

DOI: 10.4274/atfm.10820

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası 2018;71(3):106-111

Müzik İcrasıyla Şekillenen Beyin: Bilişsel Etkiler ve Genetik Yaklaşımlar

Brain Shaped by Music Performance: Cognitive Effects and Genetic Approaches

© Emel Güneş, © Şayeste Çağlı İnal

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Müzik; temelinde tizlik, ritim, tını gibi çeşitli parçaları içeren, beynin kompleks bir ürünüdür ve bu yönüyle sinirbilimciler için ilgi çekici bir konu olmuştur. Son yıllarda görüntüleme tekniklerindeki gelişmelerin hızlanması ile birlikte müzikle ilişkili anatomik yapılar ve fonksiyonlar hakkında çok çeşitli bilgiler elde edilmiştir. Özellikle müzisyenler ile yapılan çalışmalar, müzik icrası etkisinde değişen beyin yapılarını açığa çıkartmış, kısa ve uzun transfer etkisiyle etkilenen bilişsel işlevlere işaret etmiştir. Sözel bellek, motor fonksiyonlar, görsel ve uzaysal fonksiyonlar, yürütücü işlevler gibi bilişsel fonksiyonlar, müzik etkisi ile gelişen işlevlerden bazılarıdır. Müzik eğitimi alan çocuklarla ve erken yaştan itibaren müzik eğitimi alan müzisyenlerle yapılan çeşitli araştırmalar, müzik icrasının beyinde plastisiteye neden olduğuna işaret ettiğinden, müzisyen beyni bir beyin plastisitesi modeli olarak kullanılmaya elverişlidir. Bütün bu bilgilere rağmen, müziğin moleküler arka planı son dönemde çalışılmaya başlanmış, oldukça yeni bir araştırma konusudur. Yapılan ikiz, ailesel agregasyon, genom boyu asosiyasyon gibi çalışmalar, müzikal becerilerin ve davranışların genetik temelli olabileceğine işaret ederken, bunun yanı sıra ilgili çeşitli aday genleri önermektedir. Bu aday genlerin beyinde nöral bağlantıların oluşumu ve nörotransmitterlerin iletimi gibi beyin plastisitesinde önemli rol oynayan genler olduğu bilinmektedir. Elde edilen bu sonuçlar henüz fazlasıyla yenidir ve daha derinlikli araştırılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Müzik, Beyin Plastisitesi, Bilişsel İşlevler, Genetik

Abstract

Music is a complex product of the brain, which contains various components such as pitch, rhythm, timbre, and due to this, it has always been an attractive subject for neuroscientists. With the increasing developments in imaging techniques, a variety of anatomical structures and functions associated with music has been found. Specifically, studies done with musicians revealed the changing brain areas with music performance as well as the affected cognitive functions due to near and far transfer. Cognitive functions such as verbal memory, motor functions, visual and spatial functions, executive functions are some of the cognitive components which are improved with music performance. Studies done with children who take musical training and musicians who started their training at an early age points to the fact that music performance results with brain plasticity and due to this fact, musician brain is appropriate to use as a plasticity model. Despite all these information, studies on molecular background of music has started quite recently and became a new research topic. Studies like twin studies, familial aggregation studies, genome wide association studies points out that musical abilities and behaviors could be based on genetics, along with suggesting several candidate genes. It is mostly known that these genes play important roles in brain, such as neural connections and conduction of neurotransmitters. All these results are fairly new and require in depth research.

Key Words: Music, Brain plasticity, Cognitive functions, Genetic

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Emel Güneş

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Tel.: +90 533 761 27 71 E-posta: emelgunes@ankara.edu.tr ORCID ID: orcid.org/0000-0003-3599-5151

Geliş Tarihi/Received: 05.11.2018 Kabul Tarihi/Accepted: 18.12.2018

©Telif Hakkı 2018 Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

Yayınlanan tüm içerik CC BY-NC-ND lisansı altındadır.



Giriş

Müziğin karmaşık doğası, sinirbilimciler için daima ilgi çekici olmuştur. Müziğe gösterilen bu ilgi son yirmi yıldır gittikçe artmaktadır, özellikle müziğin anatomik ve fonksiyonel temelleri önemli iki odak noktasıdır (1). Buna karşılık, müziğin, özellikle müzik icrasının moleküler temeli arka planda kalmış, yalnızca son dönemlerde dikkat çekmiştir (2). Beyin plastisitesi ve bununla beraber gözlenen bilişteki değişiklikler, müzik yapımının moleküler seviyesinde gerçekten neler olduğu sorusunun sorulma sıklığını artırmaktadır.

Müzik Pratiği ve Beyin Plastisitesi

Müzisyenlerle ilgili yapılmış çeşitli çalışmalar müzisyen beyninin, beyin plastisitesini çalışmak için en iyi modellerden biri olduğunu açık bir şekilde göstermiştir. Bu çalışmalar arasında, erken yaşlarda müzik eğitimi almaya başlayan müzisyenler ve uzun süreli müzik eğitimi alan küçük çocuklar üzerinde yapılan çalışmalar en önemlileri olmuştur. Bunun sebebi, çocukların henüz gelişmeye devam eden beyinleri olması ve dışarıdan gelen etkiyle daha fazla değişim göstermesidir. Buna ek olarak yüksek yoğunlukta pratik yapan müzisyenlerde değişimler daha net gözlenebilmektedir. Bu değişimler iki açıdan incelenebilir; yapısal (anatomik) ve fonksiyonel değişimler (3).

Müzisyenlerin Beyninde Gözlenen Nöroanatomik Değişimler

Her insan müzik eğitimi alıp, pratik yaparak bir müzik enstrümanı çalmasını öğrenebilir, ancak herkes müzisyen olmaz. Müzisyenlerin kullandıkları enstrümanlar üzerinde belirli bir uzmanlıkları vardır. Yapılan iki metaanaliz çalışmasında, müzik icrasında uzmanlık ve pratik arasında %20 ve %36 korelasyon bulunmuştur (4,5). Müzik icrasındaki uzmanlığın ve yapılan pratiğin etkisinin yol açtığı bu değişkenliğin sebebini araştırmacılar, kişisel beyin anatomisindeki farklılıkların davranışsal seviyede performansa yansımaları olarak önermişlerdir (6).

Müzisyenlerin beyni üstüne yapılan ilk nöroanatomik araştırmada, müzisyenlerin daha büyük anterior korpus kallozum sahip olduğu bildirilmiştir (7). Müzisyenlerin korpus kallozumunda görülen bu değişiklik farklı araştırmacılar tarafından, farklı metotlarla tekrarlanarak gösterilmiştir (8,9). Ayrıca, müzik eğitimine yedi yaşından önce başlayan müzisyenlerin anterior midsagittal korpus kallozumlarının kontrollerine ve daha geç başlayan müzisyenlere göre daha büyük olduğu bildirilmiştir (7). Midsagittal korpus kallozumun büyüklüğü, orta çizgiyi geçen akson sayısı ile ilişkilidir, dolayısıyla bu durum müzisyenlerde iki hemisfer arasındaki iletişimin arttığına işaret eder (10).

Beyin organizasyonunu görüntülemek amacıyla müzisyenlerle yapılan çalışmalar, motor ve motor olmayan

çeşitli farklılıkları ortaya çıkartmıştır. Motor ve premotor alanlar ile müzik uzmanlığı arasında korelasyon olduğunu gösteren çok sayıda çalışma vardır. Örneğin, primer motor korteksin büyüklüğüne işaret eden merkezi sulkusun (central sulcus) müzisyenlerin her iki hemisferinde daha büyük olduğu, buna ek olarak, uzun süre baskın olmayan el kullanımına bağlı olarak, sağ hemisferdeki merkezi sulkusun da sola göre daha belirgin olduğu bulunmuştur (11,12). Baskın olmayan elin kullanımı ile birlikte farklı enstrümanların çalınması, farklı müzisyenlerde farklı sonuçlara neden olmuştur. Elbert ve ark.nın (13) yaylı çalgı müzisyenleri ile yaptığı çalışmada, sol elin, kontrollerden daha fazla kortikal temsile sahip olduğu bulunmuştur. Tuşlu bir çalgı çalan müzisyenlerde sol hemisfer presentral girus daha belirginken, yaylı bir çalgı çalan müzisyenlerde ise sağ hemisferdeki presentral girus daha belirgindir (14). Bu farklılığın ana sebebi olarak, el ve parmak temsilindeki farklılıklar olduğu belirtilmektedir. Hyde ve ark. (9), 15 ay boyunca müzik eğitimi alan kişilerde, primer motor kortekste ve korpus kallozumdaki anatomik değişikliklerin, manuel motor dizi görevinde gösterilen performansla korelasyon gösterdiğini belirlemişlerdir.

Müzisyenlerdeki beyin organizasyonunun motor olmayan alanlardaki değişimini inceleyen çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, Pantev ve ark. (15), müzik pratiğinin işitsel ve somatoduyusal korteks temsilini arttırdığını göstermiştir. Planum temporale'de gözlenen asimetri, serebral baskınlıkla ilişkili olduğu önerilmiştir (16). Müzisyenlerdeki planum temporale'nin sol taraf lehine olan asimetrisi, mutlak ses (absolute pitch) algılama yeteneği ile ilişkilendirilmiştir (17,18). Müzisyenler için farklılık gösteren diğer alanlar Heschl girus, Broca alanı, inferior frontal girus, serebellum, superior longitudinal fasikulus ve işitsel alanlardır (19-27).

Müzik İcrasının Fonksiyonel Etkileri-Bilişteki Değişiklikler

Müzik icrası müzisyenin sürekli pratik yapmasını gerektirir. Tekrarlayan bu müzik icrası, bilişsel işlevleri beceri transferi (skill transfer) yoluyla etkileyebilir. Beceri transferi farklı bir bölgedeki (domain) belirli bir becerinin neden geliştiğini açıklar ve yakın transfer ile uzak transferden oluşur. Müzik icrası hem yakın hem de uzak transferi etkiler; yakın transfer artan duyusal algı gibi becerilerde gözlenebilirken, uzak transfer çeşitli bilişsel görevlerde ve genel zekada izlenebilir. Müzik pratiği etkisiyle müzisyenin beyninde gözlenen uzak transfer etkilerinin ne olduğu, uzun süre müzik eğitimi alan çocuklarla yapılan uzun süreli çalışmalar aracılığı ile araştırılmıştır. Çocukluk boyunca beyin gelişmeye devam ettiğinden, beyindeki değişimler daha belirgindir. Bu durum araştırmacıların beyin plastisitesinin temellerini anlamasında yardımcı olmaktadır (6, 28).

Bu konuyla ilgili yapılan ilk çalışmalardan biri Flohr J.W müzik dersi alan çocuklarda tizlik ve ritmik ayırımının daha iyi olduğunu gösterdikleri çalışmalarıdır (29). Çeşitli çalışmalar müzik eğitimini sözel becerilerle birlikte okuma becerisinin

pozitif gelişimiyle ilişkilendirmiştir (30,31). Bununla bağlantılı olarak, bir yıl boyunca enstrümantal müzik dersleri alan çocukların daha yüksek sözel belleğe sahip olduğu gözlenmiştir (32). Yeni bir dil öğrenen veya müzik dersi alan çocuklar arasındaki bilişsel değişim farklılıklarını inceleyen bir çalışmada, müzik eğitimi alan çocukların, ikinci dil öğrenen çocuklara göre daha iyi işleyen belleğe sahip olduğunu gösterilmiştir (33). Müzik ile dil arasında paylaşılan alanın prefrontal korteks olduğu düşünülmektedir (34).

Müzik icrasının biliş üstündeki en önemli etkilerinden birisi yürütücü işlevlerdeki gelişimdir. Bir müzisyen, doğru notaları, doğru sırada, doğru zamanlama ve aralıkla çalmalıdır. Problem çözme testlerinden oluşan bir testte, müzisyenlerin müzisyen olmayanlara göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir, bu da yürütücü kontrolde daha iyi olduklarına işaret etmektedir (35). Uzun süre eğitim almış müzisyenlerle yapılan bir ERP çalışmasında, müzisyenlerin daha iyi görsel ve işleyen belleğe sahip olduğu gözlenmiştir (36). Ayrıca müzisyenlerin bilişsel esneklikte daha iyi oldukları bulunmuştur (37). Müzik pratiğinin görsel-uzaysal ve sözel işleyen bellek üstünde yararlı etkisi olduğu gösterilmiştir (38). İlkokul çocukları ile yapılan uzun süreli bir çalışmada, müzik ile resim öğrencileri arasında, müzik öğrencilerinin inhibisyon ve planlama gibi daha iyi bilişsel becerilere sahip olduğu bulunmuş ve bunun müziğin uzak transfer etkisi olduğu sonucuna varılmıştır (39).

Müzik pratiği ve zeka (IQ) arasındaki korelasyonu inceleyen bir ikiz çalışmasında, bütün genetik ve çevresel etkiler kontrol edilirken, bu korelasyonun büyük oranda genetik pleiotropi tarafından oluşturulduğu gözlenmiştir. Bu çalışma ile müzik pratiğinin IQ üzerinde etkisi olduğu fikrine karşı çıkmış ve genetik faktörlerin bu konuda kontrol edilmesi gerektiği belirtilmiştir (40).

Müzik İcrası, Biliş ve Genetik

Müzik bütün kültürlerde gözlenen sosyal bir unsurdur. Müziğin evrimine dair çalışmalar günümüzde devam etmektedir ve bu bağlamda hayvan ve insan çalışmaları yapılmıştır. Elbette insanlar ve hayvanlar arasında müzik üretimi bakımından benzerlikler mevcuttur, örneğin her iki tip müzik üretimi de duyguların dinleyene iletilmesini barındırır, fakat insanın enstrüman aracılığıyla oldukça kompleks melodiler çıkartması ve hatta birden fazla enstrümanı bir araya getirerek müzikal ürünler çıkartması eşsiz bir durumdur (41,42).

Müzik icrası, müzik eğitimi ile başlayan ve pratikle gelişen bir üründür. Müzik yeteneği olarak tanımlanan ve doğuştan gelen becerilerin genetik tabanlı olduğu düşünülürse, müzik icrasının da temelinde genetik olduğunu düşünmek mümkündür. Müzik yeteneği, müzik içindeki yapıları algılayabilme, tanıyabilme ve anlama becerisidir. Müzik yeteneği olmayan bir kişinin eğitim ile müzik icra etmesi mümkündür, ancak eğitim almaksızın müzik

yeteneği olan ve kolaylıkla müzik icra edebilen kişiler vardır. Ayrıca kişiliğin de müzik icrası yapma isteğine etkisi vardır, dışa dönük ve müzik aktivitesi sırasında yoğun duygulanım gösteren kişilerin müzik icrasına daha yakın olduğu bulunmuştur. Platz ve ark. (5) tarafından yapılan bir meta analitik çalışmada, pratiğin, müzik icrası uzmanlığındaki değişimin %36'sını karşılayabildiği gösterilmiştir. Yani müzik icrasında başarılı olma konusundaki farklılıkları sadece pratikle açıklamak mümkün değildir. Pratik, müzik icrası için önemli bir nedensel faktördür fakat tek başına yeterli değildir. Tüm bu sebepler araştırmacıları müzik yeteneği ve dolayısıyla müzik icrasının temelindeki genetik arka plana yönlendirmiştir (43).

Müzikten hoşlanma, müzik dinleme, müzik ve üretme isteği öğrenilen davranışlar değildir, genellikle kişide var olan bir istek şeklinde açığa çıkar ve bu yönüyle müzik üretme isteğinin doğuştan geldiği düşünülmektedir (44). Bilinen müzikal kuralların izole kültürlerde benzer şekilde olduğu da göz önünde bulundurulduğunda, müzik üretimindeki belirli koşulların, kültürel öğrenme öncesinde, beyin organizasyonu içinde var olduğunu söylemek mümkündür (42,45). Fetüs ve bebeklerle yapılan çalışmalar, öğrenme etkenini ortadan kaldırarak, doğuştan gelen müzik algısını araştırmaya olanak sağlamıştır. Bir-üç günlük yeni doğanlarla yapılan bir beyin aktivitesi çalışmasında, yeni doğan beyinlerinin müzikal tonlardaki kural farklılıklarını algıladığı gösterilmiştir (46). Ayrıca bebekler yaklaşık bir yaşına geldiklerinde spontan bir şekilde şarkı söylemeye başlar (47). Dolayısıyla müzik eğitimi ve hatta müziğe maruziyet olmaksızın müzik üretimine neden olan bir genetik temel olduğu söylenebilir.

Bilişin yaklaşık %50-70'i kalıtıma bağlıdır (48). Dolayısıyla bellek, reaksiyon zamanı, zihinsel döndürme gibi bilişsel testlerdeki farklılıkların %50-70'i insanlar arasındaki genetik farklılıklara bağlanabilir (49). Gen-çevre korelasyonu, davranışsal genetiğin ele aldığı ve kişinin edineceği deneyimlerin genetik arka planından etkileneceğini belirttiği bir kavramdır (50). Bu yaklaşıma göre, gen ve çevre, ikisi birlikte kişinin maruz kalacağı deneyimi ve deneyimin sonuçlarını oluşturacaktır. Bunun yanı sıra, biliş üstündeki genetik etkinin yaşla birlikte artacağı da öne sürülmüştür, deneyimler biriktikçe daha önceden aktif olmayan genlerin aktif hale gelmesi mümkündür (49).

Müzik icrası nöral plastisiteye, nöral plastisite de belirli bir oranda genetiğe bağlıdır. Nöral plastisiteye etki eden genetik faktörlerin hayvanlar alemi boyunca korunduğu gözlenmektedir (51). Çeşitli ikiz çalışmalarında müzik pratiğinde genetiğin etkili olduğu gösterilmiştir (52,53).

Müzik yeteneği ve icrasının genetik arka planına yönelik çalışmalar ailesel agregasyon, ikiz çalışmaları, segregasyon analizi, genetik bağlantı analizi, asosiyasyon analizi, ekzon sekanslama, kopya sayısı varyasyon analizi gibi yaklaşımları

İçermektedir. Bu çalışmalarla birlikte çeşitli aday genler belirlenmiştir (54,55).

Müzik İcrası ile İlişkilendirilen Aday Genler

Müzik ile ilgili yapılan genetik çalışmalar müzik yeteneği, müzik dinleme, müzik algısı, müzikle yaratıcılık ve müzik hafızası gibi müzikle ilişkili becerilere odaklanmakla birlikte, bu çalışmalar çoğunlukla müzisyenlerle gerçekleştirilmiştir. Müzikle ilişkili beceriler için belirlenen bazı genler, müzik icrası için de etken olma özelliğini taşımaktadır, çünkü bu beceriler kişinin müziğe yönelmesini, müzik enstrümanı çalmada başarılı olmasını, müzikte yaratıcı olmayı ve sık sık müzik icra etme isteğinin oluşmasını da sağlar (55).

Mutlak tizlik bir kişinin, referans olmaksızın saf bir tonu ilk denemede tanımlayabilmesidir ve daha önceden hem genetik hem de genetik olmayan etkenlerle oluştuğu düşünülse de, henüz genetik olmayan etkenlerin mutlak tizlik oluşturmak için yeterli olmadığı varsayılmaktadır (58). Mutlak tizlik ile ilgili yapılan bir genom boyu bağlantı analizi sonucunda, öğrenme ve bellekte rol alan ADCY8 geninin etken olabileceği önerilmiştir (54). Bir başka genom boyu bağlantı analizi ve ekzon dizileme çalışmasında, EPHA7 geninin mutlak tizlik için aday gen olabileceği öne sürülmüştür. EPHA7'nin nöral bağlantılar ve nöral gelişimde rol aldığı düşünülmektedir.

Müzisyen ailelerde yapılan tizlik ve ritim algısını inceleyen çalışmalarda, daha fazla gen olasılığı saptanmıştır. Genom boyu bağlantı analizi ile yapılan bir çalışmada, netrin reseptörü geni olan UNC5C ile iç kulaktaki tüy hücrelerinde bulunan TRPA1 aday gen olarak gösterilmiştir (58). Bir başka genom boyu bağlantı ve genom boyu asosiyasyon çalışmasında GATA2 ve PCDH7 dikkat çekmiştir, her iki gen de kohlea ile ilişkilidir, PCDH7'nin ayrıca fare amigdalasında ifade edildiği bilinmektedir (59). ADCY8'in tizlik ve ritim algısında da öne çıktığını gösteren bir çalışmada, aynı zamanda nöral migrasyonu, farklılaşmayı, sinaps oluşumunu, öğrenmeyi ve belleği etkileyen PCDHA ailesi 1-9 genlerinin de etkili olabileceği önerilmiştir (56). Aynı ekibin daha eski bir aday gen asosiyasyon çalışmasında ise AVPR1A geninin üzerinde durulmuştur (60). AVPR1A dikkat çekici bir gendir, müzik belleği ile ilgili yapılan bir çalışmada SLC6A4 ile beraber AVPR1A'ya da işaret edilmiştir (61). Müzik dinleme üzerine yapılan bir aday gen asosiyasyon çalışmasında da AVPR1A öne çıkmıştır (62). AVPR1A sosyal biliş, davranış ve uzaysal bellek ile ilişkilidir, ayrıca bellek ve öğrenmeyi etkileyen arjinin vazopressin hormonunun beyindeki etkisini düzenleyen bir reseptör molekülü kodlar (63).

Müzik yaratıcılığı üzerine yapılan bir çalışmada, ZDHHC11 ve GALM genleri dikkat çekmiştir. GALM geninin talamusta serotonin taşıyıcısının bağlanma potansiyeli ile ilişkili olduğu bilinmekte ve bunun da müzik algısına etki ettiği düşünülmektedir (56). Bir başka yaratıcılıkla ilgili genom boyu bağlantı analizi çalışmasında, serebellar uzun süreli depresyon [long term

depression (LTD)] ile ilişkili genlerin öne çıktığı bildirilmiştir (41). LTD sinaptik plastisite ve hafıza için hücrenel bir modeldir (64). Bununla birlikte LTD'de rol alan AMPA reseptörünün bir parçası olan, korteks, hipokampus, striatum ve talamusta çokça bulunan GSG1L geni ve yine LTD sinaptik plastisite, hafıza ve bilişsel beceriler için önemli olan kaderin (cadherin) ailesinden CDH7, CDH19 ve CDH20 genleri bu davranışı etkileyen aday genler olarak öne sürülmüştür (65).

Müziğe yatkınlığın evrimsel olarak pozitif seleksiyonunun incelendiği bir çalışmada, dil gelişimiyle ilgili olan ve ötücü kuşlarda da ötmeyi etkilediği düşünülen FOXP1 ve VLDLR (vokal-motor davranışlar için FOXP2 transkripsiyon faktörünün hedef geni) genlerinin, aynı zamanda müziğe yatkınlıkla da ilişkili olduğu bulunmuş ve bu nedenle müzik ve dilin ortak evrimsel ve genetik arka plana sahip olduğu öne sürülmüştür (66).

Müzik performansı ile ilgili bilgi dahilindeki tek genetik çalışma bir transkriptom çalışmasıdır, konser öncesi ve sonrası genom boyu periferik kan transkriptomu yapılan profesyonel müzisyenlerde dopaminerjik iletim, motor davranış, nöronal plastisite, öğrenme ve bellek ile ilgili çeşitli genlerin ifadelerinin arttığı gözlenmiştir (1). GATA2 bu çalışmada en çok ifade gösteren gendir ve müzikal yatkınlıkla ilişkilendirilen bağlantı bölgesinde bulunan SNCA'yı düzenlediği bilinen bir proteini kodlamaktadır. SNCA dopamin ve diğer nörotransmitterlerin presinaptik bölgeden salgılanmasını sağlar (67).

Sonuç

Son çalışmalar müzik becerisinin temelinde genetik olduğunu işaret ederken, bu durumdan etkilenen müzik icrasının da beyin yapısını ve fonksiyonunu değiştirdiği bilinmektedir. Yapılacak yeni çalışmalar, müzisyen beyinini bir plastisite modeli olarak temel aldığına, plastisitede rol alan genetik faktörlerin belirlenmesinde yardımcı olabilir. Bu sayede plastisitenin temelleri daha iyi anlaşılabilir ve gerektiği noktada terapötik olarak da kullanılması düşünülebilir.

Etik

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Konsept: E.G., Dizayn: Ş.Ç.İ., E.G., Literatür Arama: Ş.Ç.İ., E.G., Yazan: Ş.Ç.İ

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Kanduri C, Kuusi T, Ahvenainen M ve ark. The effect of music performance on the transcriptome of professional musicians. *Sci Rep.* 2015;5:9506.
2. Kanduri C, Raijas P, Ahvenainen M ve ark. The effect of listening to music on human transcriptome. *PeerJ* 2015;3: e830.
3. Wan CY ve Schlaug G. Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity. *Prog Brain Res.* 2015;217:37-55.
4. Macnamara BN, Hambrick DZ, Oswald FL. Deliberate practice and performance in music, games, sports, education, and professions: a meta-analysis. *Psychol Sci.* 2014;8: 1608-18.
5. Platz F, Kopiez R, Lehmann AC ve ark. The influence of deliberate practice on musical achievement: a meta-analysis. *Front Psychol.* 2014;5:646.
6. Ullén F, Hambrick DZ, Mosing MA. Rethinking expertise: A multifactorial gene-environment interaction model of expert performance. *Psychol Bull.* 2016;4:427-46.
7. Schlaug G, Jäncke L, Huang Y ve ark. Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia.* 1995;8:1047-55.
8. Oztürk AH, Taşçıoğlu B, Aktekin M ve ark. Morphometric comparison of the human corpus callosum in professional musicians and non-musicians by using in vivo magnetic resonance imaging. *J Neuroradiol.* 2002;1:29-34.
9. Hyde KL, Lerch J, Norton A, ve ark. Musical training shapes structural brain development. *J Neurosci.* 2009;29(10):3019-25.
10. Aboitiz F, Scheibel AB, Fisher RS ve ark. Fiber composition of the human corpus callosum. *Brain Res.* 1992;598(1-2):143-53.
11. Amunts K, Schlaug G, Jäncke L ve ark. Motor cortex and hand motor skills: structural compliance in the human brain. *Hum Brain Mapp.* 1997;5(3):206-15.
12. Schlaug G. The brain of musicians. A model for functional and structural adaptation. *Ann N Y Acad Sci.* 2001;930:281-99.
13. Elbert T, Pantev C, Wienbruch C ve ark. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science.* 1995;270(5234):305-7.
14. Bangert M, Schlaug G. Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. *Eur J Neurosci.* 2006;24(6):1832-4.
15. Pantev C, Engelen A, Candia V ve ark. Representational cortex in musicians. Plastic alterations in response to musical practice. *Ann N Y Acad Sci.* 2001;930:300-14.
16. Jäncke L, Schlaug G, Huang Y ve ark. Asymmetry of the planum parietale. *Neuroreport.* 1994;5(9):1161-3.
17. Keenan JP, Thangaraj V, Halpern AR ve ark. Absolute pitch and planum temporale. *Neuroimage.* 2001;14(6):1402-8.
18. Loui P, Li HC, Hohmann A ve ark. Enhanced cortical connectivity in absolute pitch musicians: a model for local hyperconnectivity. *J Cogn Neurosci.* 2010;23(4):1015-26.
19. Schneider P, Scherg M, Dosch HG ve ark. Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. *Nat Neurosci.* 2002;5(7):688-94.
20. Benner J, Wengenroth M, Reinhardt J ve ark. Prevalence and function of Heschl's gyrus morphotypes in musicians. *Brain Struct Funct.* 2017;222(8):3587-3603.
21. Meister IG, Krings T, Foltys H ve ark. Playing piano in the mind—an fMRI study on music imagery and performance in pianists. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2004;19(3):219-228.
22. Baumann S, Koeneke S, Schmidt CF ve ark. A network for audio-motor coordination in skilled pianists and non-musicians. *Brain Res.* 2007;1161:65-78.
23. Abdul-Kareem IA, Stancak A, Parkes LM ve ark. Increased gray matter volume of left pars opercularis in male orchestral musicians correlate positively with years of musical performance. *J Magn Reson Imaging.* 2011;33(1):24-32.
24. Tillmann B, Janata P, Bharucha JJ. Activation of the inferior frontal cortex in musical priming. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2003;16(2):145-61.
25. Hutchinson S, Lee LH, Gaab N ve ark. Cerebellar volume of musicians. *Cereb Cortex.* 2003;13(9):943-9.
26. Oechslin MS, Van De Ville D, Lazeyras F ve ark. Degree of musical expertise modulates higher order brain functioning. *Cereb Cortex.* 2013;23(9):2213-24.
27. Fauvel B, Groussard M, Chételat G ve ark. Morphological brain plasticity induced by musical expertise is accompanied by modulation of functional connectivity at rest. *Neuroimage.* 2014;90:179-88.
28. Schellenberg EG, Weiss MW. *Music and cognitive abilities.* San Diego, CA, US: Elsevier Academic Press; 2013. pp. 499-550.
29. Flohr JW. Short-Term Music Instruction and Young Children's Developmental Music Aptitude. *Journal of Research in Music Education,* 1981;29(3):219-223.
30. Anvari SH, Trainor LJ, Woodside J ve ark. Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *J Exp Child Psychol.* 2002;83(2):111-30.
31. Schlaug G, Norton A, Overy K ve ark. Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Ann N Y Acad Sci.* 2005;1060:219-30.
32. Ho YC, Cheung MC, Chan AS. Music training improves verbal but not visual memory: cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology.* 2003;17(3):439-50.
33. D'Souza AA, Moradzadeh L, Wiseheart M1. Musical training, bilingualism, and executive function: working memory and inhibitory control. *Cogn Res Princ Implic.* 2018;3(1):11.
34. Slevc LR, Okada BM. Processing structure in language and music: a case for shared reliance on cognitive control. *Psychon Bull Rev.* 2015;22(3):637-52.
35. Bialystok E, Depape AM. Musical expertise, bilingualism, and executive functioning. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2009;35(2):565-74.
36. George EM, Coch D. Music training and working memory: an ERP study. *Neuropsychologia.* 2011;49(5):1083-1094.
37. Zuk J, Benjamin C, Kenyon A. Behavioral and neural correlates of executive functioning in musicians and non-musicians. *PLoS One.* 2014;9(6):e99868.
38. Bergman Nutley S, Darki F ve ark. Music practice is associated with development of working memory during childhood and adolescence. *Front Hum Neurosci.* 2014;7:926.
39. Jaschke AC, Honing H, Scherder EJA. Longitudinal Analysis of Music Education on Executive Functions in Primary School Children. *Front Neurosci.* 2018;12:103.
40. Mosing MA, Madison G, Pedersen NL. Practice does not make perfect: no causal effect of music practice on music ability. *Psychol Sci.* 2014;25(9):1795-803.
41. Oikkonen J, Onkamo P, Järvelä I, Kanduri C. Convergent evidence for the molecular basis of musical traits. *Sci Rep.* 2016;6:39707.
42. Wallin, N. L., Merker, B., & Brown, S. (Eds.). *The origins of music.* Cambridge, MA, US: The MIT Press. 2000.
43. Butkovic A, Ullén F, Mosing, MA. Personality related traits as predictors of music practice: Underlying environmental and genetic influences. *Pers Individ Dif,* 2015;74, 133-138.
44. Gingras B, Honing H, Peretz I ve ark. Defining the biological bases of individual differences in musicality. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2015;370(1664):20140092.
45. Oikkonen J, Järvelä I. Genomics approaches to study musical aptitude. *Bioessays.* 2014;36(11):1102-1108.
46. Perani D, Saccuman MC, Scifo P ve ark. Functional specializations for music processing in the human newborn brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2010;107(10):4758-4763.
47. Peretz I, Zatorre RJ. Brain organization for music processing. *Annu Rev Psychol.* 2005;56:89-114.
48. Bouchard TJ, McGue MJ. Familial studies of intelligence: A review. *Science.* 1981;1055-1059.
49. Tucker-Drob EM, Briley DA, Harden KP. Genetic and Environmental Influences on Cognition Across Development and Context. *Curr Dir Psychol Sci.* 2013;22(5):349-355.

50. Kendler KS, Baker JH. Genetic influences on measures of the environment: a systematic review. *Psychol Med.* 2007;37(5):615-26.
51. Frank MJ, Fossella JA. Neurogenetics and pharmacology of learning, motivation, and cognition. *Neuropsychopharmacology.* 2011;36(1):133-52.
52. Hambrick DZ, Tucker-Drob EM. The genetics of music accomplishment: evidence for gene-environment correlation and interaction. *Psychon Bull Rev.* 2015;22(1):112-20.
53. Mosing MA, Madison G, Pedersen NL ve ark. Investigating cognitive transfer within the framework of music practice: genetic pleiotropy rather than causality. *Dev Sci.* 2016;19(3):504-12.
54. Theusch E, Basu A, Gitschier J. Genome-wide study of families with absolute pitch reveals linkage to 8q24.21 and locus heterogeneity. *Am J Hum Genet.* 2009;85(1):112-9.
55. Gregersen PK, Kowalsky E, Lee A ve ark. Absolute pitch exhibits phenotypic and genetic overlap with synesthesia. *Hum Mol Genet.* 2013;22(10):2097-104.
56. Ukkola-Vuoti, L, Kanduri, C, Oikkonen, J ve ark. Genome-wide copy number variation analysis in extended families and unrelated individuals characterized for musical aptitude and creativity in music. *PLoS one,* 2013;8(2):1-9 e0182210.
57. Baharloo S, Johnston PA, Service SK. Absolute pitch: an approach for identification of genetic and nongenetic components. *Am J Hum Genet.* 1998;62(2):224-31.
58. Pulli K, Karma K, Norio R ve ark. Genome-wide linkage scan for loci of musical aptitude in Finnish families: evidence for a major locus at 4q22. *J Med Genet.* 2008;45(7):451-6.
59. Oikkonen J, Huang Y, Onkamo P ve ark. A genome-wide linkage and association study of musical aptitude identifies loci containing genes related to inner ear development and neurocognitive functions. *Mol Psychiatry.* 2015;20(2):275-82.
60. Ukkola LT, Onkamo P, Rajas P ve ark. Musical Aptitude Is Associated with AVPR1A-Haplotypes. *PLoS ONE* 2009;4(5):e5534
61. Granot RY, Frankel Y, Gritsenko V ve ark. Provisional evidence that the arginine vasopressin 1a receptor gene is associated with musical memory. *Evol. Hum. Behav.* 2007;28:313-318.
62. Ukkola-Vuoti L, Oikkonen J, Onkamo P ve ark. Association of the arginine vasopressin receptor 1A (AVPR1A) haplotypes with listening to music. *J Hum Genet.* 2011;56(4):324-9.
63. Fink S, Excoffier L, Heckel G. High variability and non-neutral evolution of the mammalian avpr1a gene. *BMC Evol Biol.* 2007;27(7):176.
64. Collingridge GL, Peineau S, Howland JG ve ark. Long-term depression in the CNS. *Nat Rev Neurosci.* 2010;11(7):459-73.
65. Oikkonen J, Kuusi T, Peltonen P ve ark. Creative Activities in Music--A Genome-Wide Linkage Analysis. *PLoS One.* 2016; 24;11(2):e0148679.
66. Liu X, Kanduri C, Oikkonen J ve ark. Detecting signatures of positive selection associated with musical aptitude in the human genome. *Sci Rep.* 2016;16;6:21198.
67. Schulz-Schaeffer WJ. The synaptic pathology of alpha-synuclein aggregation in dementia with Lewy bodies, Parkinson's disease and Parkinson's disease dementia. *Acta Neuropathol.* 2010;120(2):131-43.