



Hilal ADİL^{1*} 

Güler ÖZTÜRK¹ 

*Sorumlu Yazar e mail:
hilaladil@hotmail.com

¹İstanbul Medeniyet
Üniversitesi, Tıp Fakültesi
Fizyoloji AD, İstanbul, Türkiye

Adil H, Öztürk G. Mozart Etkisi.
Haliç Üniv Sağ Bil Der. 2021;4(1)
17-23

Adil H, Öztürk G. Mozart Effect.
Halic Uni J Health Sci. 2021;4(1)
17-23

Doi: 10.48124/husagbilder.799929

Geliş Tarihi: 25.09.2020
Kabul Tarihi: 01.10.2020

DERLEME

MOZART ETKİSİ

Öz

Müzik birtakım duygu ve düşünceleri belli kurallar çerçevesinde uyumlu seslerle anlatma sanatıdır. Müziğin canlılar üzerindeki etkisinin sadece duygudurumlarında değişiklik yaratmak ya da sanatsal haz vermekle sınırlı olmadığı; aynı zamanda bir takım rahatsızlıklara da iyi gelebileceği düşünülmüştür. Bu düşünce bazı araştırmacıları müziğin deney hayvanları ve insanlar üzerindeki etkilerini incelemeye yöneltmiştir. Mozart etkisi, müzik dinleyen canlıların uzamsal öğrenme ve belleklerinde artış olmasını ifade eder. Mozart etkisi üzerine yapılan çalışmalar bilimde ve popüler medyada büyük bir ses getirmiştir. Çeşitli araştırmacılar bu etkiyi kendi laboratuvarlarında gözlemlemeye çalışmış, ancak bir kısmı başarılı olamamıştır. Bu derlemede amacımız Mozart etkisi üzerine yapılan insan ve hayvan çalışmalarını gözden geçirerek müziğin uzamsal öğrenme ve bellek üzerine etkisini incelemektir. Çalışmamızda müzik dinlemenin uzamsal öğrenme ve belleği artırdığı, fakat bu artışın gözlenebilmesinin deney koşullarının iyi tasarlanmasına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Mozart etkisinin görülme koşulları netleştirildiği takdirde ucuz, kolay erişilebilir, kolay uygulanabilir ve yan etkisiz olan müzik ile terapi yöntemlerinin eğitim ve sağlık alanında kullanılmasının önü açılabilir.

Anahtar Kelimeler: Müzik, Mozart Etkisi, Öğrenme, Bellek

REVIEW

MOZART EFFECT

Abstract

Music is the art of expressing some emotions and thoughts with harmonious sounds within the framework of certain rules. The effect of music on living creatures is not limited to creating changes in mood or artistic delight; at the same time, it was thought that it would be good for a number of illnesses. This idea led some researchers to examine the effects of music on experimental animals and humans. The Mozart effect expresses the increase in the spatial learning and memory of living creatures that listen to music. The Mozart effect has had a huge impact on science and popular media. Many researchers have tried to observe this effect in their laboratories, but some of them have not been successful. In this review, our aim is to examine the effects of music on spatial learning and memory by compiling human and animal studies on the Mozart effect. In our study, it was concluded that listening to music increases spatial learning and memory, but the observation of this increase depends on well-designed experimental conditions. If the conditions for the Mozart effect are clarified, it can be possible to use music therapy methods in the field of education and health, which are inexpensive, easily accessible, easily applicable, and without side effects.

Keywords: Music, Mozart Effect, Learning, Memory

1. Giriş

Günümüzün en kolay ulaşılan ve maliyeti düşük eğlence araçlarından biri olan müzik, eski çağlardan beri insanlığın ilgisini çekmiş ve zevk vermenin yanında birtakım rahatsızlıklara karşı sağaltıcı olabileceği düşünülerek hastalara müzik dinletilmiştir (1). Bunun tarihimizdeki en önemli örneklerinden biri Osmanlı Devleti'nde kurulan darüşşifalarda hastalara müzik ile terapi uygulamasıdır. Ayrıca çeşitli dini inançlarda müzik eşliğinde ayin yapılması, müziğin ruhsal arınma ve iyilik hali için vasıta olarak kullanılmasına güzel bir örnektir.

Bu uygulamalar bazı araştırmacıları müziğin insanlar üzerindeki etkilerini araştırmaya yöneltmiştir (2,3). Bunlardan Alzheimer hastalarında uzamsal öğrenme artışı görülmüştür (4,5). Epilepsi hastalarında ve komada olanlarda patolojik iktal spiking aktivitesi dramatik olarak azalmıştır (6-8). Şizofreni hastalarında ise klinik semptomların hafiflediği (9); yapılan işe odaklanmanın (10), mental durumun, sosyal işlevselliğin ve hayat kalitesinin arttığı (11) görülmüştür. Müzik dinletilen kan kanseri hastaları ise ağrıların azaldığını belirtmiştir (12). Müziğin olumlu etkisinin komadaki epilepsi hastalarında bile gözlenmesi, etkinin oluşması için açık bir bilincin, dolayısıyla müzikal değerlendirme kabiliyetinin şart olmadığını düşündürmüştür (6). Bu yaklaşım, müzik üzerine yapılan hayvan çalışmalarının önünü açmıştır (13).

Müziğin en çok incelenen etkilerinden biri de uzamsal öğrenme ve bellek olmuştur. Mozart'ın 2 piyano için bestelediği D majör K.448 numaralı sonatının (Allegro con spirito) dinletildiği çocuklarda ve sıçanlarda uzamsal öğrenme ve belleği ölçen test performanslarında kısa süreli artış görülmüş ve bu artış literatüre Mozart etkisi olarak geçmiştir (14).

Çalışmamızda Mozart etkisi üzerine genel literatür taraması yapılmıştır. Pubmed ve Google Scholar veritabanlarında müzik, uzamsal öğrenme ve bellek, Mozart etkisi anahtar kelimeleri girilerek Ocak 1993 - Haziran 2020 tarihleri arasındaki makaleler incelenmiştir. Mozart etkisine ilişkin genel kabul görmüş bilgilerin yer aldığı makaleler çalışmamıza alınmıştır.

2. Mozart Etkisinin Tarihiçesi

Rauscher ve arkadaşları 1993 yılında yürüttükleri bir çalışmada Mozart'ın K.448 numaralı sonatını 10 dakika dinlettikleri öğrencilerde, uzamsal öğrenmeyi ölçen zekâ katsayısı testinde kontrol grubuna göre 10-15 dakika süren 8-9 puanlık bir artış gözlemlenmiştir (15). Araştırmacılar buldukları sonucu beyin korteksinin trion modeliyle açıklamıştır. Bu modele göre müzikal süreçte rol alan korteksteki nöron kolonları, üç aşamalı aktive olur ve uzamsal öğrenme testlerinde kullanılan nöronları tetikler (16). Daha sonra Mozart'ın K.448 numaralı sonatının, yüksek beyin fonksiyonlarını artırdığı ileri sürülmüştür (17).

1993'teki çalışmanın ardından, müzik dinlemenin zekayı artırması olgusu 'Mozart etkisi' adıyla literatüre girmiştir (14). Mozart etkisi popüler medyada oldukça yankı bulmuş ve çocuklar için hazırlanan müzik CD'lerinin satışında bir patlama yaşanmıştır (3).

Bunun üzerine Mozart etkisini gözlemeye çalışan bazı araştırmacılar, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamayınca Rauscher ve ark. Mozart etkisinin gözlemlenebilmesi için bir açıklamada bulunmuştur (18). Bu açıklamaya göre kullanılan test uzamsal öğrenmeyi ölçmelidir (18). Seçilen müzik Mozart'ın K.448 numaralı sonatı ile sınırlı olmamakla birlikte, stil ya da periyoduna bakılmaksızın kompleks yapıda olmalıdır (18). Bu açıklamanın ardından, insanda Mozart etkisini gözlemlemek isteyen araştırmacılar Stanford-Binet zekâ testlerinden 'Kağıt katlama ve kesme' testini ve farklı kompleks yapıları sesli uyarınları kullanarak çalışmayı tekrar etmeye çalışmıştır (3).

Mozart etkisi üzerine çalışmalarını sürdüren Rauscher ve arkadaşları, 6 ay boyunca 3-4 yaşlarındaki çocuklardan oluşan bir gruba klavye ile müzik dersi, bir gruba bilgisayar dersi vermiş, kontrol grubu olarak seçtiği diğer bir gruba ise ders vermemiştir (19). Eğitim öncesi ve sonrası dönemde uzamsal öğrenme testi yapılan gruplardan sadece müzik dersi alanların performansında anlamlı bir artış gözlenmiş ve bu artış 24 saat sürmüştür (19). Bu da Mozart etkisinin sadece kısa süreli değil, uzun süreli de olabileceğini düşündürmüştür (19).

Yapılan bir hayvan çalışmasında sessizlik ile beyaz gürültüye maruz bırakılan gruplar arasında anlamlı bir fark çıkmamış ve böylece sessizlik gibi beyaz gürültünün de kontrol grubunda kullanılabilmesi söylenmiştir (20). Hayvan çalışmalarında dikkat edilecek bir diğer husus da sıçanların doğumdan itibaren 11. gün (Postnatal Day 11; PND11)'e kadar kulak kemikçikleri henüz tam gelişmediği için sağır olduklarıdır (21). Mozart etkisi PND14'ten itibaren müzik dinletilen sıçanlarda gözlenirken, PND28 ve PND56'dan itibaren müzik dinletilenlerde saptanmamıştır (22). Bu verilerden yola çıkılarak çalışmada müziğe erken maruziyetin önemli olabileceği vurgulanmıştır (22).

3. Mozart Etkisi Üzerine Hipotezler

Mozart etkisini açıklamak için çeşitli hipotezler öne sürülmüştür. Bunlardan Arousal (Uyarılma) hipotezi, müziğin sessizliğe kıyasla beyindeki adrenal düzeyini optimal düzeye getirerek test performansını artırdığını ifade eder (23). Fakat bu hipotezin geçerli olması halinde uzamsal öğrenmeyi ölçmeyen testlerde de performans artışı olması gerekir (3).

Bir başka hipotez olan 'Mood (Duygudurum) Hipotezi' ise Mozart'ın K.448 numaralı sonatı gibi güçlü pozitif duygudurumlu eserlerin uyarılmaya yol açarak uzamsal öğrenme testlerinde performansı artırırken, Philip Glass'ın besteleri gibi güçlü negatif duygudurumlu eserlerin, performansı azalttığını söyler (24). Fakat yapılan deneylerle müziğin duygudurumu etkilemesine rağmen pozitif ya da negatif duygudurumun uzamsal öğrenme test performansı ile korele olmadığı, ayrıca negatif duygudurumun da uyarılmaya neden olabileceği gösterilmiştir (24).

'Preference (Tercih) Hipotezi' ise uzamsal zekada artışın, kişi dinlemek istediği parçayı dinlediğinde görüleceğini ileri sürer (3). Hipotezi test etmek için kurulan bir deney düzeninde bir gruba Mozart'ın K.448 numaralı sonatı, bir gruba ise Stephen King'in bir korku hikayesi dinletilmiştir (25). 2 grubun uzamsal öğrenme test performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmamış ama başlangıçta Mozart'ı tercih edip Mozart'ı dinleyenlerin skoru, King'i tercih edip Mozart'ı dinleyenlerinkinden

yüksek çıkmıştır. Benzer şekilde King'i tercih edip King'i dinleyenlerin skoru, Mozart'ı tercih edip King'i dinleyenlerinkinden yüksek çıkmış. Bunu da uyarılmaya neden olan faktörün, tercih edilen işitsel uyarıyı dinlemek olmasıyla açıklanmışlardır (25).

Tüm bu hipotezlerin, ortak bir etkiye (örneğin; dikkati artırma) sebep olup uzamsal öğrenme test performansını artıran benzer kavramlar mı, yoksa birbirine sebep-sonuç ilişkisiyle bağlı (örneğin; tercih edilen müziği dinlemek keyif verir. Böylece pozitif duygudurum oluşur ve uyarılma gerçekleşir. Ardından dikkat artar ve bu da performansta artışa neden olur.) kavramlar mı olduğu, uyarılmanın tercih etme ile artıp artmayacağı, uyarılmanın sadece uzamsal öğrenme test performanslarını mı artırdığı soruları hala netliğe kavuşturulmayı beklemektedir (3).

4. Müzik Komponentlerinin Mozart Etkisindeki Rolü

Kompleks bir uyarı olan müziğin spesifik elementlerinin etkisini açıklamaya çalışan bir başka çalışmada melodisiz işitsel ritim, ritmsiz melodi, görsel ritim (bilgisayar ekranında şekli ve pozisyonu ritmik olarak değişen bir kare), melodisiz-ritmsiz sürekli bir ton ve sessizlik olmak üzere 5 farklı koşul oluşturularak uzamsal öğrenme test performansı ölçülmüştür (3). Bu koşullardan sadece melodisiz işitsel ritim ve görsel ritmin uzamsal öğrenme performansını artırdığı görülmüştür. Ayrıca PET görüntülemeye seçici dikkat gösterilirken ve uzamsal öğrenme testi yapılırken serebellumda aktivasyon artışı olduğu görülmüştür. Bu yüzden Mozart etkisinin ritme bağlı olabileceği düşünülmüştür. Trion modelinden bağımsız olan ritim teorisi, neden bazı müziklerin uzamsal öğrenme test performansını artırırken bazılarının artırmadığını tam olarak açıklayamamaktadır (3).

Ritm üzerine yapılan bir başka çalışmada ise bir sıçan grubuna Mozart'ın K.448 numaralı sonatı dinletilirken diğer sıçan grubuna retrograd Mozart olarak adlandırılan, Mozart'ın K.448 numaralı sonatının ses kaydının tersten çalınan hali dinletilmiştir (26). Orijinal sonatı dinleyen sıçanlarda Beyin Türevli Nörotrofik Faktör (BDNF) miktarında ve nöroenezde artış, ayrıca

Morris su tankı testinde iyi performans gözlenirken, retrograd Mozart grubu ve kontrol grubunda bu bulgular gözlenmemiştir (26). Bu da Mozart etkisinin melodi ya da perdeye değil, ritme bağlı olabileceğini göstermiştir (26).

Steele, Mozart'ın K.448 numaralı sonatındaki notaların frekanslarını incelemiş ve bu frekansları sıçanların odyogramları ile karşılaştırdığında aslında sıçanların bu sonatın sadece %31'ini duyabildikleri sonucuna varmıştır (20). Rauscher ise, Steele'in bu odyogram çalışmasındaki eşik değerini, ayrıca sonatta belirttiği nota sayısı ve frekanslarının hatalı olduğunu; dolayısıyla sıçanların, sonatın iddia edilenden daha büyük kısmını algılayabildiğini öne sürmüş ve Mozart etkisinde Steele'in ele almadığı başka müzikal faktörlerin de etkili olabileceğini belirtmiştir (27). Bir başka araştırmacı ise sıçanlarda Mozart etkisinin gözlenmesi için insanların duyduğu tüm notaları duymalarına gerek olmadığını, çünkü Mozart etkisinin notalara değil ritme bağlı olduğunu söylemiştir (26). Bunun altında yatan mekanizmayı K.448 numaralı sonattaki her 20-30 saniyede bir tekrarlayıcı düzenli ritmin, benzer fizyolojik döngüsü olan beyinde güçlü bir cevabı tetikleyebilmesi olarak belirtmiştir (26). Aynı araştırmacı Mozart'ın K.448 numaralı sonatının insan ve sıçanlardaki benzer etkisinin, evrimsel olarak aynı dış evrenden elde edilen benzer fizyolojik ritimlere bağlı olabileceğini düşünmüştür (26).

Diğer bir çalışmada Mozart etkisine yol açan müziklerin ortak özelliklerinin yüksek derecede uzun süreli periyodisite olduğu ve bu müziklerin beyinde yankılanarak uzamsal öğrenme performansını arttırdığı iddia edilmiştir (28).

5. Görüntüleme çalışmaları

Nörofizyolojik çalışmalar Mozart'ın K.448 numaralı sonatına maruziyetin kortikal aktivitede ve uzamsal öğrenme performansında artışa neden olduğunu EEG (29) ve fMRI (30) yöntemleriyle göstermiştir. PET ve fMRI kullanılarak yapılan başka çalışmalarda müziği algılama esnasında superior temporal girusta bulunan primer işitsel korteksin yanında, prefrontal korteksin ve parietal lobda bulunan prekuneusun da aktive olduğu gözlenmiştir (31-33). Bunların yanında ritm ve

perde ayırımında sol hemisfer baskınken, tını ve melodi ayırımında temel olarak sağ hemisferin rol oynadığı görülmüştür (31-33). Başka bir çalışmada, denekler uzamsal öğrenmeyle ilgili bir testi çözerken gerçekleştirilen PET taramasında aktive olan beyin alanlarının, müzik dinlerken aktive olan alanlarla (prefrontal, temporal, prekuneus bölgeleri) örtüştüğü gözlenmiştir (34). Müzik dinlemenin, uzamsal öğrenme sırasında beyinde aktive olan aynı bölgeleri uyarması, Mozart etkisine bir açıklama getirebilir (13).

6. Biyokimyasal Analizler

Müziğin beyinde yol açtığı biyokimyasal ve yapısal değişiklikleri araştıran çalışmalarda nörojenesis oluşumu (35-38), BDNF artışı (26,38-43), dopamin artışı (44,45) ve N-Metil D-Aspartat (NMDA) reseptörü artışı (22,46) gösterilmiştir. Erken postnatal sağırılıkta NMDA reseptörlerinin azaldığını (47), benzer şekilde erken işitsel deprivasyonun sıçanların işitsel korteksinde NMDA reseptörünü azalttığını (48-50) gösteren çalışmalar da mevcuttur. Bir başka çalışmada müzik dinletilen gruplarda amiloid- β 'nin azaldığı (51) gösterilmiştir.

7. Davranış Çalışmaları

Müziğin sıçan ve farelerdeki etkisini inceleyen davranış çalışmalarında müzik dinleyen gruplarda uzamsal öğrenmenin arttığı (20,22,26,35,38,43,51-57), anksiyetenin ise azaldığı (39,41,58-62) gözlenmiştir. Farelerde K.448 dinletilerek uzamsal öğrenme ve bellekte uzun süreli artış görülmüştür (55). K.448 dinletilen sıçanların multiple T maze'i daha hızlı tamamladığı ve daha az hata yaptığı saptanmıştır (51). K.448 dinletilen sıçanların Morris su tankı testinde daha yüksek performans elde ettiği gözlenmiştir (43). Bir başka çalışmada ise Richard Clayderman dinletilen sıçanlarda Morris su tankı test performansında artış belirtilmiştir (56).

8. Sonuç

Literatüre bakıldığında Mozart etkisinin sınırlı koşullarda -uygun laboratuvar şartları ve iyi tasarlanmış deney düzeneği varlığında- ortaya çıkan bilimsel bir olgu olarak kabul edildiğini

görmekteyiz (3,63). Bizler de Mozart etkisi üzerine bir çalışma yürütmekteyiz. Çalışmamız tamamlandığında sonuçları yayınlamayı planlıyoruz. Müziğin öğrenme ve bellek üzerindeki etkisi göz önüne alınarak eğitim ve sağlık alanında müzik dinleme seansları oluşturulup toplumsal hayata olumlu katkı sağlanabilir.

Kaynakça

- Bunt L, Brynjulf S. Music Therapy: An Art Beyond Words. 2nd ed. New York: Routledge; 2014.
- Kühlmann AY, de Rooij A, Hunink MG, De Zeuw CI, Jeekel J. Music Affects Rodents: A Systematic Review of Experimental Research. *Front Behav Neurosci*. 2018;12:301.
- Hetland L. Listening to music enhances spatial-temporal reasoning: Evidence for the “Mozart Effect”. *Journal of Aesthetic Education* 2000;34(3/4):105-48.
- Johnson J, Cotman C, Tasaki C, Shaw G. Enhancement of spatial-temporal reasoning after a Mozart listening condition in Alzheimer’s disease: a case study. *Neurol Res*. 1998;20(8):666-72.
- Johnson JK, Shaw GL, Vuong M, Vuong S, Cotman CW. Short-term improvement on a spatial-task after music listening in Alzheimer disease: A group study. *Activ Adapt Aging* 2002;26(3):37-50.
- Hughes JR, Daaboul Y, Fino JJ, Shaw GL. The “Mozart effect” on epileptiform activity. *Clinical Electroencephalography* 1998;29(3):109-119.
- Hughes JR, John JF, Michelle AM. Is there a chronic change of the “Mozart effect” on epileptiform activity? A case study. *Clin Electroencephalogr*. 1999;30(2):44-45.
- Hughes JR. The Mozart effect: additional data. *Epilepsy Behav*. 2002;3(2):182-4.
- He H, Yang M, Duan M, Chen X, Lai Y, Xia Y, et al. Music intervention leads to increased insular connectivity and improved clinical symptoms in schizophrenia. *Front Neurosci*. 2018;11:744.
- Shih YN, Chen CS, Chiang HY, Liu CH. Influence of background music on work attention in clients with chronic schizophrenia. *Work*. 2015;51(1):153-8.
- Geretsegger M, Mössler KA, Bieleninik L, Chen XJ, Heldal TO, Gold C. Music therapy for people with schizophrenia and schizophrenia-like disorders. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;5.
- Vinayak. The efficacy of music interventions on pain in cancer patients undergoing therapeutic treatment. *International Journal of Current Research*. 2017.
- Jenkins JS. The Mozart effect. *J R Soc Med*. 2001;94(4):170-2.
- Knox RA. Mozart makes you smarter, Calif. Researchers suggest. *Boston Globe* 1993:1.
- Rauscher FH, Gordon LS, Catherine NK. Music and spatial task performance. *Nature*. 1993;365(6447):611.
- Shaw GL, Silverman DJ, Pearson JC. Model of cortical organization embodying a basis for a theory of information processing and memory recall. *Proc Natl Acad Sci*. 1985;82(8):2364-8.
- Shaw GL. Keeping Mozart in mind. 2nd ed. California: Elsevier; 2003.
- Rauscher FH, Shaw GL. Key components of the Mozart effect. *Percept Mot Skills*. 1998;86(3):835-41.
- Rauscher F, Shaw G, Levine L, Wright E, Dennis W, Newcomb R. Music training causes long-term enhancement of preschool children’s spatial-temporal reasoning. *Neurol Res*. 1997;19(1):2-8.
- Rauscher F, Robinson D, Jens J. Improved maze learning through early music exposure in rats. *Neurol Res*. 1998;20(5):427-32.
- Steele KM. Do rats show a Mozart effect? *Music Percept*. 2003;21(2):251-65.
- Xu J, Yu L, Cai R, Zhang J, Sun X. Early auditory enrichment with music enhances auditory discrimination learning and alters NR2B protein expression in rat auditory cortex. *Behav Brain Res*. 2009;196(1):49-54.
- Rideout BE, Fairchild RA, Urban GE. The ‘Mozart Effect’ and Skin Conductance. *Eastern Psychological Association*. 1998.
- Steele KM, Bass KE, Crook MD. The mystery of the Mozart effect: Failure to replicate. *Psychol Sci*. 1999;10(4):366-9.
- Nantais KM, Schellenberg EG. The Mozart effect: An artifact of preference. *Psychol Sci*. 1999;10(4):370-3.
- Xing Y, Xia Y, Kendrick K, Liu X, Wang M, Wu D. Mozart, mozart rhythm and retrograde mozart effects: evidences from behaviours and neurobiology bases. *Sci Rep*. 2016;6:18744.
- Rauscher FH, Hinton SC. The Mozart effect: Music listening is not music instruction. *Educ Psychol*. 2006;41(4):233-8.

28. Hughes JR, Fino JJ. The Mozart effect: distinctive aspects of the music—a clue to brain coding? *Clin Electroencephalogr.* 2000;31(2):94-103.
29. Sarnthein J, VonStein A, Rappelsberger P, Petsche H, Rauscher F, Shaw G. Persistent patterns of brain activity: an EEG coherence study of the positive effect of music on spatial-temporal reasoning. *Neurol Res.* 1997;19(2):107-16.
30. Bodner M, Muftuler LT, Nalcioğlu O, Shaw GL. FMRI study relevant to the Mozart effect: brain areas involved in spatial-temporal reasoning. *Neurol Res.* 2001;23(7):683-90.
31. Warren JD. Variations on the musical brain. *J R Soc Med.* 1999;92(11):571-575.
32. Platel H, Price C, Baron JC, Wise R, Lambert J, Frackowiak RS et al. The structural components of music perception. A functional anatomical study. *Brain.* 1997;120(2):229-43.
33. Liégeois-Chauvel C, Peretz I, Babai M, Laguitton V, Chauvel P. Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain.* 1998;121(10):1853-67.
34. Mellet E, Tzourio N, Crivello F, Joliot M, Denis M, Mazoyer B. Functional anatomy of spatial mental imagery generated from verbal instructions. *J Neurosci.* 1996;16(20):6504-6512.
35. Kim H, Lee MH, Chang HK, Lee TH, Lee HH, Shin MC et al. Influence of prenatal noise and music on the spatial memory and neurogenesis in the hippocampus of developing rats. *Brain Dev.* 2006;28(2): 109-14.
36. Kim CH, Lee SC, Shin JW, Chung KJ, Lee SH, Shin MS et al. Exposure to music and noise during pregnancy influences neurogenesis and thickness in motor and somatosensory cortex of rat pups. *Int Neurolog J.* 2013;17(3):107.
37. Kirste I, Nicola Z, Kronenberg G, Walker TL, Liu RC, Kempermann G. Is silence golden? Effects of auditory stimuli and their absence on adult hippocampal neurogenesis. *Brain Struct Funct.* 2015;220(2):1221-8.
38. Lee SM, Kim BK, Kim TW, Ji ES, Choi HH. Music application alleviates short-term memory impairments through increasing cell proliferation in the hippocampus of valproic acid-induced autistic rat pups. *J Exerc Rehabil.* 2016;12(3):148.
39. Angelucci F, Fiore M, Ricci E, Padua L, Sabino A, Tonali PA. Investigating the neurobiology of music: brain-derived neurotrophic factor modulation in the hippocampus of young adult mice. *Behav Pharmacol.* 2007;18(5-6):491-6.
40. Angelucci F, Ricci E, Padua L, Sabino A, Tonali PA. Music exposure differentially alters the levels of brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in the mouse hypothalamus. *Neurosci Lett.* 2007;429(2-3):152-5.
41. Li WJ, Yu H, Yang JM, Gao J, Jiang H, Feng M. Anxiolytic effect of music exposure on BDNF/Met/Met transgenic mice. *Brain Res.* 2010;1347:71-79.
42. Marzban M, Shahbazi A, Tondar M, Soleimani M, Bakhshayesh M, Moshkforoush A et al. Effect of Mozart music on hippocampal content of BDNF in postnatal rats. *Basic Clin Neurosci.* 2011;2(3):21-6.
43. Xing Y, Chen W, Wang Y, Jing W, Gao S, Guo D et al. Music exposure improves spatial cognition by enhancing the BDNF level of dorsal hippocampal subregions in the developing rats. *Brain Res Bull.* 2016;121:131-7.
44. Feduccia AA, Christine LD. Auditory stimuli enhance MDMA-conditioned reward and MDMA-induced nucleus accumbens dopamine, serotonin and locomotor responses. *Brain Res Bull.* 2008;77(4):189-96.
45. Tasset I, Quero I, García-Mayórgaz AD, Del Río MC, Túnez I, Montilla P. Changes caused by haloperidol are blocked by music in Wistar rat. *J Physiol Biochem.* 2012;68(2):175-9.
46. Xu F, Cai R, Xu J, Zhang J, Sun X. Early music exposure modifies GluR2 protein expression in rat auditory cortex and anterior cingulate cortex. *Neurosci Lett.* 2007;420(2):179-83.
47. Marianowski R, Liao WH, Van Den Abbeele T, Fillit P, Herman P, Frachet B, et al. Expression of NMDA, AMPA and GABAA receptor subunit mRNAs in the rat auditory brainstem. I. Influence of early auditory deprivation. *Hear Res.* 2000;150(1-2):1-11.
48. Bi C, Cui Y, Mao Y, Dong S, Zhang J, Sun X. The effect of early auditory deprivation on the age-dependent expression pattern of NR2B mRNA in rat auditory cortex. *Brain Res.* 2006;1110(1):30-8.
49. Lu J, Cui Y, Cai R, Mao Y, Zhang J, Sun X. Early auditory deprivation alters expression of NMDA receptor subunit NR1 mRNA in the rat auditory cortex. *J Neurosci Res.* 2008;86(6):1290-6.
50. Wu X, Zhang L, Xu J, Xu F, Yang W, Zhang J, Sun X. Early auditory deprivation and experience modify the expression of NMDA receptor subunit NR2B protein in rat auditory

- cortex. *Progress in Biochemistry and Biophysics*. 2006;33(11):1080.
51. Jiang J, Liu G, Shi S, Li Z. Musical electroacupuncture may be a better choice than electroacupuncture in a mouse model of alzheimer's disease. *Neural Plast*. 2016.
 52. Chikahisa S, Sei H, Morishima M, Sano A, Kitaoka K, Nakaya Y, et al. Exposure to music in the perinatal period enhances learning performance and alters BDNF/TrkB signaling in mice as adults. *Behav Brain Res*. 2006;169(2):312-9.
 53. Amagdei A, Balteş FR, Avram J, Miu AC. Perinatal exposure to music protects spatial memory against callosal lesions. *Int J Dev Neurosci*. 2010;28(1):105-9.
 54. Yazdani F, Naghshvarian M, Salehi A, Marzban M. Effects of dexamphetamine and music on reversal learning. *Iran J Psychiatry Behav Sci*. 2016;10(1).
 55. Aoun P, Jones T, Shaw GL, Bodner M. Long-term enhancement of maze learning in mice via a generalized Mozart effect. *Neurol Res*. 2005;27(8):791-6.
 56. Xiong X, Han L, Liu S, Miao J, Luo M, Xue M, et al. Music intervention improves spatial learning and memory and alters serum proteomics profiling in rats. *J Neurosci Res*. 2018;96(10):1727-36.
 57. Xing Y, Qin Y, Jing W, Zhang Y, Wang Y, Guo D, et al. Exposure to Mozart music reduces cognitive impairment in pilocarpine-induced status epilepticus rats. *Cogn Neurodyn*. 2016;10(1):23-30.
 58. Chikahisa S, Sano A, Kitaoka K, Miyamoto KI, Sei H. Anxiolytic effect of music depends on ovarian steroid in female mice. *Behav Brain Res*. 2007;179(1):50-59.
 59. Meng B, Zhu S, Li S, Zeng Q, Mei B. Global view of the mechanisms of improved learning and memory capability in mice with music-exposure by microarray. *Brain Res Bull*. 2009;80(1-2):36-44.
 60. Camargo AMD, Lima DDD, Dal Magro DD, Seubert JK, Cruz JND, Cruz JGPD. Adjuvant effects of classical music on simvastatin induced reduction of anxiety but not object recognition memory in rats. *Psychol Neurosci*. 2013;6(3):403-10.
 61. Escribano B, Quero I, Feijóo M, Tasset I, Montilla P, Túnez I. Role of noise and music as anxiety modulators: Relationship with ovarian hormones in the rat. *Appl Anim Behav Sci*. 2014;152:73-82.
 62. Cruz JN, Lima DD, Dal Magro DD, Cruz JGP. Anxiolytic effect of mozart music over short and long photoperiods as part of environmental enrichment in captive *rattus norvegicus* (Rodentia: Muridae). *Scand. J. Lab. Anim. Sci*. 2015;41(7):1-7.
 63. Pietschnig J, Voracek M, Formann AK. Mozart effect—Shmozart effect: A meta-analysis. *Intelligence* 2010;38(3):314-23.

