çatışması: Çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Bu çalışma için finansal destek alındığı beyan edilmemiştir.

Authors Contributions: The author(s) have declared that they have made a significant scientific contribution to the study and have assisted in the preparation or revision of the manuscript

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Ethical Approval: This review study does not require ethical clearance.

Conflict of Interest: No conflict of interest was declared.

Financial Disclosure: No financial support was declared for this study..