

Müzikal doğaçlamanın nörobiyolojisine giden yolda; caz mı, taksim mi?

Leyla Rüveyde Şenyüz



Yeditepe Üniversitesi Psikolojik Danışmanlık ve Rehberlik Bölümünden mezun oldu (2018). İstanbul Medipol Üniversitesi Rejeneratif ve Restoratif Tıp Araştırmaları Merkezi (REMER) sinirbilim departmanında ve Medipol Mega Üniversite Hastanesi nöroloji ünitesinde bilimsel çalışmalara katkıda bulundu. Şenyüz ayrıca çeşitli kurumlarda Türk Musikisi eğitimi olarak solistik yaptı, TRT İstanbul Radyosu Türk Sanat Müziği Gençlik Korosu'nda 3 sene korist olarak yer aldı. Türk Müziği ile sinirbilim çalışmalarını ortak paydada buluşturan araştırmalar yapmaktadır.

Prof. Dr. Hanefi Özbek



1965'te Sivas'ta doğdu. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesini bitirdi (1991). Van Kapalı Cezaevine tabip olarak atandı (1991). Van Türk Musikisi Derneğini kurdu (1993). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Müzik Eğitimi Bölümü'nün kuruluşunda görev aldı (1994). Farmakoloji ve Toksikoloji doktorasının ardından (1998) Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesinde yardımcı doçent doktor olarak göreve başladı (1998). Sağlık Bakanlığı'na İlaç ve Eczacılık Genel Müdür Yardımcısı olarak geçti (2008). Tıbbi farmakoloji alanında doçent unvanını aldı (2011). İstanbul Medipol Üniversitesinde Sağlık Hizmetleri MYO Müdürlüğü ve Tıp Fakültesi Öğretim Üyeliği yaptı. Halen İzmir Bakırçay Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanı olarak görev yapmaktadır.

Prof. Dr. Lütfü Hanoğlu



1962'de Manisa'da doğdu. 1985'te Ege Üniversitesi Tıp Fakültesinden mezun oldu. Nöroloji ihtisası yaptığı Bakırköy Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanesinde Nöropsikoloji Laboratuvarı ve Davranış Nörolojisi Konsültasyon Polikliniğini kurdu ve yönetti. 2000 yılından itibaren devlet hizmetinden ayrılarak özel sektörde çalışmaya başladı. Hanoğlu, halen Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Ana Bilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Yaratıcılık becerisi, kendimize özgü yeteneklerimizi farklı şekillerde ifade etmenin en cazip yollarından biridir. Yaratıcılığın çok boyutlu bir fenomen olması, ilgili disiplinlerin dinamik temeller üzerinde farklı açılardan incelenmesine olanak sağlamıştır. Bu bağlamda yaratıcılığın felsefe, psikoloji, güzel sanatlar ve sosyal bilimlerle ilişkisinin araştırılması sonucunda çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. XIX. yüzyıla kadar yaygın olarak güzel sanatlar ile ilişkilendirilen yaratıcılık kavramı, çoğunlukla mistik bir çerçevede değerlendirilmiştir. Günümüzde nörobilimin bilimsel perspektif ile ortaya koyduğu yaklaşımlar, yaratıcılığı kognitif temeller ve nöral bağlantılar ile açıklamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda nörobilim; hem teorik hem

pragmatik (eğitimin bu yoldan yeniden düzenlenmesi gibi) sonuçları olacak bir yol izlemektedir.

Yaratıcılık ele alınıp biçimine göre; bireye ait özellik, içinde bulunduğu süreç ve ortaya çıkan ürün açısından üç bileşene göre değerlendirilebilmektedir. Ürün bileşeni açısından müzikal yaratıcılık; doğaçlama, besteleme, var olan esere özgün yorumlama getirme şeklinde açıklanabilir. Bireye ait özellik açısından müzikal yaratıcılık; özgün olanı düşünebilme, yeni ve orijinal müzik kompozisyonunu ortaya koyabilme kapasitesi olarak değerlendirilir. Süreç açısından müzikal yaratıcılık ise yaratma yetisinin arkasındaki nörobiyolojik temelleri ortaya koyma üzerine temellenir. Son yüzyılda müzikal yaratıcılığın geliştirilebilmesine ilişkin birçok araştırma yayımlanmıştır.

Nörobilim ve Müzikte Yaratıcılık

İnsanlık tarihinin ilk dönemlerinden itibaren oldukça ilgi çeken alanlardan biri olan müzik, teknolojinin de gelişmesiyle nörobilim araştırmalarına konu olmuştur. Non-invasiv nörogörüntüleme tekniklerinin ilerlemesi, beyin araştırmalarının radikal değişimlerinden biri olurken aynı zamanda müzik ile beyin ilişkisinin incelenmesine olanak sağlamıştır. Bu araştırmaların temel kapsamı, müzisyenin müzik icra ettiği esnada veya bir dinleyicinin müzik dinlediği esnada beyinlerinde neler olup bittiğinin anlaşılması üzerinedir. Bu amaçla müzikal yaratıcılığın nörobiyolojik çerçeveden inceleniyor oluşu, daha öncesinde tahmin bile edilemeyen yeni ufuklar açmıştır.



Bu tekniklerden bazıları; PET (pozitron emisyon tomografi), radyoaktif işaretleyicinin damara enjekte edilmesi ve sonra bunun beyinin yapılan işle ilgili bölgelerinde birikmesinin izlenmesine dayanırken, MEG (*magnetoencephalography*), nöronların elektriksel aktivitesiyle oluşan manyetik alanı ölçer. fMRI (*functional magnetic resonance imaging*), kullandığı özel bir teknik ile beyinde kanın oksijenlenme seviyesine (BOLD) bağlı bölgesel kan akımı değişimlerini ölçerken, fNIRS (*functional near infrared spectroscopy*) benzer bir yolla kortikal düzeyde bölgesel kan akımı değişikliklerini ölçer. En eski yöntemlerden biri olan EEG (*electroencephalography*) ise beyinde nöronların ürettiği elektriksel aktiviteyi hesaplamaktadır.

Nörogörüntüleme teknikleri her geçen gün biraz daha gelişim gösterirken Türk Müziği ile nörobilim çalışmalarının interdisipliner olarak incelenmesi konusunda ciddi eksiklik görülmektedir. Günümüzde en yaygın biyomedikal veri tabanı olan PubMed, müzik başlığı altında 27 bin 523 sonuç verirken bunlardan sadece 46'sı Türk Müziği ile ilgilidir. Oysa Klasik Türk Müziği'nde yer alan bazı formların, müzikal yaratıcılığın nörobiyolojisini araştırma konusunda oldukça uygun modeller oluşturabileceğini düşünmekteyiz.

Eğitilmiş müzisyenler için müzik icra etmek zaman içerisinde ve sık tekrar edilmeye bağlı olarak neredeyse otomatize olmuş motor bir faaliyet şeklini alabilir. Yürümek, koşmak, piyano çalmak gibi harekete bağlı olan fonksiyonlar, beyinde motor ve premotor bölgeleri aktive eder. Müzisyenlerin

enstrüman icra ederken el, ayak ve parmak hareketlerine bağlı yaptıkları hareketlerin, müzisyen olmayan kişilere kıyasla kortikal açıdan bir farklılık oluşturup oluşturmayacağı sorusunu inceleyen bir araştırmada, müzisyenlerin beyinlerinin sağ tarafındaki motor liflerin daha yüksek aktivasyon gösterdiğini bulunmuştur. Benzer şekilde; müzisyenlerde işitsel-duysal motor alanın müzisyen olmayanlara göre daha yüksek aktivasyon gösterdiği bildirilmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere; enstrüman icra ederken sık ve devamlı tekrar eden hareketler dizisi, motor bölgede sinirler arası bağlantıların artmasına sebep olmaktadır. Bunun bir sonucu olarak motor becerilerin gelişmesi, kişiye motor hareketleri yapma esnasında hız, hassasiyet ve otomatiklik kazandırır. Bu durumu, profesyonel piyanistler ile müzisyen olmayanların karşılaştırıldığı bir çalışmayla detaylandırmak mümkündür. Enstrüman üzerinde sık ve devamlı tekrar ile gelişen yüksek motor beceriler, profesyonel piyanistlerin iki ve tek el ile ritim vurma esnasında daha az efor sarf etmesine; müzisyen olmayanların ise aynı görevde daha fazla zorluk çekmesine sebep olmuştur. İlginçtir ki bunun sonucu olarak profesyonel piyanistler birincil ve ikincil motor alanlarda daha az nöral bağlantılar kurarken; müzisyen olmayanlar daha çok efor sarf ettiklerinden M1, SMA, pre-SMA gibi beyin motor alanlarında daha yüksek aktivasyonlar göstermiştir. Bu durum, müzisyenlerin daha az nöral ağ kullanarak motor hareketleri daha verimli kullanabilmeleri ile açıklanmaktadır. Müzikal görevler esnasında motor hareketlerin buradaki önemli rolüne değindikten sonra,

uzun vadede plastisiteye yani beyin yeniden yapılanmasına doğrudan etki ettiğini de belirtmek yerinde olacaktır.

Müzikal doğaçlamaya bağlı olarak da dorsal premotor korteks (PMD) ve pre-SMA'da motor alanlarında fonksiyonel bağlanabilirlik açısından pozitif korelasyon görülmesi, müzikal bir görev esnasında motor alanların işlevini bir kez daha açıkça ortaya koymaktadır. Yukarıdan aşağıya sistem, dikkat ve odaklanmayı gerektiren işlevlerden sorumludur. Buna göre müzikal doğaçlamanın yüksek motor planlamanın bir parçası olabileceğini öne süren bir çalışma, planlama ile ilgili olan kısmın sol dIPFC ile yukarıdan aşağıya merkezlerce birlikte çalışarak yapıldığını savunurken, bellekte işleme ile ilgili kısmın medial prefrontal korteks (mPFC) tarafından sağlandığını söyler. Buradan anlaşılacağı üzere yaratıcılık, hem yürütücü işlevler hem de assosiyatif süreçler ile ilişkilidir.

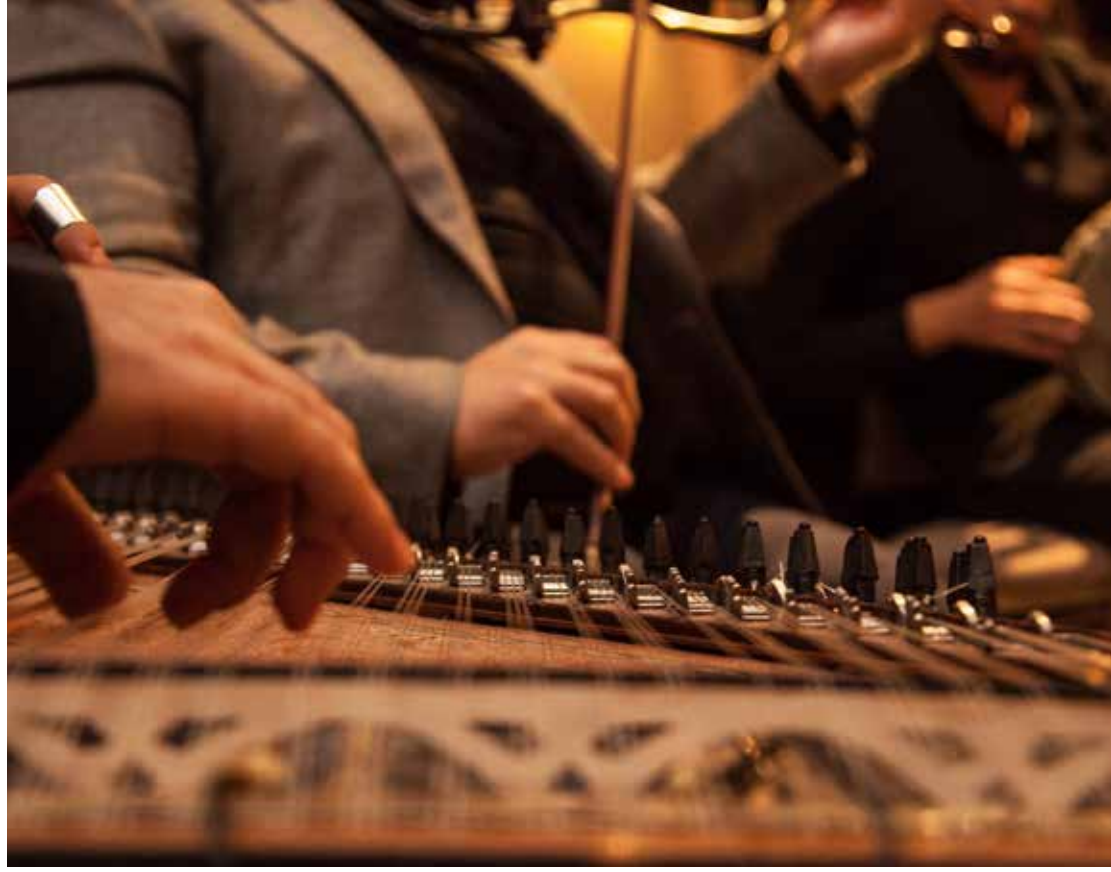
Frontal korteksin müzik ile olan ilişkisini yaratıcılık kavramı üzerinde detaylandırmak üzerine yapılan birçok çalışma mevcuttur. Yaratıcı düşünmek, EEG kayıtlarına göre (8-12 Hz) alfa frekans bandında yüksek aktivasyon şeklinde yansımaktadır. Spesifik olarak müzikal yaratıcılık ise frontal korteksle bağlantılı olarak frontal alfa yanıtına işaret eder. Buna göre frontal alfa aktivasyonunun yaratıcılık becerisiyle pozitif yönde korelasyon gösterdiği ve buna ek olarak inhibe edici yukarıdan aşağıya merkezlerle ilişkisinin olduğu belirtilmektedir.

Literatürde müzikal doğaçlamanın nörobiyolojisi ile ilgili çalışmalar genellikle-

le piyano ile klasik müzik kullanılarak yapılmaktadır. Fakat son zamanlarda farklı müzik türlerinin de doğaçlamanın anlaşılması için araştırmalara konu olduğu görülmektedir. *Freestyle rap* türünde spontan lirik olarak yapılan doğaçlama, enstrümanın ritmine uygun olacak şekilde yaratıcı bir biçimde yeni sözler eklemeyi gerektirir. Buna göre yaratıcılıkla eşzamanlı olarak ritme göre adaptif karar verme ve alışılmadık duruma karşı uygun strateji geliştirmeyi açıklayan “bilişsel esneklik” kavramının müzisyenler üzerinde pozitif ilişkisinin olduğunu belirtmek gereklidir. Uygun bağlamda istenen hedefe yönelik davranışta bulunma yetisi, doğaçlama esnasında mPFC’de aktivasyon artışı ile sonuçlanır. Aynı araştırma, dIPFC’de düşük aktivasyon görülmesinin, müzikal doğaçlamanın sol dIPFC’i deaktive ettiği ve mPFC’de aktivasyon artışına sebep olduğunu bildirmiştir. Müzisyenlerin *blues rock* formatında doğaçlama ile formüle edilmiş, yani standart sekanslarının NIRS tekniğiyle karşılaştırılması sonucu, sol dIPFC’nin deaktive olması bulgusunu destekler şekildedir. Ayrıca müzikal doğaçlamanın öğrenilmiş müzik görevine kıyasla dIPFC’de deaktivasyonuna ve mPFC’de artan aktivasyonuna ek olarak lateral orbital PFC’de de yoğun aktivasyona sebep olduğu bulunmuştur. Özetle, müzikal doğaçlamanın prefrontal beyin bölgeleri, pre-SMA, mPFC, PMd, dIPFC ve inferior frontal girus (IFG) alanlarında aktivasyona sebep olacağına dair yaygın bir kanı olduğunu söylemek mümkündür. Sonuç olarak çalışmaların yöntem ve içerik farklılıkları gözetilerek istisnai veriler olsa da literatürdeki ortak kanı; dIPFC’deki aktivasyon azalışının, yaratıcı müzik üretme esnasında bilişsel planlama ve otomatik kontrolün azalışı ile açıklandığı, mPFC’deki aktivasyon artışının ise yaratıcılığı destekleyen bir mekanizma ile çalıştığı şekildedir.

Bu Noktada Konunun Türk Müziği ile İlişkisi

Türk Müziği’nde yer alan “makam” kavramı ilk kez Abdülkadir Meragi tarafından 15. yüzyılda kullanılmıştır. Meragi’den sonra pek çok musikişinas makama dair tanımlamalarda bulunmuş olsa da makamı kısaca; perde ve aralıklardan oluşan müzikal örüntü üzerinde seyir yapma olarak açıklamak mümkündür. Makam ile doğrudan



ilişkili bir terim olan taksim, Klasik Türk Müziği’nde kullanılan bir tür olup belli bir makam dizisi üzerinde doğaçlama olarak yapılır. Doğaçlama, müzisyenin performansını sergilemesi esnasında kendi sanatsal becerisine bağlı yaratıcılığını kullanarak ortaya koyduğu özgün bir kurgulamadır. Türk Müziği’nde doğaçlamanın türü, performansın etkinliğine göre enstrümantal veya vokal şeklinde olabilir. Vokal türde doğaçlama; Klasik Türk Müziği geleneğinde “gazel”, tasavvuf müziğinde “kaside”, halk müziğinde “uzun hava” adını alır.

Enstrümantal olarak doğaçlamayı “taksim” ile açıklamak mümkündür. Taksim, (Taqsim: Bölmek) anlamına gelen Arapça bir kelime olup; müzikal anlamda Arap ve Klasik Türk Müziği’nde yer alan bir doğaçlama biçimidir. Amacı kendisinden sonra çalınacak olan sözlü veya sazlı eserin makamını tanıtmak olan taksim, zamanla gelişerek Türk sazencilerinin müzikal ve sanatsal ifade şekillerinin en önemli formu haline gelmiştir. Her ne kadar doğaçlama özelliği gösterse de deneyimle tekrarlanmaya bağlı olarak belli nota dizilerini yinelemek bakımından otomatikleşebilir. Taksim türünün doğaçlama mı yoksa kalıplaşmış ezgilerden oluşan melodik bir örgü mü olduğu sorusu önem taşımakta ve

Müzikal yaratıcılığın ölçülmesiyle ilgili olarak karşılaştırılabilecek görevlerden biri, öğrenilmiş müzik kalıplarıdır. Öğrenilmiş müzikal ezgiler, yaratıcılığa kıyasla bilişsel süreçlerin yönetilmesiyle fonksiyonel açıdan daha çok bağlantılı olup, mPFC’i harekete geçirir. Yaratıcılıkla ilişkilendirilen süreçlerde ise bilişsel planlamanın ve kontrollü hareketin daha az devrede kalması, dIPFC’in ve lateral orbital PFC bölgelerinin deaktive olması sonucunu doğurur.

bu konuda ilgili tartışmalar sürmektedir. Bu bağlamda, kalıplaşmış ezgilerden oluşan melodik örüntü, makam üzerinde notalarda gezinme, bir diğer adıyla "seyir" kavramıyla ifade edilebilir. Cinuçen Tanrıkorur'un ifadesiyle seyir; "Ezgilerin geniş ses aralıklarıyla oradan oraya sıçrayan bir gelişigüzellik içinde değil de girişi, gelişmesi ve bitişi belirli olan bir düzen içinde kullanılması Türk müziklerinin temel kurallarından birisidir." Taksim yapma esnasında öncelikle kurallı ve belli kalıplardan oluşan seyir aşaması, ardından müzisyenin kendi yaratıcılığını ortaya koyabileceği doğaçlama aşaması gelir.

Taksim bir çeşit irticâî (doğaçlama) bestekârlıktır. Müzisyenin öncelikle ilgili makama dair teorik bilgilerinin sağlam temeller üzerinde olması gereklidir ki, makam geçikleri yapılırken sanatsal ahenk korunsun. Ardından gelen doğaçlama sayesinde özgün bir eser ortaya koyma ise, müzisyenin yeteneği ölçüsünde şekillenir. Bir diğer ifadeyle taksimin bir kısmı müzikal birim ise bir kısmı da doğaçlama becerisidir. Müzik camiasında teorik bilgisi olmasına rağmen pratikte yeterince iyi taksim yapamayan, yeterince iyi beste yapamamasına karşın ahenkli taksim yapabilen ve nitelikli bir bestekar olmasına rağmen yeterince iyi taksim yapamayan kişiler vardır. Buradaki yeterince ifadesinin kullanılması, teorik anlamda istenen müzikal çerçevede yer almasına rağmen dinleyicinin zevk almadığı ve bu sebeple dinlemeyi pek de tercih etmediği kalitedeki müzik icrası kastedilmektedir. Sonuç olarak taksim yapan bir müzisyenin hem teorik anlamda hem de müzikal yaratıcılık anlamında donanımlı olması arzu edilir.

Tekrar nörobiyoloji çalışmalarına geri dönersek, müzikal yaratıcılığın ölçülmesiyle ilgili olarak karşılaştırılabilecek görevlerden biri, öğrenilmiş müzik kalıplarıdır. Öğrenilmiş müzikal ezgiler, yaratıcılığa kıyasla bilişsel süreçlerin yönetilmesiyle fonksiyonel açıdan daha çok bağlantılı olup, mPFC'yi harekete geçirir. Yaratıcılıkla ilişkilendirilen süreçlerde ise bilişsel planlamanın ve kontrollü hareketin daha az devrede kalması, dIPFC'in ve lateral orbital PFC bölgelerinin deaktive olması sonucunu doğurur. Yazarların yorumları aradaki fark, doğaçlamanın bilişsel ve motor kontrol sistemlerinde daha büyük bir etkinlik meydana getirdiği şeklindedir.

Yani hala elimizde yeterli bir açıklama bulunmamaktadır. Bu noktada sorumuz şudur; yukarıda değinildiği gibi öğrenilmiş kalıpların icrası ve yaratıcı müzik üretimi arasındaki bu eksik bilgilerin giderilmesinde Türk Müziği'ndeki klasik icra yöntemlerinden biri olan taksim ve onun belirli bir disiplin içerisindeki yaratıcı ve tanımlayıcı biçimleri, müzikal yaratıcılığın kaynaklarını araştırmak için günümüze kadar kullanılan tekniklerden daha iyi bir model olabilir mi?

Kaynaklar

Akçay, G. (2017, Ocak 07). Zihin Kullanma Kılavuzu-1: Dikkat ve Kısa Süreli Hafıza. bilimfili.com: <https://bilimfili.com/zihin-kullanma-kilavuzu-1-dikkat-kisa-sureli-hafiza>

Akdoğan, O. (1989). Taksim Nedir Nasıl Yapılır? İzmir: İhlas AŞ. İzmir Tesisleri.

Altınöz, U. (2012, Mart 31). Frontal Lob İşlevleri. <http://www.turkpsikiyatri.org/blog/2012/03/31/frontal-lob-islevleri/>

Aydın, C. (tarih yok). Taksim Nedir? neyevi.org: <http://www.neyevi.org/wp-content/nota/taksim.pdf>

Aziz-Zadeh, L., Liew, S. L., & Dandekar, F. (2012, February 20). Exploring the Neural Correlates of Visual Creativity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8.

Bangert, M., Peschel, T., Schlaug, G., Rotte, M., Drescher, D., Hinrichs, H., Altenmüller, E. (2006). Shared Networks for Auditory and Motor Processing in Professional Pianists: Evidence from fMRI Conjunction. *NeuroImage*, 917 – 926.

Beaty, R. E. (2015). The Neuroscience of Musical Improvisation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 108-117.

Bengtsson, S. L., Ullén, F., Ehrsson, H. H., Hashimoto, T., Kito, T., Naito, E., Sadato, N. (2009). Listening to Rhythms Activates Motor and Premotor Cortices. *Cortex*, 62-71.

Cañas, J. J., Quesada, J. F., Antolí, A., & Fajardo, I. (2003). Cognitive Flexibility and Adaptability to Environmental Changes Indynamic Complex Problem-solving Tasks. *Ergonomics*, 46.

Doğan Sevinç, H. (2011). Kültürel Temsile İlişkin İşitsel İfade Yolu Olarak Türk Müziği'nde Taksim. *Porte Akademik Müzik ve Dans Araştırmaları Dergisi*, 221-224.

Euston, D. R., Gruber, A. J., & McNaughton, B. L. (2013). The Role of Medial Prefrontal Cortex in Memory and Decision Making. *Neuron*, doi: 10.1016/j.neuron.2012.12.002.

Ferrari, M., Mottola, L., & Quaresima, V. (2004). Principles, Techniques, and Limitations of Near Infrared Spectroscopy. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 463-87.

Gore, J. C. (2003). Principles and Practice of Functional MRI of the Human Brain. *The Journal of Clinical Investigation*, 4-9.

Improvisation. London, Ontario, Canada.

Jäncke, L., Shah, N., & Peters, M. (2000). Cortical Activations in Primary and Secondary Motor Areas for Complex Bimanual Movements in Professional Pianists. *Cognitive Brain Research*, 177-183.

Limb, C. J., & Braun, A. R. (2008). Neural Substrates of Spontaneous Musical Performance: An fMRI Study of Jazz Improvisation. *PLoS ONE*, 3:e1679. doi: 10.1371/journal.pone.0001679.

Liu, S., Chow, H. M., Xu, Y., Erkinen, M. G., Swett, K. E., Eagle, M. W., Braun, A. R. (2012). Neural Correlates of Lyrical Improvisation: An fMRI Study of Freestyle Rap. *Scientific Reports*, DOI: 10.1038/srep00834.

Lopata, J. A., Nowicki, E. A., & Joanisse, M. F. (2017). Creativity as a Distinct Trainable Mental State: An EEG Study of Musical Improvisation. *Neuropsychologia*, 246-258.

Lustenberger, C., Boyle, M. R., Foulser, A. A., Mellin, J. M., & Fröhlich, F. (2015). Functional Role of Frontal Alpha Oscillations in Creativity. *Cortex*, 74-82.

Maba, A. (2019). Güncel Yaklaşımlar Çerçevesinde Müzikal Yaratıcılık ve Değerlendirilmesi. *Turkish Studies - Educational Sciences*, 14(3), 681-697.

Mandybur, G. (2018, April). *Elektroencefalogram (EEG)*. Cincinnati, Ohio.

Marron, T. R., Lerner, Y., Berant, E., Kinreich, S., Shapira-Lichter, I., Hendler, T., & Faust, M. (2018). Chain Free Association, Creativity, and the Default Mode Network. *Neuropsychologia*, 40-58.

Meister, I., Krings, T., Foltys, H., Boroojerdi, B., Müller, M., Töpper, R., & Thron, A. (2005). Effects of Long-Term Practice and Task Complexity in Musicians and Nonmusicians Performing Simple and Complex Motor Tasks: Implications for Cortical Motor Organization. *Human Brain Mapping*, 345-352.

Onur, D. (2017). Yaratıcılık Kavramı ile İlişkili Kuramsal Yaklaşımlar. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 1535-1552.

Özdemir, T. A., & Levendoğlu Öner, O. (2011). Ud İcra Geleneğinde Cinuçen Tanrıkorur Ekolünün Uzzal Taksim Üzerinden Yansımaları. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 325-337.

Pinho, A. L., Manzano, Ö., Fransson, P., Eriksson, H., & Ullén, F. (2014). Connecting to Create: Expertise in Musical Improvisation Is Associated with Increased Functional Connectivity between Premotor and Prefrontal Areas. *The Journal of Neuroscience*, 6156 – 6163.

Rüber, T., Lindenberg, R., & Schlaug, G. (2015). Differential Adaptation of Descending Motor Tracts in Musicians. *Cerebral Cortex*, 1490-1498.

Sakar, H. M. (2015). "Taksim" in Traditional Turkish Classical Music within the Context of Reflection of Gender on Instrumental Performance. *International Journal of Human Sciences*, 626-647.

Singh, S. P. (2014). Magnetoencephalography: Basic principles. *Annals of Indian Academy of Neurology*, S107-S112.

Tachibana, A., Noah, J. A., Ono, Y., Taguchi, D., & Ueda, S. (2019, November 05). Prefrontal Activation Related to Spontaneous Creativity with Rock Music Improvisation: A Functional Near-infrared Spectroscopy Study. *Scientific Reports*, 9(16044), <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52348-6>.

Tanrıkorur, C. (2003). *Müzik Kültürü Dil*. İstanbul: Dergah Yayınları.

Toker, H., Turabi, A. H., & Yoram, A. (2010). Türk Taksim Formunda Duraklamanın Sözel Bir Anlatım Olarak Kullanımı, Fonksiyon ve Anlamı. *Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 117-132.

Umamaheswara Rao, G. S., & Bansal, S. (2017). Chapter 34 - Neurological Critical Care. G. S. Umamaheswara Rao, & S. Bansal içinde, *Essentials of Neuroanesthesia* (s. 595-611). Bangalore, India: Hemanshu Prabhakar.

Yahya Kaçar, G. (2008). *Türk Müziği'nde Makam İstem*, 145 - 158.

Yener, S. (2004). Bilgisayar Destekli Analiz Yoluyla Geleneksel Türk Sanat Müziği Hicaz Taksimlerinde Kalıplaşmış Ezgilerin Araştırılması. Ankara.