

MÜZİĞİN BEYİN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: fNIRS ÇALIŞMALARININ
LİTERATÜR DERLEMESİ¹*The Effects of Music on the Brain: A Literature Review of fNIRS Studies*Emin Abdülkadir Çolakoğlu²

Makale Bilgisi	Özet
<i>Derleme Makalesi</i> <i>Gönderilme:</i> 9 Mayıs 2025 <i>Kabul:</i> 30 Mayıs 2025 <i>Yayın:</i> 25 Ağustos 2025 <i>Anahtar kelimeler:</i> Beyin, fNIRS, Müzik	Bu derleme çalışması, fNIRS nörogörüntüleme aracı kullanılarak müziğin beyindeki etkilerini inceleyen 40 deneysel çalışmayı ele almaktadır. Çalışma, geleneksel anlatı derlemesi (narrative review) türündedir. Ele alınan çalışmalar yıl, ülke, katılımcı profili, deneysel desen, kullanılan cihazlar, incelenen beyin bölgeleri, kullanılan müzikal uyaranlar ve süreleri gibi çeşitli özellikleri açısından betimsel olarak analiz edilmiştir. Ardından tematik bir yaklaşımla içerik analizi gerçekleştirilerek beş ana tema altında sınıflandırılmıştır: müziğin bilişsel işlevler üzerindeki etkileri, müziğin nörofizyolojik ve duygusal etkileri, müzik terapi ve sağlık uygulamaları, müziğin sosyal etkileri ve beyinler arası senkronizasyon, yöntemsel yenilikler ve fNIRS analitik yaklaşımlar. Derleme sonucunda, fNIRS ile yapılan müzik araştırmalarının son yıllarda arttığı, çalışmaların çoğunlukla Çin, Japonya, Brezilya ve Güney Kore’de yoğunlaştığı görülmüştür. İncelenen çalışmalar, müziğin beyin üzerindeki çeşitli etkilerini ortaya koymakla birlikte, bazı metodolojik sınırlılıklar içermektedir. Bu derleme, alandaki mevcut durumu ve eğilimleri özetlemenin yanı sıra ülkemiz araştırmacılarına bu alandaki potansiyeli sunmayı ve gelecekteki araştırmalara yön vermeyi amaçlamaktadır.
Article Information	Abstract
<i>Review Article</i> <i>Received:</i> May 9, 2025 <i>Accepted:</i> May 30, 2025 <i>Published:</i> August 25, 2025 <i>Keywords:</i> Brain, Functional near- infrared spectroscopy, Music	This review study examines 40 experimental studies investigating the effects of music on the brain using the fNIRS neuroimaging tool. The study is a narrative review. The studies included were analysed descriptively in terms of various characteristics such as year, country, participant profile, experimental design, devices used, brain regions examined, musical stimuli used, and their durations. Subsequently, a thematic content analysis approach was used to classify the studies under five main themes: the effects of music on cognitive functions, the neurophysiological and emotional effects of music, music therapy and health applications, the social effects of music and interbrain synchronization, methodological innovations and fNIRS analytical approaches. The review results show that fNIRS-based music research has increased in recent years, with studies predominantly concentrated in China, Japan, Brazil, and South Korea. While the studies examined reveal various effects of music on the brain, they also have some methodological limitations. This review aims to summarize the current state and trends in the field, to present the potential of this field to researchers in our country, and to guide future research.

Kaynak/Cite: Çolakoğlu, E.A. (2025). Müziğin beyin üzerindeki etkileri: fNIRS çalışmalarının literatür derlemesi. *Lokum Sanat ve Tasarım Dergisi*, 3(2), 386-412.

✓ iThenticate
İntihal / Plagiarism

Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve yayın öncesi intihal taraması yapılmıştır. / This article has been reviewed by at least two reviewers and has been checked for plagiarism before publication.

¹ Bu makale, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İslam Tarihi ve Sanatları Anabilim Dalı Türk Din Musikisi Doktora Programı’nda Prof. Dr. Ayşe Başak İlhan Harmancı danışmanlığında yürütülmüş olan “Farklı Akortlardaki Ney’ler ile İcra Edilen Makamsal Müzik Öğelerinin Beyinde Meydana Getirdiği Etkiler: Bir fNIRS Çalışması” adlı doktora tezinin literatür taramasından türetilmiştir.

² Arş. Gör., Karabük Üniversitesi, acolakoglu@karabuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4022-6122

GİRİŞ

Müziğin insan üzerindeki etkileri günümüzde çeşitli nörogörüntüleme araçlarıyla nesnel ve sistematik biçimde gözlemlenebilmektedir. Nöromüzikoloji adını alan bir disiplin bu konuları araştırmaktadır. Nöromüzikoloji, insanın müzikle ilişkili davranışlarını ve bu süreçlerin beyindeki karşılıklarını araştıran bir bilim dalı olup, beynin müzikal bilgiyi nasıl işlediğine dair sinirsel kodlama, işlevsel haritalama (belli işlevlerin belli beyin bölgelerinde faaliyete yol açması ve bunun tespiti) ve dinamik süreçler hakkında bilgi edinmeyi amaçlar (Leman, 1999). Ele aldığı konu kısaca müziğin beyin üzerinde meydana getirdiği etkileri araştırmaktır.

Bu çalışmalarda birçok beyin görüntüleme aracı kullanılmaktadır. Bunların her birinin ulaşabildiği beyin bölgesi, zamansal ve mekânsal çözünürlük, radyoaktiflik oranı gibi artı ve eksileri mevcuttur. Bu araçların arasında fMRI, PET, EEG, fNIRS gibileri daha sık kullanılarak öne çıkmaktadır. fNIRS (functional Near-Infrared Spectroscopy- işlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopisi) bunlar arasından müzik çalışmalarında doğal ortamlara daha yakın deney tasarımlarına olanak sağlaması ve hareket hassasiyetinin düşük olması gibi avantajlarla sıyrılmaktadır.

fNIRS, beynin kortikal bölgelerinde (dış yüzeyinde) meydana gelen faaliyeti, kandaki oksijenlenmiş hemoglobin (HbO) ve oksijensiz hemoglobin (HbR) konsantrasyonlarındaki değişiklikler üzerinden tespit ederek sinirsel faaliyet hakkında bilgi sunan, girişimsel olmayan bir tekniktir (Machado vd., 2021). Bu özellikleri sebebiyle son yıllarda müzik dinleme, müzik icrası, müzik eğitimi, müziğe verilen sinirsel ve duygusal tepkiler gibi farklı boyutlardaki müzikal deneyimlerin sinirsel temellerini araştıran çalışmalarda sıkça tercih edilmektedir.

Anlatıya dayalı geleneksel derleme türünü benimseyen bu çalışmada fNIRS aracıyla yürütülen ve müzikle doğrudan ilişkili hakemli çalışmaları sistematik bir biçimde bir araya getirmek amaçlanmaktadır. Amaç, mevcut literatürdeki eğilimleri, yöntemsel tercihleri ve bulguları karşılaştırmalı olarak değerlendirmek ve alanın mevcut durumunu ortaya koymaktır.

Alandaki yayınların çoğunluğu İngilizcedir. Son yıllarda ülkemizde de bu alana karşı artan bir ilgi olduğunu görmekteyiz. Ülkemizde gerçekleştirilen nöromüzikoloji çalışmalarına baktığımızda bunların çoğunun lisansüstü tezlerinden meydana geldiğini söyleyebiliriz (Çağman, 2021).

Nöromüzikoloji alanı nispeten yeni bir disiplin olmakla birlikte özellikle fNIRS aracının son on yıllarda bu alanda artan bir ivme ile daha sık kullanılmaya başlandığını yaptığımız çalışmada tespit ettik. fNIRS ile yapılan müzik çalışmalarına dair mevcut uluslararası literatürde iki tane literatür derleme çalışması gerçekleştirildiği görülmektedir (Curzel vd., 2024; Ding vd., 2024). Bununla birlikte yapmış olduğumuz çalışma bu iki çalışmadan belli yönlerle ayrılmaktadır. Çalışmalardan biri sistematik derleme, diğeri kapsam belirleme derlemesi türündedir. Ele aldıkları literatür ikisinde de birbirinden farklıdır, bizim derlediğimiz literatür, yayınlardan bazıları bu çalışmalarda da ele alınmış olmakla birlikte genel itibarıyla farklıdır. Bunda her bir çalışmanın farklılık gösteren dahil etme ve dışlama kriterleri etkindir. Ele alınan literatürün değerlendirildiği temalaştırma başta olmak üzere veri toplama ve analiz yöntemleri de bu çalışmalardan ayrılmaktadır. Literatür derleme türleri, birbirlerine göre çeşitli avantaj ve dezavantajlara sahiptir (Özer ve Görgülü, 2021, s.700). Yine derlemeyi gerçekleştiren yazar ve yazarların öznel fikir, görüş ve tecrübeleri yapılan çalışmanın farklı yönlerde ele alınıp belli okur kitlelerine hitap etmesinde etken olabilmektedir. Bu durum, Özer ve Görgülü

(2021, s.700) tarafından “Geleneksel derlemeler sistematiklere göre yazara esneklik tanımakta ve böylece literatürdeki önemlerini korumaktadırlar.” ifadesiyle desteklenmektedir. Diğer iki çalışma konunun daha teknik yönlerini irdelemiş olup bu derleme çalışmasında alana dair daha genel ve betimleyici bir yaklaşım benimsenmiştir. Böylelikle bu alanda çalışma yapmayı arzu eden araştırmacıların, özellikle de müzisyenlerin kolaylıkla genel bir fikir edinip kendilerinin de benzer çalışmaları gerçekleştirebileceklerini görmelerini sağlamak ve bunu teşvik etmek hedeflenmektedir. Yine bu çalışmayı yapmaya bizi motive eden bir diğer etken alanda Türkçe yapılmış bir literatür derlemesinin bulunmamasıdır. Bundan dolayı bu alandaki boşluğu doldurarak Türk araştırmacılara fNIRS ile gerçekleştirilen müzik çalışmalarını tanıtmak, mevcut literatürü olabildiğince kapsamlı bir şekilde değerlendirip ülkemiz akademi camiasına sunmak amaçlanmıştır. Böylelikle alana yeni girmiş olan veya çalışma yapmayı arzu eden araştırmacılar alana dair genel bir fikir edinebileceklerdir.

Çalışmanın yöntem bölümünde yaptığımız taramanın nasıl gerçekleştirildiği, incelenen çalışmalarda bulguların nasıl toplandığı ve sunulduğu anlatılmıştır. Çalışmanın bulgular ve yorumlar kısmında ise incelenen eserlere dair genel değerlendirmelerin ardından tematik analiz yapılmış, incelenen çalışmalar konuları bakımından beş temaya ayrılarak değerlendirilmiştir. Sonuç ve öneriler bölümünde ise elde edilen bulgular kısaca değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalarda ele alınabilecek konulara dair önerilere yer verilmiştir.

YÖNTEM

Bu çalışma, fNIRS (Functional Near Infrared Spectroscopy) aracı kullanılarak gerçekleştirilen müzik odaklı araştırmaları inceleyen, anlatıya dayalı geleneksel bir derleme (narrative review) niteliğindedir. “Derlemeler belirli bir konuda var olan literatürü gözden geçirerek o konudaki bilimsel kanıtın güncel durumunu anlatan yazılardır.” (Erol, 2021, s.1) Derlemede, yalnızca birincil kaynak niteliği taşıyan, hakemli dergilerde yayımlanmış orijinal araştırma makaleleri ile hakemli konferans bildirileri değerlendirilmiştir. Tez çalışmaları, derleme makaleleri, editoryal yazılar, kitap bölümleri ve diğer ikincil kaynaklar kapsam dışı bırakılmıştır.

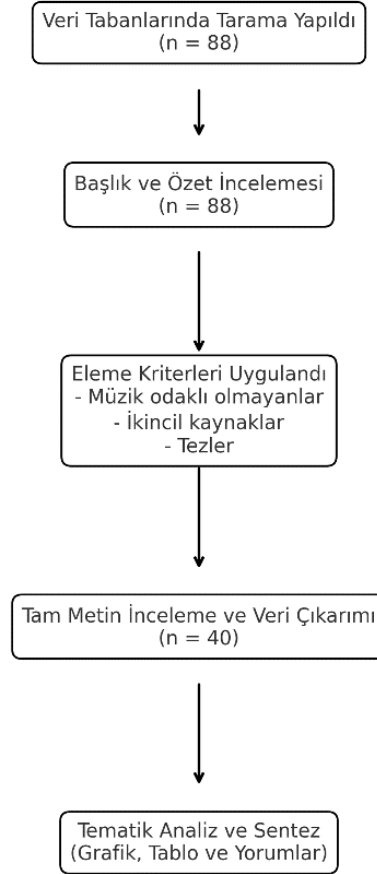
Derlemeye yalnızca Türkçe ve İngilizce dillerindeki çalışmaların dahil edilmesi amaçlansa da seçilen çalışmalar arasında Türkçe yayına rastlanmadığı için yalnızca İngilizce yayınlar dahil edilmiştir.

Çalışmanın evrenini, fNIRS aracı kullanılarak müzikle ilgili yapılan tüm akademik çalışmalar oluşturmaktadır. Literatür taraması sonucunda ulaşılan toplam 88 yayın, bu evreni temsil etmektedir. İçerik incelemesi ve belirlenen dahil etme kriterleri doğrultusunda (dahil etme kriterleri: doğrudan müziğin etkilerini inceleyen fNIRS çalışmaları, hakemli dergide yayımlanmış makale veya konferans bildirileri), odak noktası müziğin etkilerini fNIRS aracıyla deneysel olarak inceleyen toplam 40 çalışma derleme kapsamına alınarak örnekleme oluşturmuştur.

Literatür taraması 27-28 Ocak 2025 tarihlerinde gerçekleştirilmiş ve bu tarihe kadar yayımlanan çalışmalar değerlendirilmiştir. Tarama sırasında, fNIRS OR NIRS OR functional Near Infrared Spectroscopy AND music OR music cognition OR music perception anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Bu anahtar kelimeler, fNIRS teknolojisinin farklı adlandırmalarını ve müzik alanındaki temel kavramları bir araya getirerek, ilgili tüm çalışmaların kapsanmasını sağlamak amacıyla seçilmiştir. Aramalar; Web of Science (WOS), PubMed, Google Scholar, Medline, Scopus, SpringerLink, Taylor & Francis ve IEEE Xplore veri tabanlarında yapılmıştır. Bu veri tabanları, ilgili alandaki önde gelen ve

kapsamlı yayınlara erişim sağlaması nedeniyle seçilmiştir. Özellikle Web of Science ve Scopus, bilimsel literatürün geniş bir taramasını sunarken, Pubmed ve Medline sağlık bilimleri alanındaki çalışmalara odaklanmaktadır. Tam metin erişimi için Marmara Üniversitesi ve Karabük Üniversitesi kütüphanelerinin sağladığı uzaktan erişim imkanlarından faydalanılmıştır.

Başlık ve özet incelemesi sonucunda ilgili bulunan yayınlar indirilmiş, ardından içerikleri incelenerek yalnızca müzik odaklı deneysel fNIRS çalışmaları dahil edilmiştir. Tezler ve diğer uygun olmayan yayınlar dışlanmıştır (bkz. Şema 1).



Şema 1. Çalışmaya dahil edilen literatürün seçim sürecini aşamalarıyla gösteren akış şeması.

Derlemeye dahil edilen çalışmaların yayımlanma yılları 2008-2024 aralığında olup, bu durum konunun güncelliğini ve literatürde artan ilgiyi göstermektedir. Seçilen çalışmaların verileri, sistematik biçimde Microsoft Office Excel programı kullanılarak tabloya kaydedilmiştir. Tabloda; çalışmanın yapıldığı ülke, amacı, kullanılan fNIRS cihazı, deney deseni, katılımcı bilgileri, müzikal uyaran türü ve süresi, incelenen beyin bölgeleri, deney görevleri, ana bulgular, yorumlar, güçlü ve zayıf yanlar, gelecek araştırmalara yönelik öneriler detaylandırılmıştır.

Elde edilen veriler doğrultusunda, çalışmalar konularına göre tematik analiz uygulanarak kategorize edilmiş, benzerlik ve farklılıkları ortaya konmuştur. Bu süreçte, literatürdeki ana temalar ve eğilimler belirlenmiştir. Bulgular, ihtiyaç duyulan yerlerde grafik ve tablolarla desteklenerek yorumlanmıştır. Çalışmada betimsel analiz yaklaşımı benimsenmiştir. Betimsel analizde amaç kısaca; elde edilen bulguların düzenlenerek ve yorumlanarak okuyucuya sunulmasıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2011, s.224).

BULGULAR VE YORUMLAR

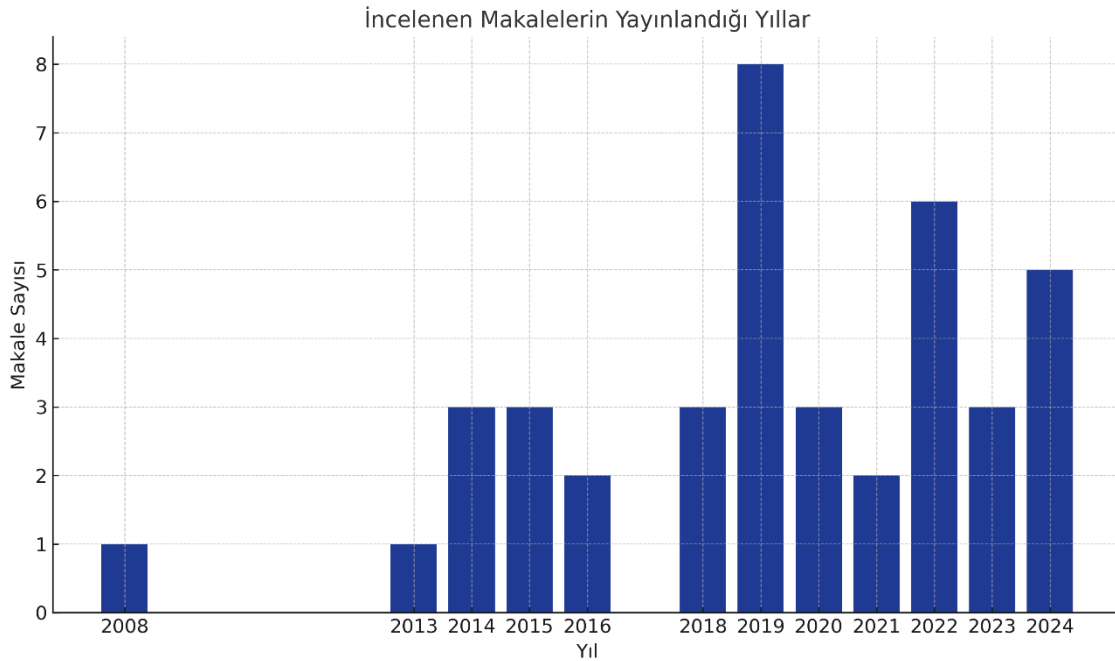
Bu çalışmada, fNIRS nörogörüntüleme aracı kullanarak müziğin beyindeki etkilerini inceleyen deneysel araştırmalar kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Derlenen toplam 40 çalışma, yıl, ülke, katılımcı profili, deney desenleri, kullanılan fNIRS cihazları, müzikal uyaran türleri ve süreleri, incelenen beyin bölgeleri gibi çeşitli parametreler açısından değerlendirilmiştir.

Bulgular kısmında öncelikle bu çalışmaların genel özellikleri betimleyici analizlerle ortaya konulmuş, ardından tematik bir yaklaşımla içerik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, incelenen çalışmalar beş temaya ayrılmış, temaların genel özellikleri ve örnekler sunulduktan sonra bu temalar altındaki çalışmalarda kullanılan müzikal uyaranlar, incelenen beyin bölgeleri, ana bulgular, çalışmaların güçlü ve zayıf yanları ve son olarak çalışmaların gelecek çalışmalara yönelik önerileri sunulmuştur. Elde edilen veriler gereken yerlerde grafik ve tablolarla desteklenerek, okuyucunun alandaki mevcut durumu ve eğilimleri daha net bir şekilde kavrayabilmesi amaçlanmıştır.

Genel Bulgular

Bu kısımda derlemede ele alınan çalışmalara dair genel bulgulara yer verilmiştir. Bunlar sırasıyla yıllara göre dağılım, çalışmaların ülkelere göre dağılımı, katılımcı profili, deneysel tasarım dağılımı, kullanılan fNIRS cihazları, deneklerin görevleri, çalışmalarda kullanılan müzikal uyaranlar ve uyarma süreleri ve son olarak incelenen beyin bölgeleridir. Bu alt başlıkların ardından tematik analiz kısmı gelmektedir.

Yıllara Göre Dağılım

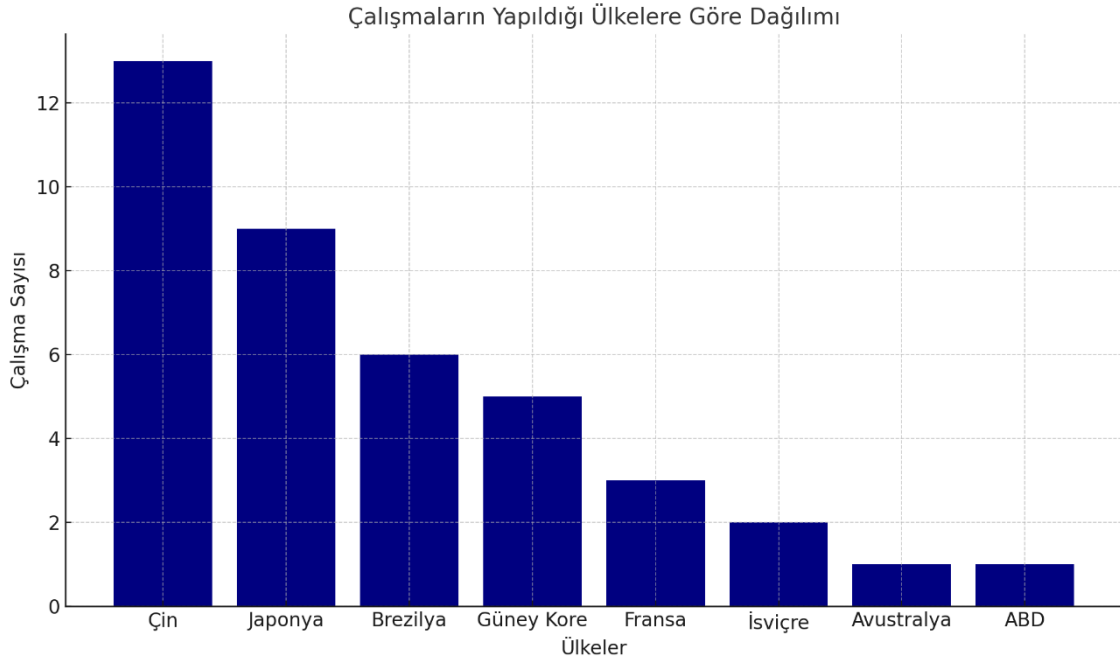


Grafik 1. Makalelerin yayınlandığı yıllar

İncelenen çalışmaların en erkeni 2008 yılında yapılmıştır. 2008 ile 2013 yılları arasında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. 2013 yılında bir çalışma tespit edilmişken 2014 itibarıyla bu alana yönelik ilginin artmaya başladığı görülmüştür. 2014 ve 2015 yıllarında üçer çalışma yapılmışken 2016 yılında iki çalışma yapılmıştır. 2017 yılında herhangi bir çalışma bulunamamıştır. 2018 itibarıyla git gide artan bir seyir

gözlenmektedir. 2018 yılında üç çalışma, 2019 yılında ise sekiz çalışma yapılmıştır ki bu veri 2019'un çalışma sayısı bakımından en yoğun yıl olduğunu göstermektedir. 2020 yılında üç çalışma yapılırken 2021 yılında iki çalışma yapılmıştır. Bunu da Covid-19 pandemisi süresinde çalışmaların azaldığı şeklinde yorumlamak mümkün görünmektedir. Sonraki süreçte ise çalışma sayıları artmaya devam etmiş, 2022 yılı en çok çalışma yapılan ikinci sıradaki yıl olarak tespit edilmiş, bu yılda altı çalışma yapılmıştır. 2023 yılında üç, 2024 yılında ise beş çalışma tespit edilmiştir. Genel dağılımı görmek için Grafik 1 incelenebilir. Elde edilen bu dağılım, alanın son yıllarda hızla geliştiğini ve araştırmacıların ilgisinin arttığını ortaya koymaktadır.

Çalışmaların Ülkelere Göre Dağılımı



Grafik 2. Makalelerin yayınlandığı ülkeler

Bu derlemede ele alınan 40 çalışmanın coğrafi dağılımı incelendiğinde, çalışmaların büyük bir kısmının Çin, Japonya, Brezilya ve Güney Kore gibi ülkelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Özellikle Çin, 13 çalışma ile en fazla sayıda çalışmanın gerçekleştirildiği ülke olmuştur. Japonya 9 çalışma ile ikinci sırada yer alırken, Brezilya 6 çalışma ile üçüncü sırada yer almaktadır. Güney Kore’de ise 5 çalışma gerçekleştirilmiştir. Avrupa ülkelerinde daha sınırlı sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Fransa’da 3 çalışma yapılırken İsviçre’de 2 çalışma yapılmıştır. Avustralya ve ABD’de ise yalnızca birer çalışma gerçekleştirilmiştir. Görsel olarak kıyaslamak için Grafik 2. incelenebilir.

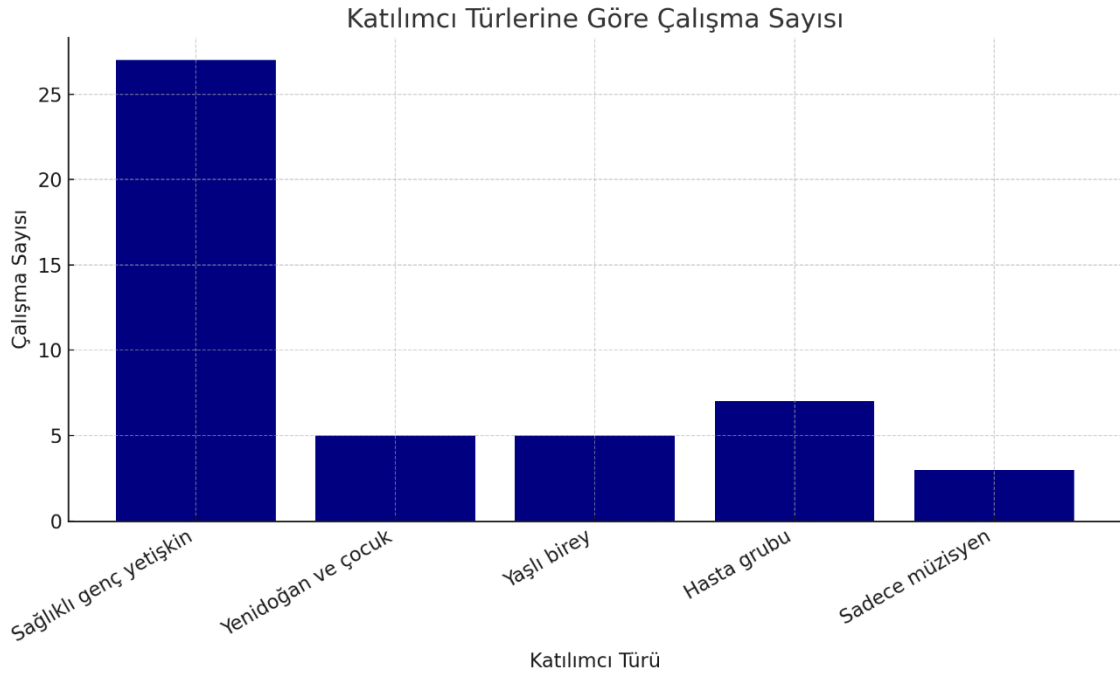
Bu dağılım, fNIRS nörogörüntüleme aracıyla gerçekleştirilen müzik araştırmalarına olan ilginin coğrafi açıdan nasıl şekillendiği hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle Doğu Asya ve Güney Amerika’daki araştırmacıların bu alana yoğun bir ilgi duyduğunu gözler önüne sermektedir. Bilim ve teknolojinin beşiği olarak görülen Avrupa ve Kuzey Amerika’da ise daha sınırlı sayıda çalışmanın bulunması, bu coğrafyalarda fNIRS odaklı müzik araştırmalarının henüz yeterli ilgiyi göremediğini göstermektedir.

Katılımcı Profili

İncelenen 40 çalışmada yer alan toplam katılımcı sayısı yaklaşık 962 kişi olarak bulunmuştur. Katılımcı sayısı, çalışmadan çalışmaya değişiklik göstermektedir; en az 3 katılımcıdan oluşan küçük ölçekli pilot çalışmalardan, 59 birey içeren daha büyük örneklemelere kadar çeşitlilik arz etmektedir. Ortalama katılımcı sayısı 24.05 olarak hesaplanmıştır.

Katılımcı profillerine bakıldığında, çoğu çalışmada sağlıklı bireylerin yer aldığı görülmektedir. Bununla birlikte, depresyon, otizm, karaciğer hastalığı, minimal bilinç durumu ya da miyofasiyal ağrı sendromu gibi özel duruma sahip bireylerle gerçekleştirilen araştırmalara da rastlanmaktadır. Ayrıca, yalnızca müzisyenlerin yer aldığı nispeten az sayıda çalışma bulunmakla birlikte müzik eğitimi almamış kişilerin bulunduğu çalışma sayısı çoğunluğu teşkil etmektedir. Bu ise, mevcut durumda alanda müziğin etkilerini genel popülasyon üzerinden değerlendirme eğiliminin daha baskın olduğunu göstermektedir.

Katılımcılar yaş bakımından da geniş bir dağılım göstermektedir: yenidoğanlar, çocuklar, genç ve orta yaşlı yetişkinler ile yaşlı bireyler örneklemde temsil edilmiştir. En yaygın yaş grubu 18–30 yaş arası bireylerdir. Bu durum, gençlerin, özellikle de üniversite öğrencilerinin kolay erişilebilirliği ve deneysel çalışmalara katılma konusunda daha istekli olmaları şeklinde yorumlanabilir.



Grafik 3. Katılımcı türleri

Grafik 3’ te de görüldüğü gibi; sağlıklı genç yetişkinlerin kullanıldığı 27 çalışma, yenidoğan ve çocukların kullanıldığı 5 çalışma, yaşlı bireylerin kullanıldığı 5 çalışma, hasta gruplarının kullanıldığı 7 çalışma, yalnızca müzisyenlerin kullanıldığı 3 çalışma tespit edilmiştir.

Ayrıca çalışmaların 9’unda kontrol grubu kullanılmış ve iki farklı grubun karşılaştırıldığı deneysel tasarımlar uygulanmıştır. Bunlar ise örneğin genç ve yaşlı grubun bilişsel özelliklerinin kıyaslandığı veya hasta grubu ve sağlıklı kontrollerin kullanıldığı müzik terapinin etkilerini inceleyen çalışmalardır. Müziğin nörolojik,

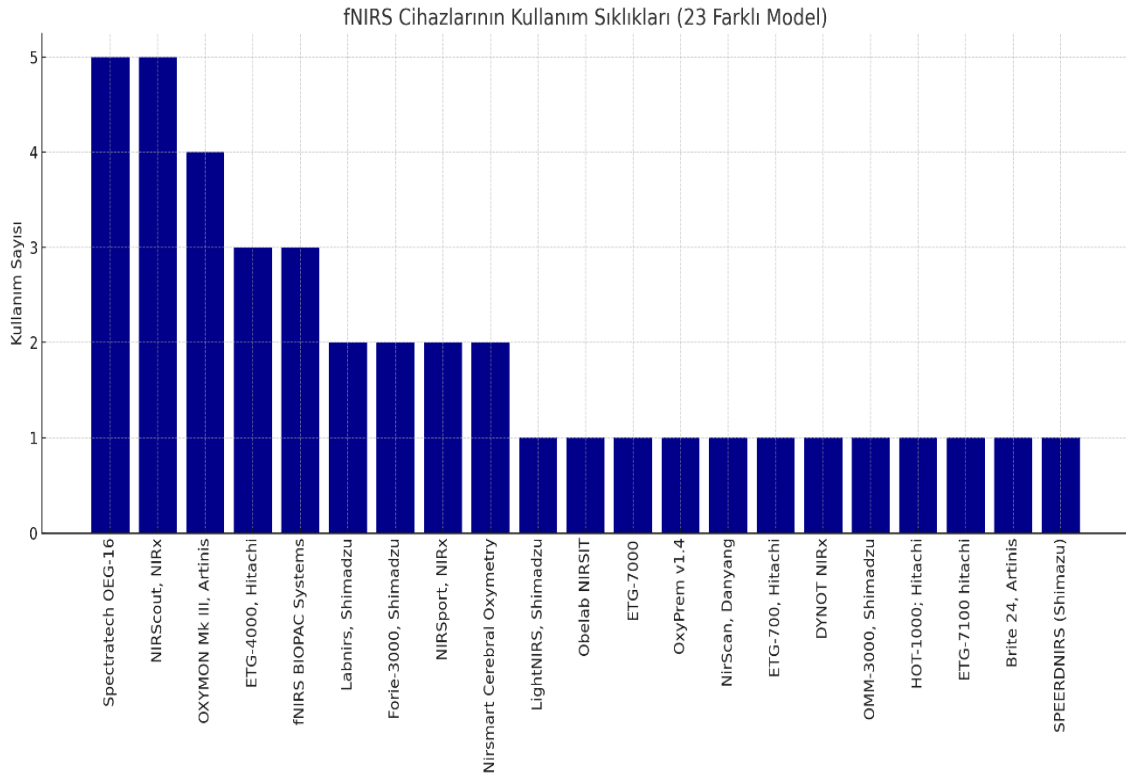
bişsel, duygusal vb. etkilerinin incelendiği nörogörüntüleme çalışmalarında deney ve kontrol grubunun kullanımı daha doğrulanabilir ve genellenebilir sonuçlara ulaşabilmek adına önem arz etmektedir.

Deneysel Desen Dağılımı

İncelenen çalışmaların büyük bir kısmında blok tasarımı (block design) deseni tercih edilmiştir. Bu desende müzikal uyarılar belirli aralıklarla ve tekrarlarla sunulmakta, aralara dinlenme periyotları yerleştirilmektedir. Bu yapı sayesinde fNIRS ölçümleri sırasında uyarana verilen hemodinamik yanıtın daha net bir şekilde gözlemlenmesi ve yorumlanması mümkün hale gelmektedir. Blok tasarıma ek olarak, bazı çalışmalarda olay ilişkili (event-related) tasarım, doğal deneysel tasarım gibi alternatif yaklaşımlara da yer verilmiştir. Bu durum, fNIRS aracılığıyla gerçekleştirilen müzik çalışmalarında deneysel tasarım tercihlerinin çoğunlukla yapılandırılmış ve tekrarlanabilir protokollere dayandığını, ancak son dönemde daha doğal ortamlara yönelik yaklaşımlara da ilgi duyulmaya başlandığını göstermektedir.

Sayısal olarak 38 çalışmada blok tasarımı tercih edilmişken; 1 çalışmada olay ilişkili, 1 çalışmada ise doğal deneysel tasarım (naturalistic experimental design) tercih edilmiştir.

Kullanılan fNIRS Cihazları



Grafik 4. Çalışmalarda kullanılan fNIRS cihazları

İncelenen 40 çalışmada toplamda 23 farklı fNIRS cihazı kullanıldığı görülmüştür. En sık tercih edilen cihazlar Spectratech OEG-16 ve NIRScout (NIRx) olup, her biri beş farklı çalışmada kullanılmıştır. Bunları dört çalışmada kullanılan OXYMON Mk III (Artinis) ve üç çalışmada yer alan ETG-4000 (Hitachi) takip etmektedir. Cihaz çeşitliliği, araştırmaların farklı ülkelerde yürütülmesiyle birlikte değerlendirildiğinde; bazı cihazların yerli üretim olması veya üniversite ya da araştırma merkezlerinin sahip olduğu

maddi olanaklar gibi etkenlerle açıklanabilir. Hangi cihazın kaçar kez kullanıldığını görmek için Grafik 4. incelenebilir.

Deneklerin Görevleri

İncelenen çalışmaların büyük çoğunluğunda katılımcıların, gözleri kapalı ve hareketsiz bir şekilde müzikleri pasif olarak dinledikleri ve sonrasında dinlenen müziğe yönelik duygusal tepkilerini çeşitli ölçekler aracılığıyla değerlendirdikleri görülmüştür. Görev türleri arasında melodik kontur (seyir yönü) tanıma, kelime hafızası görevleri, doğaçlama müzik icrası ve bebeklere veya hastalara yönelik müzik terapisi uygulamaları yer almaktadır. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda daha özgün ve bilişsel yük içeren görevler de kullanılmış; örneğin yap/yapma görevleri. Genel olarak müziğin duygu, algı, ağrı ve bilişsel işlevler üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çalışmalarda Kullanılan Müzikal Uyarılar ve Uyarım Süreleri

Bu başlık altında derlemeye ele aldığımız 40 çalışmada kullanılan müzikal uyarın türleri ve uyarım süreleri sunulmuştur. Uyarın olarak kullanılan müziğin türü, ilgili çalışmalarda yazarların ifade ettiği şekilde kayıt altına alınmıştır.

Tablo 1. Çalışmalarda kullanılan müzikal uyarınlar

Kullanılan Müzikal Uyarınlar
Mozart piyano sonatı K448. 4 Çalışma
Melodik kontur testi. Çıkıcı, düz ve iniçi melodiler. 4 Çalışma
Olumlu his uyandıran ve orta uyarım seviyeli bir caz eseri. 3 Çalışma
Beethoven Für Elise. 2 Çalışma
Kişilerin tercih ettiği müzikler. 2 Çalışma
Mi minör pentatonik dizisi. Gitaristler 40'ar saniye ölçülü ve doğaçlama gitar icrasında bulunmuş. 2 Çalışma. Çalma görevi
1 sakinleştirici 1 hareketli müzik
Klasik, enstrümantal ve pop
Rahatlatıcı müzik ve rahatsız edici gürültü
Wagner opera, enstrümantal
Alman ninnisi, Si majör
8 duygudan oluşan 27 müzik parçası
Olumlu, olumsuz ve nötr duygu verdiği söylenen müzikler.
Hafif piyano eseri-sakinleştirici
Anketle kişisel müzik tercihleri belirlenmiş ardından kişilerin tercih ettiği müzikler dinletilmiş
Bela Bartok Keman Düeti No 37. Çalma görevi
Groove müzik ritmi
Do majör, la minör ve fa majör tonlarında piyanoda arpej ve akor çalımı öğrenimi. Çalma görevi
Klasik batı müziği Beethoven ve Tekno müzik
Kişilerin kendi seçtiği, egzersiz esnasında motive edebilecek 1 müzik ve sakinleştirici 1 müzik
Farklı özellikte 2 müzik
Düşük, orta ve yüksek frekansta sesler. Mozart Korno Konçertosu no 2
1 favori müzik, 4 tane de meşhur olmayan sakinleştirici müzikten 1'ini katılımcı seçmiş
Rock, Folk, Trans, Klasik, Soft Rock, katılımcının seçtiği bir müzik, Egzersiz sırasında motive eden bir müzik
Olumlu ve olumsuz duyguları çağrıştıran 4 türde enstrümantal müzik
Müzikal ritimler
Ağrı azaltımını amaçlayan yapay bir müzik. Soğutucu sentetik müzik diye tanımlanmış.
Japonya'da kullanılan popüler çocuk şarkılarının piyanoyla çalınmış enstrümantal halleri

Tablo 1.'de de görüleceği üzere 12 çalışmada klasik batı müziği çalışmanın ya ana müzikal uyaranıdır ya da uyaranlardan biridir. En sık kullanılan bu türden sonra çeşitli türlerde müzikler, müzikal sesler veya ritimler çalışmalarda uyaran olarak kullanılmıştır. Çalışmaların 36'sında çeşitli görevleri kapsayan müzik dinleme deneyleri yapılmıştır. Yalnızca 4 çalışmada müzikal icra görevi vardır ki ikisi blues tarzda doğaçlama gitar çalımı, biri Bartok'un Keman Düeti'nin icrası, bir diğeri ise piyanoda basit tonlarda arpej çalımının öğrenim görevidir. Yine dört çalışmada çeşitli amaçlarla uygulanan müzikal kontur tanıma test görevi vardır ki bu çalışmalardaki müzikal uyaran; çıkıcı, düz veya inici seyir izleyen basit bir melodi parçasının dinlenilmesi ardından yönünün tahmin edilmesine dayanmaktadır. Tabloda ilk altı satırda birden fazla kullanılan aynı türden uyaranlar kaydedilip kaç çalışmada kullanıldıkları belirtilmiştir, devamındaki satırdaki tüm uyaranlar yalnızca birer çalışmada kullanılmıştır.

Kısaca 40 çalışmada daha baskın olarak klasik batı müziği repertuarından eserler kullanılmakla beraber pop, rock, caz, folk gibi farklı türlerden müziklerin yanı sıra; küçük melodi grupları (melodik kontur), basit arpej ve akorlar, müzikal frekanslar, terapi müzikleri, müzikal ritimler vb. bu çalışmanın örnekleminde tespit edilmiştir. Katılımcı tercihinine dayalı müziklerin kullanıldığı çalışmalar daha az sayıda olsa da mevcuttur. Ayrıca farklı türden müziklerin nörolojik ve duygusal etkilerini kıyaslayan çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çeşitlilik, çalışmalarda hem bireysel farklılıklara hem de örneklem çeşitliliği açısından müzikal yapıya önem verildiğini ortaya koymaktadır.

İncelenen 40 çalışmanın her birinde müzikal uyaranları dinleme-çalma ve dinlenme süreleri değişiklik arz etmektedir. Bu sebeple bu kısımda genel eğilimi ortaya koymak adına yalnızca dinleme-çalma görevlerinde her bir blokta tek sefer kullanılan uyarmı ve ardından gelen dinlenme sürelerini saniye ve dakika bazında sunacağız. Dinleme ve çalma görevlerinde uygulanan uyarmı süreleri kısıdan uzuna doğru Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çalışmalarda kullanılan müzikal uyaran süre ve sayıları.

Uyaran Süresi	Çalışma Sayısı
5.25 saniye	2
10 saniye	2
12 saniye	1
15 saniye	6
24 saniye	1
10-30 saniye arası	1
30 saniye	2
40 saniye	1
62 saniye	1
90 saniye	1
120-180 saniye arası	1
2 dakika	1
3 dakika	4
4 dakika	2
5 dakika	2
6 dakika	1
9 dakika	1
10 dakika	1
20 dakika	1
30 dakika	1

Uyaran Süresi	Çalışma Sayısı
60 dakika	1
30 saniye çalma	2
40 saniye çalma	2
Belirtilmemiş	2

Tablo 2.'de görüldüğü gibi çalışmalardaki müzikal uyaran süreleri 5.25 saniyeden 60 dakikaya kadar geniş bir yelpazede yer almaktadır. En sık tercih edilen müzikal uyaran süresi 6 çalışma ile 15 saniyedir. Bunun ardından 4 çalışma ile 3 dakikalık süre gelmektedir. Ardından 5.25 saniye, 10 saniye, 30 saniye, 4 dakika ve 5 dakikalık sürelerdeki uyaranlar dinleme çalışmalarında 2'şer kez kullanılmıştır. Müzikal icra-çalma çalışmalarında ise 2 çalışmada 30 saniyelik, diğer 2 çalışmada ise 40 saniyelik çalma periyotları mevcuttur. Ayrıca 14 çalışmada birer kez çeşitli uyaran süreleri kullanılmışken 2 çalışmada uyaran süreleri belirtilmemiştir.

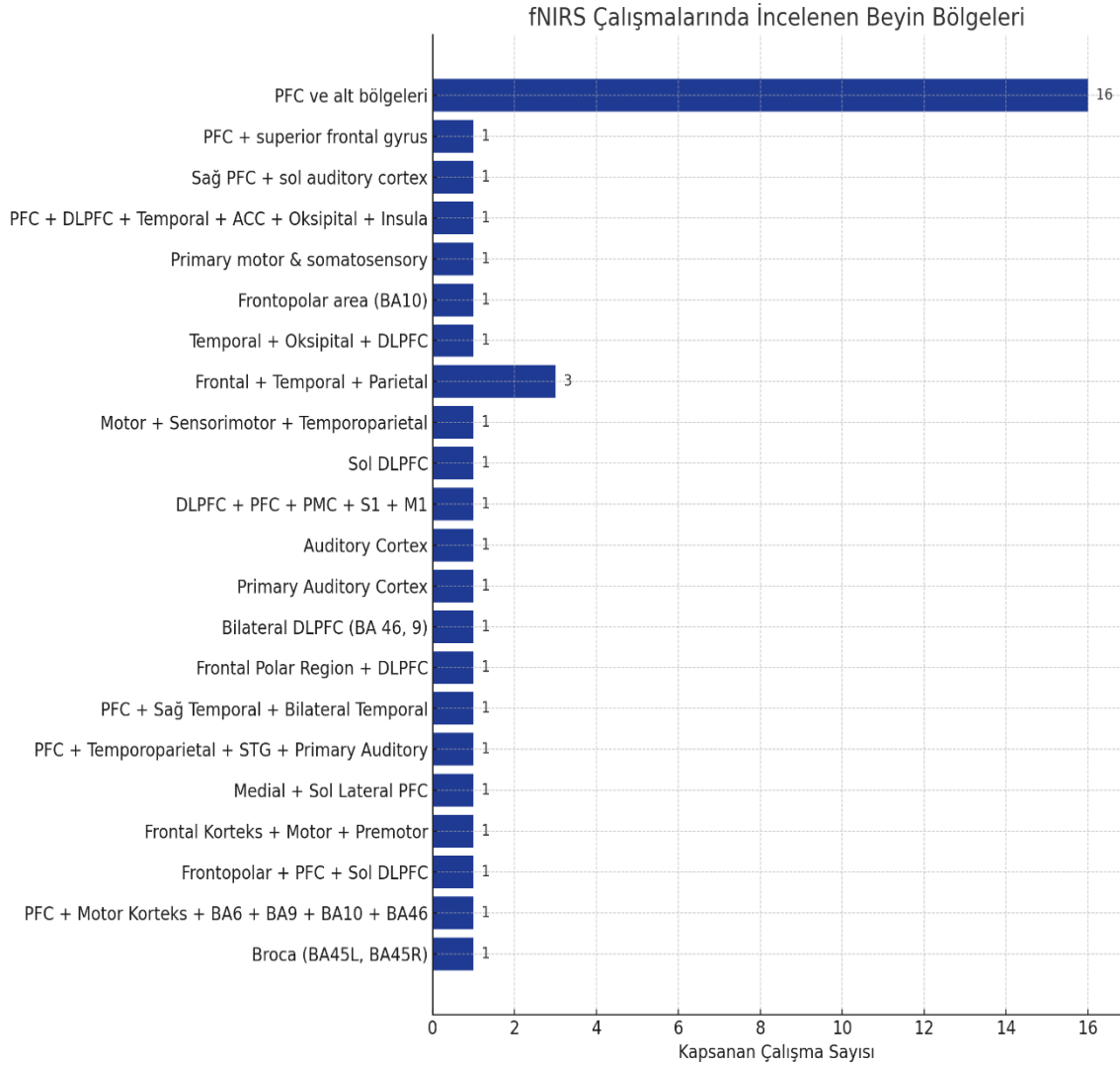
Tablo 3. Çalışmalarda kullanılan müzikal uyaran sonrası dinlenme periyotlarının süre ve sayıları.

Dinlenme Süresi	Çalışma Sayısı
3 saniye	1
10 saniye	1
20 saniye	4
30 saniye	9
1 dakika	2
2 dakika	1
3 dakika	2
5 dakika	2
9 dakika	1
10 dakika	1
22 saniye	1 (çalma çalışması)
30 saniye	1 (çalma çalışması)
40 saniye	2 (çalma çalışması)
Ölçek doldurma	11
Belirtilmemiş	1

Tablo 3.'de görüldüğü üzere çalışmalardaki dinlenme periyotları 3 saniyeden 10 dakikaya kadar çeşitlenmektedir. 40 çalışmada en sık tercih edilen dinlenme (rest) periyot uzunluğu 10 çalışma ile 30 saniyedir. Bunun ardından 4 çalışmada 20 saniyelik dinlenme periyotları kullanılmıştır. Yine 11 çalışmada müzikal uyaranın hemen ardından dinlenen müzikle ilgili duygusal, psikolojik vb. ölçekler doldurulmuştur. Yine 1 dakika, 3 dakika ve 5 dakikalık dinlenme periyotları 2'şer çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca 40 çalışmanın 4'ü müzikal icra yani çalma eylemi içermekte olup bunların 2'sinde 40'ar saniyelik, 1'inde 22 saniyelik, 1'inde ise 30 saniyelik dinlenme periyotları kullanılmıştır. Son olarak 3 saniye, 10 saniye, 2 dakika, 9 dakika ve 10 dakika uzunluğundaki dinlenme periyotları yalnızca 1'er kez kullanılmış olup çalışmaların 1 tanesinde ise dinlenme periyodunun süresi belirtilmemiştir. Bu çeşitlilik ise yapılan çalışmaların deneysel amaçlarına göre farklı beyin tepkilerini hedefleyen protokolleri yansıtmaktadır.

İncelenen Beyin Bölgeleri

Çalışmalarda müziğin olası etkilerini incelemek amacıyla odaklanılan beyin bölgeleri burada sunulmuştur.



Grafik 5. İncelenen beyin bölgeleri ve çalışmalarda kullanılma sayıları.

Bu derlemede yer alan 40 çalışmada en sık incelenen bölge prefrontal korteks (PFC) ve alt bölümleri olmuştur (16 çalışma). Bunun dışında frontal, temporal ve paryetal lobların birlikte ele alındığı çalışmalar da dikkat çekmektedir. Birçok çalışmada birden fazla bölgeye odaklanılmış, özellikle PFC ile birlikte dorsolateral prefrontal korteks (DLPFC), auditory korteks, motor ve somatosensoriyel bölgeler de değerlendirilmiştir. Grafik 5, bu bölgelerin incelenme sıklığını göstermektedir.

Çalışmaların Tematik Analizi

Bu bölümde incelenen 40 çalışma konularına göre beş ana temaya ayrılmıştır. Bu temalar sırasıyla şunlardır: (1) Müziğin bilişsel işlevler üzerindeki etkileri, (2) Müziğin nörofizyolojik ve duygusal etkileri, (3) Müzik terapi ve sağlık uygulamaları, (4) Müziğin sosyal etkileri ve beyinler arası senkronizasyon, (5) Yöntemsel yenilikler ve fNIRS analitik yaklaşımlar.

Bu temalar kısaca tanımlanacak, ilgili çalışmalardan temaya dair örnekler sunulacak, tema özelinde; çalışmalarda kullanılan müzikal uyaranlar, çalışmalarda incelenen beyin bölgeleri, çalışmaların ortak ana bulguları, çalışmaların güçlü ve zayıf yanları ve çalışmaların gelecek çalışmalara yönelik ortak önerileri belirtildikten sonra temaya dâhil olan eserler listelenecek, ardından sonraki temaya geçilecektir.

Müziğin Bilişsel İşlevler Üzerindeki Etkisi

Bilindiği üzere müziğin insan duyguları üzerinde önemli tesirleri vardır. Benzer şekilde, beyin üzerinde de çeşitli etkileri vardır ve bunlar günümüzde nörogörüntüleme araçlarıyla gözlemlenebilmektedir. Birçok çalışmada müziğin beyinde oluşturduğu faaliyetler gözlemlenirken bazı çalışmalarda ise müziğin beyin diğer işlevleri üzerinde oluşturduğu olumlu veya olumsuz etkiler incelenmektedir. Oluşturduğumuz bu temanın da konusu budur, müziğin bir uyaran olarak beyin gerçekleştirdiği zihinsel görevlere, örneğin çalışma hafızası veya dikkat gibi yürütücü fonksiyonlarına nasıl bir tesiri olduğu bu çalışmalarda incelenmiştir. Söz gelimi bilişsel bir test olan kelime ezberleme ve daha sonra bunu hatırlama çalışması yapılırken bunun sessizlik koşulunda ve fon müziği eşliğinde yapılmasını karşılaştırarak inceleyen bir çalışma mevcuttur (Ferreri vd., 2015). Fon müziği esnasında gerçekleştirilen kelime öğrenme ve hatırlama aşamalarında prefrontal kortekste aktivasyonun azalması ve daha fazla kelime öbeğinin hatırlanması yani davranışsal testte de başarı oranının müziksiz koşula göre daha yüksek olması ve beyinde incelenen bölgenin faaliyetinin azalması gözlemlenmiştir. Bu durum çalışmada, müziğin rahatlatıcı ve bilişsel yükü hafifletici bir etkisi olması, dolayısıyla öğrenmeye ve hafızaya katkı sağladığı şeklinde yorumlanmıştır.

Bu temada toplam 11 çalışma bulunmaktadır. Bunların kimisi Mozart müziğinin zekâya etkisini (Suda vd.,2008.), kimisi dinlenen müzik türünün bilişsel faaliyete etkisini (Zheng vd., 2020), kimisi yaşlıların kelime öğrenme görevindeki başarısına müziğin etkisini (Ferrari vd., 2014), kimisi ise melodik kontur (seyir yönü) tanıma testi kullanarak yaşlanmanın bilişsel etkisini ortaya koymayı amaçlamıştır (Jeong ve Ryu, 2016). Görüldüğü gibi tema altında çeşitli amaçlarla birçok çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalarda, çeşitli amaçlara yönelik çeşitli müzikler kullanılmıştır. Klasik batı müziği, caz müzik, kişilerin kendi tercih ettikleri müzikler, olumlu-olumsuz etkili farklı duyguları uyaran, örneğin rahatlatıcı müzik veya rahatsız edici gürültü bu çalışmalarda kullanılmıştır.

Çalışmalarda incelenen beyin bölgelerine gelecek olursak, en çok prefrontal korteks ve alt bölgeleri incelenmiştir. Dorsolateral prefrontal korteks dört çalışmada incelenmiştir. Temporal korteks, oksipital lob, frontal lob, superior frontal gyrus, frontal polar bölge incelenen diğer bölgelerdir.

Müziğin bilişsel işlevler üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalarda, özellikle prefrontal korteks başta olmak üzere birçok beyin bölgesinde anlamlı hemodinamik değişimler gözlemlenmiştir. Müzik, bazı görevlerde zihinsel yükü azaltarak performansa katkı sağlarken, bazı durumlarda da dikkat ve inhibisyon kontrolü gibi yürütücü işlevlerde yaş grubu veya bireysel tercihlere göre farklı etkiler oluşturmuştur. Genç yetişkinler karmaşık görevlerde yaşlılara nazaran daha başarılı olurken, özellikle motivasyonel müziklerin ve tanıdık müzikal yapıların bilişsel süreci olumlu yönde desteklediği görülmüştür. Genel olarak, müzik dinleme sırasında davranışsal başarıyla birlikte PFC faaliyetinin azaldığı birçok çalışmada bildirilmiştir.

Çalışmaların ortak güçlü yanlarını fNIRS çekiminin yanında çeşitli davranışsal ölçeklerin de kullanılması olarak belirtebiliriz. Ortak zayıf yanlarını ise sayısal olarak küçük katılımcı grubu kullanılması, yalnızca belli bir veya birkaç beyin bölgesine odaklanması şeklinde sıralayabiliriz.

Çalışmaların gelecek çalışmalara yönelik öne çıkan ortak önerileri, daha fazla kişi ile çalışılması, farklı müzik türlerinin de deneylerde kullanılması, kişisel farklılıkların ve

müzik tercihlerinin göz önünde bulundurulması, farklı beyin bölgelerinin de incelenmesi, farklı nörogörüntüleme araçlarıyla da çalışılmalar yapılması şeklindedir.

Çalışmaların başlıkları şunlardır:

- 1- An fNIRS Study on the Effect of Music Style on Cognitive Activities
- 2- Cerebral blood oxygenation changes during a hearing music task in measurement with fNIRS
- 3- Cognitive Load Changes during Music Listening and its Implication in Earcon Design in Public Environments: An fNIRS Study
- 4- Cortical responses to Mozart's sonata enhance spatial-reasoning ability
- 5- Groove rhythm stimulates prefrontal cortex function in groove enjoyers
- 6- Increase in Low-Frequency Oscillations in fNIRS as Cerebral Response to Auditory Stimulation with Familiar Music
- 7- Less effort, better results: how does music act on prefrontal cortex in older adults during verbal encoding? An fNIRS study
- 8- Melodic Contour Identification Reflects the Cognitive Threshold of Aging
- 9- Music improves verbal memory encoding while decreasing prefrontal cortex activity: an fNIRS study
- 10- The Impact of Listening to Background Music on Inhibition Control and Prefrontal Cortical Activation in Healthy Older Adults: A Study Using Functional Near-Infrared Spectroscopy
- 11- The Influence of Music on Prefrontal Cortex during Episodic Encoding and Retrieval of Verbal Information: A Multichannel fNIRS Study

Müziğin Nörofizyolojik ve Duygusal Etkileri

Müziğin beyinde meydana getirdiği çeşitli etkileri ve ayrıca müziğin duygusal etkilerini inceleyen çalışmaları bu tema altında topladık. Bu çalışmalardan kiminde müzik pasif olarak dinlenirken beyinde meydana getirdiği etkiler incelenmiş, kiminde ise profesyonel müzisyenler aktif olarak gitar çalmış, kiminde müziğin duygusal etkileri incelenmişken kimisinde ise duyguları tespit etmesi amaçlanan sistemler geliştirilmiştir.

Örneğin klasik batı müziği ve tekno müziğin etkilerini inceleyen bir çalışmada, prefrontal kortekste beyin bu iki müziğe nasıl tepkiler verdiği kıyaslanmıştır (Bigliassi vd., 2015). Klasik müzik dinlenirken tekno müziğe kıyasla dorsolateral prefrontal kortekste (DLPFC) daha fazla aktivasyon gözlemlenmiş, duygusal olarak ise klasik müzik rahatlatıcı bir etkiye sebep olurken tekno müzik daha canlandırıcı bir etkiye yol açmıştır. Bir diğer çalışmada covid-19 pandemisi sırasında müziğin genç bireyler üzerindeki duygusal etkileri incelenmiştir (Luo vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada basit tonlarda akor ve arpej çalışmalarını piyanoda çalmayı öğrenen bireylerin bu öğrenme esnasında beyinlerinde meydana gelen nöral tepkiler incelenmiştir (Heinze vd., 2019). Yine bu tema altında bir başka çalışmada doğaçlama gitar çalmanın, ölçülü çalma kıyasla beyinde meydana getirdiği etkiler araştırılmıştır (Tachibana vd., 2019). Yine dikkat çeken bir başka çalışmada yeni doğan bebeklere Mozart'ın bir piyano eseri dinletilmiş, bebeklerde müziği algılamada ortak olarak çalışan nöral ağlar tespit edilmiş, bunun sonucunda insanın müzik algısının doğuştan geldiği yorumu yapılmıştır (Ren vd., 2022). Görüldüğü gibi aynı tema altında farklı amaçları hedefleyen birçok çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bu tema altındaki çalışmalarda çeşitli amaçlarla çeşitli müzikler kullanılmıştır. Daha çok klasik batı müziği kullanılmıştır. Farklı duyguları uyaran örneğin motive edici ve sakinleştirici müzikler, klasik müziğin tekno müzikle kıyaslanması gibi örnekler

mevcuttur. Ayrıca iki çalışmada gitaristlerden hem sabit tempolu bir müzik çalmaları hem de doğaçlama icrada bulunmaları istenmiştir ki bunun tarzı da blues'dur. Müzikal öğrenim gerçekleştirilen çalışmada ise do majör, la minör gibi basit tonlarda arpejler çalınmıştır. Bunların dışında birkaç çalışmada rock, pop, klasik, folk gibi birden fazla türün çeşitli etkilerinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır.

Temadaki çalışmalarda daha ziyade prefrontal korteks ve alt bölgeleri incelenmiştir. Bir çalışmada işitsel korteks incelenmiştir. Doğaçlama ile ilgili olan çalışmada ise bu eylem ile alakası olduğu düşünülen Broca alanı özellikle incelenmiştir.

Çalışmaların ortak ana bulguları: Bu tema altında ele alınan çalışmalarda, müziğin hem dinleme hem de çalma süreçlerinde özellikle prefrontal ve işitsel korteks bölgelerinde anlamlı hemodinamik tepkilere yol açtığı tespit edilmiştir. Müzikal uyaranların beyindeki etkileri; müzik türüne, uyaranın duygusal içeriğine, katılımcının cinsiyetine ve icra biçimine (pasif dinleme ya da aktif çalma) göre değişkenlik göstermektedir. Özellikle motivasyonel ve bireysel olarak tercih edilen müziklerin, prefrontal kortekste daha güçlü sinirsel yanıtlar oluşturduğu; bu etkinin erkek katılımcılarda daha belirgin olduğu bazı çalışmalarda vurgulanmıştır. Ayrıca, doğaçlama müzik icrası gibi yaratıcı eylemler, ölçülü çalmaya kıyasla daha yaygın ve yoğun kortikal aktivasyonlarla ilişkilendirilmiş, Broca bölgesi ve dorsolateral PFC gibi alanlarda artan sinirsel faaliyetler gözlemlenmiştir.

Çalışmaların güçlü ve zayıf yanları çeşitlilik arz etmektedir. En öne çıkanları sıralayacak olursak; güçlü yan olarak, daha fazla sayıda kişiyle veya çeşitli gruplarla çalışma yapılması, birden fazla müzik türünün etkilerinin incelenmesi, beyin görüntüleme dışında çeşitli ölçeklerle verilerin sağlamlasının yapılması gibi sebepler ifade edilebilir. Çalışmaların zayıf yanları ise, az sayıda kişiyle çalışma yapılması, yalnızca tek bir müzik türünün kullanılması veya katılımcıların tercihlerine göre müzik belirlenmemesi, yahut veri analizinde yalnızca oksijenlenmiş hemoglobinin (HbO) ele alınması şeklinde örneklendirilebilir.

Çalışmaların gelecek çalışmalara yönelik ortak önerileri, daha büyük katılımcı gruplarıyla çalışılması, daha fazla müzik türü kullanılması, kişisel farklılıkların ve müzik tercihlerinin dikkate alınması, diğer beyin bölgelerinin de incelenmesi veya farklı nörogörüntüleme araçlarıyla daha kapsayıcı beyin görüntüleme gerçekleştirilmesi şeklinde ifade edilebilir.

Çalışmaların başlıkları şunlardır:

- 1- Brain Melody Interaction: Understanding Effects of Music on Cerebral Hemodynamic Responses
- 2- Effects of long-term COVID-19 confinement and music stimulation on mental state and brain activity of young people.
- 3- fNIRS-Based Dynamic Functional Connectivity Reveals the Innate Musical Sensing Brain Networks in Preterm Infants
- 4- Hand motor learning in a musical context and prefrontal cortex hemodynamic response: a functional near infrared spectroscopy (fNIRS) study
- 5- How Does the Prefrontal Cortex “Listen” to Classical and Techno Music? A Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Study
- 6- How Motivational and Calm Music May Affect the Prefrontal Cortex Area and Emotional Responses: A Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Study
- 7- Profound Haemodynamic Response in the Prefrontal cortex Induced by Musical Stimuli

- 8- Lateralization of music processing with noises in the auditory cortex: an fNIRS study
- 9- Music and cortical blood flow: A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study
- 10- Prefrontal activation related to spontaneous creativity with rock music improvisation: A functional near-infrared spectroscopy study
- 11- Rock music improvisation shows increased activity in Broca's area and its right hemisphere homologue related to spontaneous creativity

Müzik Terapi ve Sağlık Uygulamaları

Bu temada çeşitli rahatsızlıkların iyileştirilmesi amacıyla müzik terapi uygulayan veya müziğin sağlıkla ilgili çeşitli amaçlarla kullanıldığı, örneğin belirli bir hastalığın teşhisinde müzik algılama testi yapılması gibi çalışmalar bulunmaktadır.

Prematüre doğan çocuklara müzik terapi uygulayan üç çalışmanın ikisinde bebeklere kuvvözde Mozart müziği dinletilmişken (Ren vd., 2019, 2021), diğerinde bebek, terapistin kucağına alınarak sakın bir sesle Alman ninnisi dinlemiştir (Scholkmann vd., 2024). Bir diğer çalışmada sağlıklı katılımcılara koklear implantı takan işitme kaybı yaşayan hastaların duyumunu simüle eden cızırtı ve gürültü içerikli müzik dinletilerek bunun beyinde aktive ettiği bölgeler incelenmiştir (Guo vd., 2019).

Müziğin ağrı dindirici özelliğini inceleyen iki çalışmanın birisi bel ağrısı yaşayan siyahi yaşlı bireylerin ağrılarına müziğin rahatlatıcı etkisini incelerken (Sorkpor vd., 2023), diğeri Miyofasiyal Ağrı Sendromu (kas ağrısı) hastalarının ağrılarına müziğin rahatlatıcı tesirini incelemiştir (Zhang vd., 2023). İki çalışmada da müzik uyarını öncesi ağrıyan bölgelerine profesyonel terapistler tarafından bası uygulanmış, bunun peşine dinlenen müziğin ağrıyla ortaya çıkan nöral aktiviteye etkisi incelenmiş.

Ayrıca beyin hasarlı kişilerin sağlıklı kontrol grubuyla karşılaştırıldığı müzik algısını değerlendiren bir çalışma (Jeong vd., 2018), otizmlili çocuklara faydalı olacak özel bir müzik terapi uygulaması geliştirmeyi amaçlayan; otizmlili ve normal gelişen çocukların (kontrol) karşılaştırıldığı bir müzik terapi çalışması (Shi vd., 2023), müzik terapinin majör depresyon hastaları üzerindeki etkisini araştıran bir çalışma (Feng vd., 2019), minimal biliş düzeyindeki hastaların bilinç düzeylerine olumlu etki edecek bir müzik terapi geliştirmeyi amaçlayan bir çalışma (Yin vd., 2024) ve kronik karaciğer hastalarının bilişsel gerilemesini tespit için müzikal kontur (seyir yönü) tanıma testi uygulayan bir çalışma da mevcuttur (Jo vd., 2020).

Temadaki çalışmalarda terapi söz konusu olduğundan olsa gerek, kişilerin kendi tercih ettiği müzikler daha fazla kullanılmıştır. Ayrıca kontur tanıma görevlerinde çıkıcı, inici ve düz seyreden basit melodiler, bazı terapilerde sade ve dinlendirici etkiye sahip müzikler, çeşitli duyguları tetikleyen müzikler ve klasik batı müziği kullanılmıştır.

Bu tema altında incelenen beyin bölgeleri daha fazla çeşitlilik arz etmektedir. Yine fNIRS çalışmalarının çoğunda olduğu gibi PFC ve alt bölgeleri en sık incelenen bölgeyi teşkil etmektedir. Ağrı ile ilgili çalışmalarda yine PFC, ayrıca motor korteks ve somatosensoryal bölgeler incelenmiştir. İşitme bozukluğu ile ilgili çalışmada işitsel korteksler, Mozart müziği dinletilen iki prematüre bebek çalışmasında frontal, temporal ve paryetal bölgeler incelenmiştir. Frontopolar ve dorsolateral bölgeler de diğer birkaç çalışmada incelenmiştir.

Tema altındaki çalışmalarda, müzik terapinin farklı hasta gruplarında çeşitli beyin bölgelerinde kayda değer etkiler oluşturduğu görülmüştür. Özellikle prefrontal korteks,

motor ve somatosensoryal bölgelerde müzik sonrası anlamlı aktivite değişimleri gözlenmiş, bu değişimler bazı çalışmalarda ağrı algısının azalması ve bilişsel işlevlerin gelişmesiyle ilişkilendirilmiştir. Prematüre bebeklerden depresyon hastalarına kadar birçok grupta müziğin nörofizyolojik fayda sağladığına dair bulgular bulunmuştur.

Çeşitli güçlü ve zayıf yanları olan çalışmalarda ortak güçlü yan olarak ilgili rahatsızlıkların tedavisinde müzik terapinin etkisini fNIRS ile inceleyip bu etkiyi kayıt altına almış olmaları, ortak zayıf yan olarak ise katılımcı sayılarının ilgili hasta grubunu temsil edecek yeterli sayıda olmaması şeklinde belirtilebilir.

Çalışmaların gelecek çalışmalara yönelik ortak önerileri, daha fazla sayıda katılımcı ile çalışmak, daha derin bölgelere nüfuz eden nörogörüntüleme araçlarıyla çekim yapmak, belirli hasta gruplarına yönelik belirli fNIRS çekim protokol standartları oluşturmak, farklı beyin bölgelerini de incelemek, farklı hasta gruplarıyla çalışarak ilgili etiklerin geçerliliğini doğrulamak şeklinde sıralanabilir.

Çalışmaların başlıkları şunlardır:

- 1- A study based on functional near-infrared spectroscopy: Cortical responses to music interventions in patients with myofascial pain syndrome
- 2- Assessing the impact of preferred web app-based music-listening on pain processing at the central nervous level in older black adults with low back pain: An fNIRS study
- 3- Creative music therapy in preterm infants effects cerebrovascular oxygenation and perfusion
- 4- Effects of different types of visual music on the prefrontal hemodynamics of children with autism spectrum disorder based on functional near-infrared spectroscopy
- 5- Effects of different frequencies music on cortical responses and functional connectivity in patients with minimal conscious state
- 6- Effects of music therapy on major depressive disorder: A study of prefrontal hemodynamic functions using fNIRS
- 7- Evaluation of the Effects of Mozart Music on Cerebral Hemodynamics in Preterm Infants
- 8- Evaluation of the Short-Term Music Therapy on Brain Functions of Preterm Infants Using Functional Near-Infrared Spectroscopy
- 9- High Oxygen Exchange to Music Indicates Auditory Distractibility in Acquired Brain Injury: An fNIRS Study with a Vector-Based Phase Analysis
- 10- Lateralization of processing spectrally-degraded music in the auditory cortex: An fNIRS study
- 11- Pitch Processing Can Indicate Cognitive Alterations in Chronic Liver Disease: An fNIRS Study

Müziğin Sosyal Etkileri ve Beyinler Arası Senkronizasyon

Bu temadaki çalışmalarda müziğin sosyal etkileşim üzerindeki etkileri ve beyinler arası senkronizasyon konuları incelenmiştir. Tema altında üç çalışma mevcuttur.

Macar besteci Béla Bartók'un keman düetini çalan kemancıların eserin gidişatında yer yer değişen lider ve takipçi rollerini müziğin gidişatından içgüdü ile sezip bu role uyum sağlamaları çalışmanın incelediği odak noktasıdır (Vanzella vd., 2019). Çalışmada iki kemancı da fNIRS ile beyin görüntülemesine tabi olup eş zamanlı çekim yapılmıştır. Bir diğer çalışmada fon müziği olarak kullanılan farklı duyguları tetikleyici özellikte

(hoş-hoş olmayan) ve farklı türden müziklerin grup yaratıcılığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır (Sarinasadat vd., 2019). Yine eş zamanlı fNIRS çekimi yapılan çalışmada pozitif ve yüksek tempolu müziğin grup iletişimini arttırdığı sonucuna ulaşırken beyinler arası senkronizasyon yani ortak nöral ağlar bulunamamıştır. Temadaki son çalışmada ise müzikal ritmin çeşitlerinin (vurgu farklı, hızlı, yavaş) kişilerarası uyum ve beyin senkronizasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada müzikal ritmin kişilerarası koordinasyonu ve beyin senkronizasyonunu özellikle orta frontal kortekste (MFC-medial frontal cortex) artırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Hu vd., 2022).

Çalışmaların birinde klasik batı müziği, bir diğerinde birbirine zıt duyguları (olumlu-olumsuz) hissettirecek dört farklı türde müzik kullanılmış, son çalışmada ise çeşitli hızlarda ve vurgularda müzikal ritimler kullanılmıştır.

Bu çalışmalarda daha çok motor korteks incelenmiş, sensorimotor korteks, temporoparietal junction, yine PFC'nin geneli ve alt bölgeleri ele alınmış, ayrıca bir çalışmada frontal korteksin geniş bir alanından veri toplanmıştır.

Çalışmaların ortak ana bulguları: keman çalışmasında takipçi rolündeki kemancıda daha yüksek beyin aktivitesi gözlenmiş, diğer iki çalışmada fon müziğinin kişilerarası uyumu artırdığı tespit edilmiştir. Ana bulgu olarak yine müziğin kayda değer bir etkisi olduğunu ifade edebiliriz. Bununla birlikte, her durumda beyinler arası senkronizasyonun net bir şekilde oluşmadığı da belirtilmiştir.

Çalışmaların ortak güçlü yanları çoklu fNIRS çekimi kullanmış olmalarıdır. Ayrıca çalışmalarda beyin görüntüleme dışında duygusal ölçekler de doldurulmuştur. Ortak zayıf yanları olarak ise az kişiyle yapılmış olmaları, yalnızca belli bölgelerden çekim almaları ve fNIRS'ın düşük uzamsal (mekânsal) çözünürlüğü şeklinde sıralanabilir.

Çalışmaların gelecek çalışmalara yönelik ortak önerileri, yine önceki temalara benzer şekilde bu temadaki çalışmalarda da daha fazla kişiyle çalışılması, daha farklı gruplarla çalışılması, farklı beyin bölgelerini de ele alan çalışmalar yapılması, farklı nöro görüntüleme araçlarıyla da çalışmalar yapılması şeklinde sıralanabilir.

Çalışmaların başlıkları şunlardır:

- 1- fNIRS Responses in Professional Violinists While Playing Duets: Evidence for Distinct Leader and Follower Roles at the Brain Level
- 2- Musical Meter Induces Interbrain Synchronization during Interpersonal Coordination
- 3- Music Valence and Genre Influence Group Creativity

Yöntemsel Yenilikler ve fNIRS Analitik Yaklaşımlar

Bu temadaki çalışmalarda da müziğin bilişsel yahut duygusal etkileri incelenmekle birlikte esas odak noktaları daha teknik detaylara inerek yöntemsel yenilikler önermektir.

Çalışmaların birinde müziğin beyinde meydana getirdiği etkileri yorumlayarak müzik tercih tahmini yapabilecek bir model geliştirilmeye çalışılmıştır (Yamada & Ono, 2019). Bir diğer çalışmada EEG ve fNIRS'ı bir arada kullanarak veri toplamadan analizine kadar kişinin kendi tercih ettiği müziğin beyindeki etkisini inceleyen yeni bir sistem kurgulamak amaçlanmıştır (Qui vd., 2022). Bir diğer çalışmada yine EEG ve fNIRS'ı bir arada kullanıp müziğin duygular üzerindeki düzenleyici etkisi kapsamlıca araştırılmıştır. Çalışmada EEG ile beyin elektriksel faaliyeti, fNIRS ile kan akış ölçümleri birlikte yorumlanarak beyin aktivitesi ve kan akışının eş zamanlı ölçümü

yapılmış, bu verilerle bir duygu tahmin sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada müziklerin duygusal etkilerini tahmin eden bu sistemin doğruluğu duygusal ölçeklerle karşılaştırılarak test edilmiş ve büyük oranda başarılı sonuç verdiği ifade edilmiştir (Li vd., 2024). Temadaki son çalışmanın amacı ise fNIRS verilerini yorumlamada kullanılan iki istatistiksel yaklaşımı birleştirerek yeni bir analiz yöntemi oluşturmaktır (Da Silva Ferreira Barreto vd., 2020).

Çalışmalardan birinde Wagner'in operalarından enstrümantal bölümler dinletilmiş, iki çalışmada kişilerin tercihlerine dayanan müzikler dinletilmiştir. Duygu tahmin sistemi geliştiren çalışmada ise 8 duyguyu temsil eden 27 müzik parçası kullanılmıştır. Bu duygulardan bazıları; hoş, korkutucu, enerji dolu, öfkeli şeklindedir.

Dört çalışmada da prefrontal korteks kullanılmıştır. Bunların yanında temporal korteks, işitsel korteks (auditory cortex), anterior singulat korteks, insula ve oksipital lob incelenen diğer beyin bölgeleridir.

Bu temadaki çalışmalarda müzikle ilişkili beyin verilerini analiz etmek için yeni teknik yaklaşımlar geliştirilmiş ve bu yaklaşımların oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Her bir çalışmada geliştirilen yöntemlerin geçerliliği fNIRS aracıyla gerçekleştirilen müzik deneyleri üzerinden kontrol edilmiş, yüksek yüzdeyle başarılı oldukları saptanmıştır. Özellikle kişisel müzik tercihleri ve duyguların beyin oksijenlenmesi verileriyle yüksek doğrulukla tahmin edilebildiği, negatif duyguların ise nörofizyolojik olarak daha güçlü tepkiler oluşturduğu saptanmıştır. Geliştirilen modellerin hem bireysel farklılıkları hem de müziğin taşıdığı duygusal özellikleri ayırt etmede etkili olduğu belirtilmiştir.

Çalışmaların belirtebileceğimiz ortak güçlü yan çalışmalarda kullanılan detaylı teknik ve yöntemsel çalışmalardır. EEG ve fNIRS verilerinin eş zamanlı kaydedilmesi ve analiz edilmesi, kişiselleştirilmiş duygu sınıflandırma ve müzikal tercih tahmin modellerinde yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir. Ortak zayıf yanları ise kısıtlı beyin bölgelerinin incelenmesi, sınırlı katılımcı sayısına sahip olmaları şeklinde özetleyebiliriz.

Bu temadaki çalışmaların da ortak önerileri daha fazla beyin bölgesini kapsayan çalışmaların yapılması, daha geniş katılımcı gruplarının kullanılması, kişisel müzik tercihlerinin üzerinde durulması ve daha fazla müzik türü kullanarak çalışmalar yapılması şeklindedir.

Çalışmaların başlıkları şunlardır:

- 1- Combining the intersubject correlation analysis and the multivariate distance matrix regression to evaluate associations between fNIRS signals and behavioral data from ecological experiments
- 2- Detection of Music Preferences using Cerebral Blood Flow Signals
- 3- EEG-fNIRS-based Music Emotion Decoding and Individualized Music Generation
- 4- Multi-Modal Integration of EEG-fNIRS for Characterization of Brain Activity Evoked by Preferred Music

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu derleme çalışmasında, fNIRS nörogörüntüleme aracı kullanılarak müziğin beyindeki etkilerini inceleyen 40 deneysel çalışma kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmaların genel özellikleri betimsel analizlerle ortaya konulmuş ve tematik bir yaklaşımla içerik analizi uygulanmıştır. İncelenen çalışmalar; müziğin bilişsel işlevleri,

nörofizyolojik ve duygusal etikleri, müzik terapi ve sağlık uygulamaları, sosyal etkiler ve beyinler arası senkronizasyon ile yöntemsel yenilikler ve fNIRS analitik yaklaşımları olmak üzere beş ana tema altında tasnif edilmiştir.

Derleme sonucunda, fNIRS ile yapılan deneysel müzik araştırmalarının son yıllarda önemli bir ivme kazandığı görülmüştür. Çalışmaların büyük çoğunluğu Çin, Japonya, Brezilya ve Güney Kore gibi ülkelerde gerçekleştirilmiştir. Katılımcı profilleri geniş bir yelpazede çeşitlilik arz etmekle birlikte, sağlıklı genç yetişkinler en yaygın grubu teşkil etmektedir. Çoğu çalışmada deney tasarımı olarak blok tasarımı tercih edilmiş ve çalışmalarda çeşitli fNIRS cihazları kullanılmıştır. Müzikal uyaranlar açısından klasik batı müziği en sık kullanılan tür olmakla birlikte farklı türler ve belli amaçlara yönelik müzikler ile müzikal sesler (frekans ve ritim gibi) de çalışmalarda yer almıştır. Çalışmalarda incelenen beyin bölgelerinden en sık ele alınan PFC ve alt bölgeleridir.

Tematik analizler, müziğin bilişsel işlevler üzerinde çeşitli etkileri olduğunu, özellikle prefrontal korteks aktivitesine etki ederek çalışma belleği, dikkat ve inhibisyon kontrolü gibi beynin yürütücü işlevlerine olumlu katkı sağlayabileceğini göstermiştir. Müziğin nörofizyolojik ve duygusal etkilerini ele alan temada, farklı müzik türlerinin beyinde farklı faaliyetlere yol açtığı ve duygusal tepkileri etkilediği tespit edilmiştir. Müzik terapi uygulamaları, çeşitli rahatsızlıkların iyileştirilmesinde ve semptomların hafifletilmesinde müziğin potansiyel faydalar sunabileceğini ortaya koymuştur. Sosyal etkiler ve beyinler arası senkronizasyon teması altında, müziğin sosyal etkileşimi ve grup işleyişini etkileyebileceği görülmüştür. Yöntemsel yenilikler teması ise, fNIRS verilerinin toplanması ve analizine yönelik yeni yaklaşımların geliştirilmesine odaklanmıştır.

Genel olarak, ele alınan çalışmalar müziğin beyindeki çeşitli etkilerini ortaya koymakla birlikte, bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Bunlar arasında küçük katılımcı sayıları, sınırlı beyin bölgelerinin incelenmesi, belirli müzik türlerine odaklanılması ve kişisel farklılıkların ve kültürel arka planın yeterince göz önünde bulundurulmaması dile getirilebilir. Ayrıca fNIRS çekim ve analiz yöntemlerinde çeşitli birçok yaklaşım kullanılması dikkat çekmektedir. Yine 40 çalışmadan yalnızca 4'ü müzikal icra çalışmalarından oluşmaktadır. Ele alınan çalışmaların gelecek çalışmalara yönelik önerilerinden bazıları; daha geniş katılımcı gruplarıyla çalışılması, farklı müzik türlerinin ve kişisel müzik tercihlerinin değerlendirilmesi, daha fazla beyin bölgesinin incelenmesi ve farklı nörogörüntüleme araçlarının kullanılması şeklindedir.

Bu bulgular doğrultusunda gelecekte yapılacak çalışmalara yönelik şu önerilerde bulunulabilir:

1- fNIRS çekim ve analiz protokollerinde (kanal yerleşimi, müzikal uyaran sunum süreleri, deney tasarımı vb.) standartlaşmaya gidilmesi daha tutarlı ve karşılaştırılabilir sonuçların üretilmesine yardımcı olacaktır. Bu standartlaşma yalnızca fNIRS protokollerinde değil, uyaran olarak verilen müziğin türü üzerinde de uygulanabilir. Örneğin aynı tür müziğin çeşitli yönleriyle birçok katılımcı profiline uygulanması ile bu tür hakkında daha genellenebilir bulguların ortaya çıkıp etkilerinin belirli bir çerçeveye oturtulmasını kolaylaştırabilir.

2- Çeşitli müzikal koşulların kullanımı, söz gelimi alanda daha baskın tercih edilen müzikal dinleme deneylerinin yanı sıra çalma-söyleme gibi icra çalışmalarına da gereken ilginin gösterilmesi bu etkinliklerin altında yatan nöral bağlantıların daha genellenebilir şekilde ortaya çıkmasına yardımcı olacaktır.

3- Çeşitli müzik türlerinin ve çeşitli kültürlerin müziklerinin kullanımı. Örneğin Türkiye’de yaşayan bireyler üzerinde makam müziğinin etkilerinin araştırılması, bu müziğin beyinde meydana getirdiği etkilerin gün yüzüne çıkmasını sağlayacaktır. Alanda daha baskın olarak klasik batı müziğinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Yalnızca Türk müziği özelinde değil, tüm kültür ve medeniyetlerin müziklerinin çeşitli yönler ve etkileriyle detaylıca araştırılması, bunun yerlilere ve yabancılara olan tesirlerinin ortaya çıkarılması ile deney protokolü itibarıyla standardize edilmiş çalışmalardan oluşan küresel bir müzik-beyin atlasında bir araya getirilmesi devrim niteliğinde büyük bir çalışma olabilir. Bu elbette bir kişi veya grubun değil, dünyanın her yerinden çeşitli araştırma gruplarının ortak bir amaçla inşa edebileceği bir hedef olabilir.

4- Bireysel farklılıklar açısından, müzikal eğitim, yaş, kişilik özellikleri ve duyu durumunun fNIRS yanıtlarına etkisini araştıran daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

5- Çalışmamızda deneysel fNIRS çalışmalarına katılan ortalama kişi sayısı 24 olarak bulunmuştur. Daha fazla katılımcı sayısına sahip, çeşitli sağlıklı ve hasta gruplarını inceleyen çalışmaların gerçekleştirilmesi daha genellenebilir bulgulara ulaşmayı kolaylaştıracaktır.

6- Son olarak çalışmaların çoğunda kısıtlı sayıda beyin bölgesi incelenmiştir. Oysa beynin müzikle ilgili karmaşık ağlarını anlayabilmek için daha geniş alanlardan veri toplayan çalışmalara ihtiyaç vardır. EEG-fNIRS kombinasyonunda olduğu gibi çeşitli araçların bir arada kullanıldığı çoklu yaklaşımlar, fNIRS ve fMRI gibi farklı araçların bir arada veya sıralı kullanılması gibi çalışmalar ve mekânsal çözünürlüğü artırmak için fNIRS alıcı ve vericilerinin daha sık aralıklı olarak konumlandırıldığı çalışmalar önerilebilir. Bununla birlikte bu önerilerin gerçekleştirilmesinde maliyet, teknik zorluk, yoğun planlama ve iş yükü gibi karşılaşılabilecek olumsuzluklar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu derleme çalışması, fNIRS aracıyla gerçekleştirilen müzik araştırmalarının mevcut durumunu ve eğilimlerini ortaya koyarak alana önemli bir katkı sunmaktadır. fNIRS, doğala yakın deney ortamlarında kullanılmaya uygunluğu ve nörogörüntülemeledeki işlevselliği sayesinde, müziğin insan beynindeki çok boyutlu etkilerini incelemeye güçlü ve yaygın olarak tercih edilen bir araçtır. Elde edilen bulguların, gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalara yön vermesi ve müziğin beyin üzerindeki etkilerinin daha derinlikli ve kapsamlı biçimde anlaşılmasına katkı sağlaması umulmaktadır.

Etik İlkeler

Gerçekleştirilen bu derleme çalışması için etik kurul izni gerekmemektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Çalışma tek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Çatışma Beyanı

Bu araştırmmanın yazarı tarafından herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması belirtilmemiştir.

KAYNAKÇA

- Alves Heinze, R., Vanzella, P., Zimeo Morais, G. A., & Sato, J. R. (2019). Hand motor learning in a musical context and prefrontal cortex hemodynamic response: A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *Cognitive Processing*, 20(4), 507-513. <https://doi.org/10.1007/s10339-019-00925-y>
- Bicciato, G., Keller, E., Wolf, M., Brandi, G., Schulthess, S., Friedl, S. G., Willms, J. F., & Narula, G. (2021). Increase in Low-Frequency Oscillations in fNIRS as Cerebral Response to Auditory Stimulation with Familiar Music. *Brain Sciences*, 12(1), 42. <https://doi.org/10.3390/brainsci12010042>
- Bigliassi, M., Barreto-Silva, V., Altimari, L. R., Vandoni, M., Codrons, E., & Buzzachera, C. F. (2015). How Motivational and Calm Music May Affect the Prefrontal Cortex Area and Emotional Responses: A Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Study. *Perceptual and Motor Skills*, 120(1), 202-218. <https://doi.org/10.2466/27.24.PMS.120v12x5>
- Bigliassi, M., Barreto-Silva, V., Kanthack, T. F. D., & Altimari, L. R. (2014). Music and cortical blood flow: A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *Psychology & Neuroscience*, 7(4), 545-550. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2014.4.13>
- Bigliassi, M., León-Domínguez, U., & Altimari, L. R. (2015). How does the prefrontal cortex “listen” to classical and techno music? A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *Psychology & Neuroscience*, 8(2), 246-256. <https://doi.org/10.1037/h0101064>
- Curzel, F., Tillmann, B., & Ferreri, L. (2024). Lights on music cognition: A systematic and critical review of fNIRS applications and future perspectives. *Brain and Cognition*, 180, 106200. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2024.106200>
- Çağman, T. (2021). Türkiye’de Nöro-Müzikoloji Alanında Yapılmış Çalışmalara Dair Literatür Değerlendirmesi. *Online Journal of Music Sciences*, 118-126. <https://doi.org/10.31811/ojomus.953529>
- Da Silva Ferreira Barreto, C., Zimeo Morais, G. A., Vanzella, P., & Sato, J. R. (2020). Combining the intersubject correlation analysis and the multivariate distance matrix regression to evaluate associations between fNIRS signals and behavioral data from ecological experiments. *Experimental Brain Research*, 238(10), 2399-2408. <https://doi.org/10.1007/s00221-020-05895-8>
- Ding, K., Li, J., Li, X., & Li, H. (2024). Understanding the Effect of Listening to Music, Playing Music, and Singing on Brain Function: A Scoping Review of fNIRS Studies. *Brain Sciences*, 14(8), 751. <https://doi.org/10.3390/brainsci14080751>
- Erol, A. (2021). Derleme yazmanın temel ilkeleri. *Archives of Neuropsychiatry*, 59 (1), 1-2. <https://doi.org/10.29399/npa.28093>
- Feng, K., Shen, C.-Y., Ma, X.-Y., Chen, G.-F., Zhang, M.-L., Xu, B., Liu, X.-M., Sun, J.-J., Zhang, X.-Q., Liu, P.-Z., & Ju, Y. (2019). Effects of music therapy on major depressive disorder: A study of prefrontal hemodynamic functions using fNIRS. *Psychiatry Research*, 275, 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.03.015>
- Ferreri, L., Aucouturier, J.-J., Muthalib, M., Bigand, E., & Bugaiska, A. (2013). Music improves verbal memory encoding while decreasing prefrontal cortex activity: An

- fNIRS study. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00779>
- Ferreri, L., Bigand, E., Bard, P., & Bugaiska, A. (2015). The Influence of Music on Prefrontal Cortex during Episodic Encoding and Retrieval of Verbal Information: A Multichannel fNIRS Study. *Behavioural Neurology*, 2015, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2015/707625>
- Ferreri, L., Bigand, E., Perrey, S., Muthalib, M., Bard, P., & Bugaiska, A. (2014). Less Effort, Better Results: How Does Music Act on Prefrontal Cortex in Older Adults during Verbal Encoding? An fNIRS Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00301>
- Fukuie, T., Suwabe, K., Kawase, S., Shimizu, T., Ochi, G., Kuwamizu, R., Sakairi, Y., & Soya, H. (2022). Groove rhythm stimulates prefrontal cortex function in groove enjoyers. *Scientific Reports*, 12(1), 7377. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11324-3>
- Guo, Z., Ma, T., & Chen, F. (2019). Lateralization of processing spectrally-degraded music in the auditory cortex: An fNIRS study. *2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2981-2984. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856756>
- Hu, Y., Zhu, M., Liu, Y., Wang, Z., Cheng, X., Pan, Y., & Hu, Y. (2022). Musical Meter Induces Interbrain Synchronization during Interpersonal Coordination. *Eneuro*, 9(5), ENEURO.0504-21.2022. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0504-21.2022>
- Imamura, Y. (2018). *Profound Haemodynamic Response in the Prefrontal cortex Induced by Musical Stimuli*.
- Jeong, E., & Ryu, H. (2016). Melodic Contour Identification Reflects the Cognitive Threshold of Aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00134>
- Jeong, E., Ryu, H., Jo, G., & Kim, J. (2018). Cognitive Load Changes during Music Listening and its Implication in Earcon Design in Public Environments: An fNIRS Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2075. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102075>
- Jeong, E., Ryu, H., Shin, J.-H., Kwon, G. H., Jo, G., & Lee, J.-Y. (2018). High Oxygen Exchange to Music Indicates Auditory Distractibility in Acquired Brain Injury: An fNIRS Study with a Vector-Based Phase Analysis. *Scientific Reports*, 8(1), 16737. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35172-2>
- Jo, G., Kim, Y.-M., Jun, D. W., & Jeong, E. (2020). Pitch Processing Can Indicate Cognitive Alterations in Chronic Liver Disease: An fNIRS Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 535775. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.535775>
- Leman, M. (1999). Relevance of neuromusicology for music research. *Journal of New Music Research*, 28(3), 186–199. <https://doi.org/10.1076/jnmr.28.3.186.3110>
- Li, H., Zeng, Y., Bai, Z., Li, W., Wu, K., & Zhou, J. (2024). EEG-fNIRS-Based Music Emotion Decoding and Individualized Music Generation. *2024 5th International Conference on Intelligent Computing and Human-Computer Interaction (ICHCI)*, 394-397. <https://doi.org/10.1109/ICHCI63580.2024.10808139>

- Luo, L., Shan, M., Zu, Y., Chen, Y., Bu, L., Wang, L., Ni, M., & Niu, W. (2022). Effects of long-term COVID-19 confinement and music stimulation on mental state and brain activity of young people. *Neuroscience Letters*, 791, 136922. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2022.136922>
- Machado, A., Cai, Z., Vincent, T., Pellegrino, G., Lina, J.-M., & Grova, C. (2021). Deconvolution of hemodynamic responses along the cortical surface using personalized functional near infrared spectroscopy. *Scientific Reports*, 11, 5964. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85386-0>
- Misumi, M., Oori, H., Sharmin, T., Mishima, K., & Nishihara, K. (2016). Cerebral Blood Oxygenation Change in a Hearing Music Task Measured with fNIRS. *The Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Application Engineering 2016*, 438-442. <https://doi.org/10.12792/iciae2016.079>
- Özer, A., & Görgülü, Z. (2021). Bir bilimsel derlemenin planlanması ve yazımı. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(3), 698-713. <https://doi.org/10.17556/erziefd.819971>
- Qiu, L., Zhong, Y., Xie, Q., He, Z., Wang, X., Chen, Y., Zhan, C. A., & Pan, J. (2022). Multi-Modal Integration of EEG-fNIRS for Characterization of Brain Activity Evoked by Preferred Music. *Frontiers in Neurobotics*, 16, 823435. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2022.823435>
- Rahman, J. S., Caldwell, S., Jones, R., & Gedeon, T. (2022). Brain Melody Interaction: Understanding Effects of Music on Cerebral Hemodynamic Responses. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(5), 35. <https://doi.org/10.3390/mti6050035>
- Ren, H., Jiang, X., Meng, L., Lu, C., Wang, L., Dai, C., & Chen, W. (2022). fNIRS-Based Dynamic Functional Connectivity Reveals the Innate Musical Sensing Brain Networks in Preterm Infants. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 30, 1806-1816. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3178078>
- Ren, H., Jiang, X., Xu, K., Zou, L., Wang, L., Lu, C., Liu, X., & Chen, W. (2019). Evaluation of the Effects of Mozart Music on Cerebral Hemodynamics in Preterm Infants. *2019 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/BIOCAS.2019.8919100>
- Ren, H., Zou, L., Wang, L., Lu, C., Yuan, Y., Dai, C., & Chen, W. (2021). Evaluation of the Short-Term Music Therapy on Brain Functions of Preterm Infants Using Functional Near-Infrared Spectroscopy. *Frontiers in Neurology*, 12, 649340. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.649340>
- Santosa, H., Hong, M. J., & Hong, K.-S. (2014). Lateralization of music processing with noises in the auditory cortex: An fNIRS study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00418>
- Sarinasadat, H., Hattori, Y., Miyake, Y., & Nozawa, T. (2019). Music Valence and Genre Influence Group Creativity. İçinde D. Harris (Ed.), *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics* (C. 11571, ss. 410-422). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22507-0_32

- Scholkmann, F., Haslbeck, F., Oba, E., Restin, T., Ostojic, D., Kleiser, S., Verbiest, B. C. H., Zohdi, H., Wolf, U., Bassler, D., Bucher, H. U., Wolf, M., & Karen, T. (2024). Creative music therapy in preterm infants effects cerebrovascular oxygenation and perfusion. *Scientific Reports*, 14(1), 28249. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75282-8>
- Shi, S., Wang, J., Wang, Y., Wang, H., Zhang, Q., & Qie, S. (2023). Effects of different types of visual music on the prefrontal hemodynamics of children with autism spectrum disorder based on functional near-infrared spectroscopy. *Translational Pediatrics*, 12(2), 162-171. <https://doi.org/10.21037/tp-22-693>
- Sorkpor, S. K., Montero-Hernandez, S., Miao, H., Pollonini, L., & Ahn, H. (2023). Assessing the impact of preferred web app-based music-listening on pain processing at the central nervous level in older black adults with low back pain: An fNIRS study. *Geriatric Nursing*, 54, 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2023.09.005>
- Suda, M., Morimoto, K., Obata, A., Koizumi, H., & Maki, A. (2008). Cortical responses to Mozart's sonata enhance spatial-reasoning ability. *Neurological Research*, 30(9), 885-888. <https://doi.org/10.1179/174313208X319143>
- Tachibana, A., Noah, J. A., Ono, Y., Irie, S., Tatsumoto, M., Taguchi, D., Tokuda, N., & Ueda, S. (2024). Rock music improvisation shows increased activity in Broca's area and its right hemisphere homologue related to spontaneous creativity. *BMC Research Notes*, 17(1), 61. <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06727-6>
- Tachibana, A., Noah, J. A., Ono, Y., Taguchi, D., & Ueda, S. (2019). Prefrontal activation related to spontaneous creativity with rock music improvisation: A functional near-infrared spectroscopy study. *Scientific Reports*, 9(1), 16044. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52348-6>
- Vanzella, P., Balardin, J. B., Furucho, R. A., Zimeo Morais, G. A., Braun Janzen, T., Sammler, D., & Sato, J. R. (2019). fNIRS Responses in Professional Violinists While Playing Duets: Evidence for Distinct Leader and Follower Roles at the Brain Level. *Frontiers in Psychology*, 10, 164. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00164>
- Yamada, Y., & Ono, Y. (2019). Detection of Music Preferences using Cerebral Blood Flow Signals. *2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 490-493. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856351>
- Yin, J., Xu, G., Xie, H., Liu, Y., Dou, Z., Shao, B., & Li, Z. (2024). Effects of different frequencies music on cortical responses and functional connectivity in patients with minimal conscious state. *Journal of Biophotonics*, 17(5), e202300427. <https://doi.org/10.1002/jbio.202300427>
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (8. Baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Zhang, J., Shi, P., Du, J., & Yu, H. (2023). A study based on functional near-infrared spectroscopy: Cortical responses to music interventions in patients with myofascial pain syndrome. *Frontiers in Human Neuroscience*, 17, 1119098. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1119098>

Zheng, M., Lin, H., & Chen, F. (2020). An fNIRS Study on the Effect of Music Style on Cognitive Activities. *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, 3200-3203. <https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9176441>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Music has coexisted with humanity throughout history, appearing in every era and culture. With the advancement of neuroimaging technologies, the effects of music on the human brain can now be observed objectively and systematically. Neuromusicology, the discipline that investigates these phenomena, focuses on the neural basis of music-related behaviours, including encoding, functional mapping, and dynamics in the brain (Leman, 1999). Among the tools used in this field, functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) stands out due to its suitability for ecologically valid experimental designs and tolerance to motion artifacts. fNIRS is a non-invasive neuroimaging technique that detects hemodynamic changes in cortical brain regions by measuring variations in oxygenated (HbO) and deoxygenated haemoglobin (HbR) concentrations, thus providing insights into neural activity (Machado et al., 2021). This feature makes it highly suitable for studying various aspects of musical experience, such as listening, performance, education, and emotional responses to music.

The present review aims to systematically compile peer-reviewed studies that employ fNIRS in music research. The objective is to assess current trends, methodological preferences, and findings within the literature, and to present an overview of the field's development. Additionally, this review addresses the lack of comprehensive Turkish-language literature on this topic and seeks to introduce this research field to Turkish scholars.

Method

This study is a narrative review focusing on peer-reviewed experimental research using fNIRS to examine music-related processes. Only primary sources—original articles and conference papers—were included. Theses, reviews, editorials, book chapters, and other secondary sources were excluded. The literature search was conducted on January 27–28, 2025, using databases such as Web of Science, PubMed, Scopus, SpringerLink, and others. The search terms included "fNIRS OR NIRS OR functional Near Infrared Spectroscopy AND music OR music cognition OR music perception." The final sample consisted of 40 studies selected from an initial pool of 88 based on predefined inclusion criteria.

Key data from the selected studies were systematically recorded in an Excel spreadsheet, including details such as country of study, participant demographics, fNIRS device, experimental design, musical stimuli, brain regions examined, and main findings. A thematic content analysis was then applied to categorize the studies into five thematic areas: cognitive functions, neurophysiological and emotional effects, music therapy and health applications, social effects and inter-brain synchronization, and methodological innovations.

Findings

The 40 reviewed studies span from 2008 to 2024 and show an increasing trend in research using fNIRS for music studies, especially in countries like China, Japan, Brazil, and South Korea. Most participants were healthy young adults, with an average group size of 24 individuals. Block design was the most common experimental method, and the musical stimuli varied widely—from classical Western music to personalized selections, synthetic sounds, and rhythmic patterns.

Thematic analysis revealed that music has various cognitive, emotional, and physiological effects. In studies focusing on cognitive functions, music often improved memory and attention by modulating prefrontal cortex activity. Emotional response studies showed that different genres elicited different brain activation patterns. Music therapy applications suggested potential benefits for pain relief, mood improvement, and neural stimulation in clinical populations. Some studies demonstrated that music could facilitate social interaction and inter-brain synchronization. Additionally, new analytical techniques and multimodal imaging approaches were proposed in methodological innovation studies.

Conclusion and Discussion

This review identifies a growing interest in using fNIRS to explore music's effects on the brain, with a notable concentration in East Asian and South American research communities. While classical Western music predominates as a stimulus, the inclusion of diverse genres and participant backgrounds is increasing. fNIRS proves to be a valuable tool for naturalistic and ecologically valid research designs in music neuroscience.

The field would benefit from standardization in experimental protocols, broader participant diversity, and integration with other imaging modalities like EEG. Furthermore, expanding research to include underrepresented musical traditions and individual differences will enrich our understanding of the neural basis of musical experience.