

Sentaktik İşleme Düzeyinde Dil ve Müziğin Ortak Temelleri

Ayşe Arman Kalkandeler¹

Uludağ Üniversitesi

Özet

Darwin'den bu yana etkileşimli olup olmadıkları tartışılan dil ve müziğin, ilk bakışta birçok benzer özelliğe sahip olması, iki sürecin ortak temellere dayanıyor olabileceği hipotezini popüler bir araştırma konusu haline getirmiştir. Bu alanda yapılan ilk nöropsikolojik çalışmalar, iki sürecin birbirinden bağımsız olduğuna işaret etse de; beyin görüntüleme çalışmaları, elektrofizyolojik ve davranışsal bulgular, dil ve müzik arasındaki ilişkinin düşünüleninden daha karmaşık ve farklı olduğunu göstermektedir. Dilsel ve müzikal perde işleme becerileriyle ilgili olarak müzisyenler ve anadili tonal bir dil olan katılımcıların, kontrol gruplarına göre daha başarılı olduğunu bildiren çalışmalar da iki alanın etkileşimli olduğu hipotezini desteklemektedir. Bu derlemede; alanların bağımsızlığına ve ortaklığına ilişkin yaklaşımları destekleyen bulgular ile birbiriyle çelişen bulgular, dilin sentaktik işleme düzeyi için karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Bulgularla desteklenen kaynak paylaşımı hipotezine karşıt görüşler ve alternatif açıklamalar tartışılmış, bu alandaki literatüre ilişkin bütüncül bir bakış oluşturmak amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Alanların ortaklığı, dil, müzik, sentaktik işleme

Abstract

The language and music, which have been discussed whether they have been interactive since Darwin, have many similar features at first glance. Therefore, it has made the hypothesis that the two processes may be based on common ground as a popular research topic. Although the early neuropsychological studies in this area indicate that the two processes are independent of each other; brain imaging studies, electrophysiological and behavioral findings show that the relationship between language and music is more complex and different than we thought. The findings obtained from the performance of differentiating the linguistic and musical sounds of musicians and native tonal language speakers support the hypothesis that the two fields are interactive. In this review; in addition to the findings supporting the approach that the two processes interact with each other for the level of syntactic processing, contrary findings are also discussed. The view which are frequently supported by the findings, and alternative explanations of the source sharing hypothesis are discussed to provide a holistic view of the literature in this field.

Keywords: Domain generality, language, music, syntactic processing

İnsanın, konuşma ve müzik yapma potansiyeli ile birlikte doğduğu ve dil ile müziğin evrensel olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle bu iki alanın birbiriyle bağlantılı olup olmadığı sorusu, son yılların en popüler araştırma konularından biridir. Çünkü bu konu direkt olarak, müzik ve dil becerilerinden hangisinin evrimsel süreçte diğerinden önce geldiği sorusu ve dolayısıyla insan bilisinin evrimiyle ilişkilidir.

Darwin (1872), dil ve müziğin birlikte evrimleştiğini ve müzikten önce doğal dilin geldiğini savunur. Buna göre; müzik ve dilin birincil amacı, sesi değişimleyerek çeşitli varyasyonlarda duyularını ifade etmektir. Daha sonraki süreçte müzik, karşı cinsi baştan çıkarmak için üretilen çağrı işlevinden uzaklaşıp daha estetik bir bağlama yaklaşıyor; dil, temel iletişim işlevini sürdürmüş ve her ikisi de oldukça çeşitli formlarda var olagelmıştır. Bebeklerin, bebek yönelimli konuşma ve şarkı söyleme biçimlerini tercih ettiğini (Cooper ve Aslin, 1990; Trainor, 1996), ninniler ve oyun şarkıları ile bebek yönelimli konuşmaların ortak akustik özelliklere (yavaş, duraklamalı, yüksek perdede ve ritmik) sahip olduğunu gösteren çalışmalar (Papousek ve Papousek, 1981; Trainor ve arkadaşları, 1997), dil ve müzik arasında evrim temelli yakın bağlar olduğu görüşünü desteklemektedir. Ayrıca birçok farklı türde, bir çeşit iletişim sistemi bulunmasına rağmen, müzik ve dilin insanlara özgü olması (Jackendoff, 2009; Fitch, 2015), bilinen her kültürün dil ve müziğin farklı yerel formlarına sahip olması da müzik ve dilin ortak bir kaynaktan türemiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu noktadan yola çıkarak, bu derlemede dil ve müzik arasındaki benzerlikler ve farklılıklar özetlendikten sonra, iki alan arasındaki ilişkinin doğasına ilişkin olarak ileri sürülen hipotezler ve bulgular derlenmiştir. Hem dil hem de müzik alanında en çok çalışılan ve odaklanılan konunun sentaktik işleme olması nedeniyle, bu derlemede dil ve müziğin ortaklığı sentaktik işleme düzeyinde ele alınmıştır.

Dil ve Müzik Arasındaki Benzerlikler ve Farklılıklar

İki alan arasındaki benzerlikler, yapısal ve bilişsel olarak iki grupta toplanabilir. Yapısal benzerlikler; dil ve müziğin ses üretimini içermesi, harfler ve notalar aracılığıyla sembolik olarak ifade edilebilmesi, dil ve müziğin perde, ritim, vurgu, tempo, öbek gibi yapıları ve sentaks, armoni gibi kuralları paylaşmaları, dildeki ek-kelime-öbek şeklindeki hiyerarşik düzenlemeye benzer şekilde Batı müziğinde perdenin hiyerarşik olarak organize olması (Krumhansl, 1979), müzikte melodik kontur olarak tanımlanan ve perdenin zaman içinde yükselmesi - alçılmasıyla oluşan örüntünün, dildeki entonasyon tanımlamasına karşılık gelmesi olarak sıralanabilir. Bilişsel benzerlikler ise; dil ve müziğin zihinsel temsillerinin

depolanması için zengin bellek kapasitelerinin gerekli olması (Jackendoff, 2009), dil ve müziğin sentaks adı verilen kurallara göre organize olması, her ikisinin de öngörülebilir yapıda olması ve mevcut yapının bir sonraki aşamada ne olacağına ilişkin beklenti oluşturmaması, her ikisinin de algısal olarak ayrık, daha karmaşık, düzenli ve büyük yapılar içinde bütünleşen birimlerden oluşması (Jentschke ve Koelsch, 2009), dil ve müziğin bağlı olduğu kuralların maruz kalma sonucu beyinde içselleştirilmesi ve örtük olarak algıyı ve performansı etkilemesidir.

Bahsedilen birçok ortak özelliğin yanında, iki alan arasında birtakım farklılıklar da söz konusudur (Jackendoff, 2009). Birincisi; dil birincil olarak düşünceleri, müzik ise duyularını ifade etmede kullanılır. İkincisi; dil aracılığıyla geçmiş, gelecek ve şimdiki zaman, görünür olan ve olmayan nesnelere, kişiler ve olaylar hakkında konuşmak, soru sormak, argüman sunmak, yönerge vermek vb. birçok farklı ifade üretilebilirken, müzik duyuların ifade edilmesi konusunda oldukça başarılı olmasına rağmen, farklı ifadeler üretilebilmesi konusunda yetersiz kalmaktadır. Üçüncüsü; perde, temel akustik bir özellik olarak hem müzik hem de dille ilgili (özellikle tonal dillerde) olmasına rağmen; müzikte perde, belirli bir tona bağlı olarak düzenlenirken, dilde böyle bir sabitlik yoktur. Dördüncüsü; insan ses tellerinin yapısı nedeniyle dilde perde, devamlı ve eğrisel bir şekilde ilerlerken, müzikte ise perde aralıklı olarak değişir (Bidelman, Gandour ve Krishnan, 2010). Beşincisi; müziğin sabit aralıklı ölçüler ve hiyerarşik tonal yapı gibi melodik özellikleri, tamamen kendine özgüdür ve dilsel öğelerle benzerliği yoktur (Krumhansl, 1990).

Bütün bu benzerlik ve farklılıklar tartışılırken, dil ve müziğin etkileşimli ve benzer olduğuna ilişkin olarak günlük hayattan verilebilecek iki güzel örnek; ritmik ve ahenkli yapısıyla şiir türü ve kelimelerin müzikal bir ritmi izlediği rap şarkıları olabilir. Ancak yapılan bilimsel çalışmalar dikkate alındığında, henüz bu konuda fikir birliğine varılamadığı görülmektedir. Müzik ve dili işlemenin ortak yapı ya da kaynakları paylaşıp paylaşmadığı, son yıllarda popüler bir araştırma konusudur ve bu probleme yönelik olarak temel iki hipotez ileri sürülmüştür. Bu iki hipotezi, hipotezlerin dayanak noktalarını, hipotezleri destekleyen ve yanlışlayan bulguları açıklamak, derlemenin temelini oluşturması açısından önemli olacaktır.

Dil ve Müzik İlişkisi Üzerine İki Hipotez

Bağımsızlık Hipotezi

Bağımsızlık hipotezi, dil ile müziğin birbirinden bağımsız iki süreç olduğunu savunur. Bağımsızlık hipotezinin dayanaklarından biri, konjenital amüzik vakalarıdır. Konjenital amüzi (diğer adıyla; ton sağırlığı); işitme kaybı, beyin hasarı ya da müziğe maruz kalma eksikliği

ile açıklanamayan, hayat boyu devam eden melodi algılamaya ve üretme bozukluğu olarak tanımlanmaktadır (Peretz, 2012). Amüzik bireyler; melodilerdeki uyumsuz perdeleri belirleyemezler, ahengin farkında olmazlar, melodileri tanıyamazlar, tona uygun bir biçimde şarkı söyleyemezler, ritme uygun bir biçimde dans edemezler. Müzikal becerilerdeki bozulmalara karşın, amüzik bireylerin konuşma ve konuşmayı anlama becerilerinde bozulma olmaması, çoğunlukla bağımsızlık hipotezini destekleyen bir olgu olarak değerlendirilmektedir. Ancak bazı araştırmacılar, amüzinin yalnızca müzikle ilişkili olmayabileceğini ortaya atmıştır (Peretz ve ark., 2002). Bunun nedeni olarak, amüziklerin sıklıkla, konuşulan dildeki perde değişimine dayalı kelime vurgusu, perdenin kullanımıyla ayırt edilebilen cümle tipi (soru cümlesi/ yargı cümlesi vb.) gibi bilgileri anlamaya ilgili problemlerden bahsetmeleri öne sürülmektedir. Ancak amüzik bireylerin konuşulan dildeki perde bilgisini değerlendirme performansının bozulduğunu rapor eden çalışmalar (Patel, Wong, Foxton, Lochy ve Peretz, 2008; Liu ve diğer., 2010; Tillmann ve diğer., 2011) bir yana, amüzik bireylerde dil becerilerinin kontrol grubundan farklılaşmadığını bildiren araştırmalar (Patel, Peretz, Tramo ve Labreque, 1998; Ayotte, Peretz ve Hyde, 2002) da bulunmaktadır. Amüzinin, dilin işlenmesinde bozukluğa neden olup olmadığı konusunun hala tartışmalı olması nedeniyle bağımsızlık hipotezi, amüzik bireylerin dil görevlerindeki performansını açıklayamamaktadır.

Bağımsızlık hipotezinin bir diğer dayanak noktası, beyin hasarlı hastalarda rapor edilen müzik becerilerindeki seçici bozulmalardır. Peretz ve arkadaşları (1994); süperior temporal korteksi çift taraflı olarak hasar görmüş iki vakada, konuşma ve çevresel seslerin algılanmasının korunurken, müzikal uyarıların melodik özelliklerinin işlenmesinin seçici olarak bozulduğunu bildirmiştir. Peretz ve Coltheart (2003) ise yaptıkları derlemede; kelimeleri ve diğer çevresel sesleri tanımada herhangi bir bozulma göstermezken, tonları tanıma becerisi bozulan vakalar; müzik tanıma becerisi sağlamken, kelimeleri ve çevresel sesleri tanımada zorluk çeken vakalar; ya da yalnızca kelimeleri tanıma becerisi bozulmuş vakalar rapor etmişlerdir. Onlara göre; eğer dil ve müzik için ortak bir işleme sistemi olsaydı, beyin hasarı sonrası dil ya da müzik becerilerinden birinde ortaya çıkan bozulma diğerini etkileyecek ve bu şekilde seçici performans bozuklukları ortaya çıkmayacaktı. Buradan hareketle yazarlar ileri sürdükleri modelde; akustik uyarının kontur analizi, aralık analizi ve tonal kodlaması müzik işlem modülüne özgü süreçler olarak değerlendirilirken; ritim analizi, ölçü analizi ve duygusal ifade analizi süreçleri ise dil ile müzik için ortak olabilecek süreçler olarak önerilmiştir. Önerilen bu model, beyin hasarı sonucunda gözlenen seçici bozulmaları açıklamaktadır.

Dil ve müziğin ilişkili olup olmadığına ilişkin araştırma problemlerine yönelik ilk tartışmalar nöropsikolojik veriler üzerinden yürütülmüştür. Ancak bulgular, iki alanın bağımsız olduğunu ileri süren hipotezi destekleme konusunda tutarlı değildir.

Ortaklık Hipotezi

Ortaklık hipotezi, söz konusu iki alanın ortak temeller ve süreçlerle ilişkili olduğunu ileri sürer. Bağımsızlık hipotezi, nöropsikolojik verileri dayanak alırken; ortaklık hipotezi, davranışsal ve nöral bulgularla desteklenmektedir. Son yıllarda, dil ve müziğin etkileşiminin incelendiği çalışmalarda fMRI (functional magnetic resonance imaging) ve PET (positron emission tomography) teknikleriyle elde edilen bulgular, her iki görev sırasında sıklıkla benzer beyin bölgelerinin aktive olduğuna işaret etmektedir (Koelsch ve ark., 2002; Brown, Martinez ve Parsons, 2006). Herhangi bir müzik eğitimi almamış katılımcıların kendilerine sunulan perde dizilerindeki tonu, öbekleri, değişimleri ve normalden sapan enstrümanları tespit etmelerinin gerektiği görevlerde (Koelsch ve ark., 2002); müzikal uyarıların; anterior süperior insular alanlara ek olarak dil ile ilişkili olduğu bilinen Broca ve Wernicke alanları, süperior temporal sulkus, Heschl girus, planum polare ve planum temporale bölgelerinde aktivasyona neden olduğu bildirilmiştir. Melodi ve cümle üretme görevlerinde aktive olan alanların (bilateral suplementer motor alan, sol primer motor korteks, bilateral premotor korteks, sol pars triangularis, sol primer işitme korteksi, bilateral ikincil işitme korteksi, anterior insula, sol anterior singulat korteksi) oldukça örtüştüğü bildirilmiştir (Brown, Martinez ve Parsons, 2006). Benzer şekilde, iki görevde birbirleriyle örtüşen korteks altı alanlarda (talamus, putamen, globus pallidus, kaudat nükleus, posterior serebellum, orta beyin) aktivasyon gözlenmiştir. Ayrıca her iki görevde, başta parieto-okspital alanlar olmak üzere deaktivasyon alanlarında da dramatik bir örtüşme dikkat çekmektedir. Dilin işlenmesi için özelleşmiş nöral ağın, müzikal uyarının işlenmesi için de aktive olması; dilin işlenmesinin sanıldığı kadar alana özgü olmadığına işaret etmektedir.

Müzikal beceriler ile farklı dil becerileri arasındaki olası bağlantılara ilişkin olarak ileri sürülen bulgular değerlendirildiğinde ortaklık hipotezi, müzik ve dil becerileri arasında pozitif transfer olgusunu ileri sürmektedir. Eğer müzik ile dilin işlenmesi birbirine benzer ise; müzikal uzmanlığa bağlı olarak gelişen beceriler, dilsel materyalde de etkili olmalıdır. Bu nedenle, müzisyenler yalnızca müzikal görevlerde değil, dil görevlerinde de müzik eğitimi almamış olan bireylerden daha iyi performans sergilemelidir. Bu noktada iki olası ilişkinin söz konusu olduğu düşünülebilir. Birincisi; müzik eğitimi, sö-

zel becerilerle de ilişkili olan alana özgü becerileri (nota okumak, sesleri kategorize etmek, vb.) geliştiriyor olabilir. İkincisi ise, müzik eğitiminin genel bilişsel becerileri geliştirmesidir. Demografik değişkenler kontrol edildiğinde, müzisyen grubun, işitsel ayırt etme becerilerine ek olarak kelime bilgisi ve sözel olmayan akıl yürütme becerilerinin kontrol grubuna göre daha iyi olduğu bildirilmiştir (Forgeard, Winner, Norton ve Schlaug, 2008). Sözel olmayan IQ, yürütücü işlev, ebeveyn dil ve müzik becerileri kontrol edildiğinde; üretici dil becerilerinin, üretici müzik becerileriyle; sentaktik dil becerilerinin, sentaktik müzik becerileriyle; konuşmada duygu tanıma becerisinin, tonal dizilerdeki duygu tanıma becerisiyle anlamlı bir şekilde ilişkili olduğu bildirilmiştir (Cohrdes, Grolig ve Schroeder, 2016). İki alan arasındaki bu çoklu ilişkiler, farklı seviyelerde pozitif transfere işaret ederek ortaklık hipotezini desteklemektedir.

Ortaklık hipotezi özel gruplarla yürütülen çalışmalarda da ele alınmaktadır. Otizmlilerde dil becerilerindeki bozukluk; kısa cümleleri tercih etme, gramerin hatalı kullanımı, dilin sosyal kullanımının yetersizliği şeklinde gözlenir (Bacon, Osuna, Courchesne ve Pierce, 2019). Altı farklı görgül çalışmanın dahil edildiği meta analiz sonucunda; müzik terapisinin otizmlilerde dil becerilerini iyileştirdiği (Shi, Lin ve Xie, 2016) ve konuşmanın prosodik ipuçlarını kullanarak duygusal çıkarım yapma performansını artırdığı (Thompson, Schellenberg ve Husain, 2004; Lima ve Castro, 2011) gözlenmiştir. Ayrıca müzik terapisinin, akıcı olmayan afazisi olan bireylerde de kelimeyi getirme, prosodi, artikülasyon performansını iyileştirdiği gözlenmektedir (Tomaino, 2012). Bu bulgular, müzik becerilerinin gelişmesine paralel olarak dil becerilerinin de geliştiğine işaret etmektedir. Diğer taraftan; dil becerilerinde otizm benzeri bozulmalar olmasına (Klein-Tasman, van der Fluit ve Mervis, 2018) rağmen Williams sendromlu çocukların, müzik becerilerinin oldukça iyi olduğu görüşünü destekleyen çalışmalar, bu çocukların şarkıları kolayca öğrenebildiğini (Udwin ve ark., 1987), ritim ve armoni algılarının gelişmiş olduğunu ve mutlak kulağa sahip olma olasılıklarının normal popülasyona göre daha yüksek olduğunu (Lenhoff, 1996) bildirmiştir. Otizm ve afazi gruplarının dil ve müzik becerilerinde gözlenen etkileşimin, Williams sendromlu çocukların dil ve müzik becerilerinde ortaya çıkıyor oluşunu ortaklık hipotezi açıklayamamaktadır.

Bu derlemede, davranışsal ve nöral verilerle sıklıkla desteklenen, dil ve müziğin ortak temellere dayandığı ileri süren hipotez, sentaktik işleme düzeyine odaklanılarak ele alınacaktır. Beyin, dil ve müziğin kurallarına ilişkin olarak kazanılan örtük bilgiler aracılığıyla dilsel ve müzikal uyarınları işlemler (Tillmann, 2012). Bu nedenle, dil ve müziğin işlenmesiyle ilgili

ortaklık hipotezi sıklıkla yapısal bütünleştirme süreci ve sentaktik işlemeyle ilişkili olarak ele alınır. Bu bakış açısıyla, derlemenin geri kalanında; dil ve müziğin sentaktik düzeyde ortak temellere dayandığını ileri süren hipotez, bu hipotezi test etmek üzere kullanılan görevler, bulgular ve alternatif açıklamalar tartışılmıştır.

Sentaktik İşleme Düzeyinde Dil ve Müzik

Müzikal bir örüntüdeki yapısal organizasyonları belirleyen kurallar, dildeki sentaks ile benzerlikleri nedeniyle sentaktik kurallar olarak tanımlanır (Bigand, Tillmann ve Poulin-Charronat, 2006). Tıpkı dilin grameri olduğu gibi müziğin de birtakım kuralları ve düzenlilikleri vardır. Bu şekilde bireyler, bir sonraki bileşene ilişkin beklenti ve öngörü oluşturabilmektedir. Son yıllarda, müzikte sentaksın, en az dilin sentaktik işlenmesi kadar gerekli ve önemli olduğunu ileri süren araştırmacılar, bu varsayımdan yola çıkarak konuyla ilgili aydınlatıcı çalışmalar yapmaktadır. EEG (electroencephalography) bulguları, tıpkı dilde olduğu gibi, dinleyicilerin müzik dinlerken de iç içe hiyerarşik olarak organize olmuş, uzak mesafeli sentaktik yapıları işleyebilen bilişsel işlemler yaptıklarını göstermektedir (Koelsch, Rohrmeier, Torrecuso ve Jentschke, 2013). Konuşulan dil ve müzik için öbek sınırlarının (phrase boundary) algılanmasının, birbirine benzer beyin aktivasyon örüntüleri ortaya çıkarttığı rapor edilmiştir (Knösche ve ark., 2005). Müzikal düzenlilikler ve kurallar, kültürler ve müzik tarzları arasında farklılık göstermekle birlikte; araştırmalara konu olan Batı müziği majör-minör tonal düzenliliklere dayanır (Krumhansl, 1990). Buna göre perdeler; armonik yapıyı oluşturmak üzere belli kurallara göre sıralanırlar. Bu düzenleme müzikal sentaks olarak ele alınır ve günlük hayatında Batı müziği dinleme deneyimi olan, müzik eğitimi almamış bireylerin dahi algısal işlemleri bu düzenliliklerden etkilenir.

Dil ve müzik ilişkisi ele alındığında, her iki sentaks sistemi birbirinden oldukça farklıdır (Patel, 1998). Müzik, dildeki; isim ve eylem kategorileri, kelimenin cümle içinde özne, yüklem, nesne gibi farklı işlevlerinin olması ve cümlelerde uzak sentaktik bağlantıların oldukça yaygın olması özelliklerine sahip değildir. Ayrıca, herhangi bir perde dizisi bir melodide, kelimenin cümledeki sentaktik yapıyı belirlemesi gibi etkili olamaz. Bu farklılıklar nedeniyle iki alan arasındaki örtüşmenin temsil düzeyinde değil, işleme düzeyinde olduğu ileri sürülmektedir.

Sentaktik İşlemede Kaynak Paylaşımı Hipotezi

Dilin sentaktik işlenmesinde görev alan çalışma belleği sisteminin frontal bölgelerle ilişkili olduğunu

ve bu alanların sembol manipülasyon sistemi içerdiğini ileri süren ikili sistem teorisi, dilde sentaktik bütünleştirme için özelleşmiş bir yapıya işaret etmektedir (Caplan ve Waters, 1999; Ullman, 2001). Patel (2003), dil ve müziğin sentaktik işlemlenmesi için ileri sürülmüş, iki ayrı bilişsel teoriden yola çıkarak; sentaktik bütünleştirme sisteminin dilsel ve müzikal sentaks için ortak olduğunu ileri sürmektedir. Söz konusu iki teoriyi kısaca açıklamak, önerilen yapının anlaşılabilmesi için faydalı olacaktır.

Gibson (1998)'ın Yerel Bağımlılık Teorisine (Dependency Locality Theory) göre; dilsel sentaktik işleme sırasında çözümleyici sistem, eş zamanlı olarak çıkarım yapma ve yapısal bütünleştirme işlemlerini yürütür. Çözümleyici sistem, mevcut kelimelerden yola çıkarak sonraki birimlere ilişkin çıkarımda bulunur ve gelen birimler bu çıkarımlarla uyumluysa yapısal bütünleştirme işlemi otomatik olarak gerçekleşir. Çıkarımlarla uyum olmayan veriler, sürecin bozulmasına ve mevcut yapının yeniden analiz edilmesine neden olur. Bu teorinin varsayımlarının birincisine göre, yeni birimlerin uzak birimlerle bağlantılı olması, işlemlemeyi ve bütünleştirmeyi güçleştirir. İkinci varsayım ise; çözümleyici sistemin mevcut yapıdan yola çıkarak, bir sonraki kelimenin sentaktik kategorisine ilişkin beklenti oluşturduğudur. Sentaktik beklentiye ihlal eden kelimeler ise, süreci bozar. Bu nedenle yanlış yorumlanan cümlelerin (garden-path sentences) işlemlenmesi oldukça zordur. Yanlış yorumlanan cümleler, gramer açısından doğru cümleler olmasına rağmen, cümlenin sentaktik yapısı nedeniyle, cümlenin başında okuyucunun yaptığı çıkarım, cümlenin devamı geldikçe yanlışlanır. Bir başka ifadeyle, cümle, okuyucuya daha aşına olan bir anlamın çıkarsanması için okuyucuyu yanlış yönlendirir. Örneğin; “*The man who hunts ducks out on weekends* (Avlanan adam, haftasonları ortadan kaybolur)” cümlesinin başında, “*hunts* (avlanmak)” kelimesinden sonra, adamın ördek avlamasıyla ilgili bir çıkarım oluşur. Ancak cümlenin devamında okuyucu, eylemin “*ducks out* (ortadan kaybolmak)” olduğunu ve cümlede avlanan adamın haftasonları ortadan kaybolduğuna ilişkin bilgi verildiğini çıkarır. Bu cümleler, birden fazla anlama gelebilecek bir kelime ya da öbek barındıran, okuyucunun bu olası anlamlardan birini benimseyerek cümleyi çözümlemeye başladığı ve çoğunlukla bu benimsenen anlamın yanlış olduğu cümlelerdir. Sıklıkla okuyucu, cümlenin başına geri dönerek tekrar çözümleme süreci sonunda doğru anlamı çıkarabilir. Bu özellikleri nedeniyle yanlış yorumlanan cümleler, sentaktik işleme görevlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Tonal Perde Uzamı Teorisine (Tonal Pitch Space Theory; Lerdahl ve Jackendoff, 1983) göre ise; melodilerin perde özellikleri ağaç benzeri hiyerarşik bir yapı

şeklinde organize olur. Birbiri ardından gelen perdeler, bir önceki perdeyle olan uzaklıklarına göre değerlendirilir ve ağaca eklenir. Perdeler arası uzaklık arttıkça algılanan gerilim de artar. Her iki teoride de; bütünleştirme birimler arası uzaklığa göre yürütülür. Yeni birim geldiğinde, bir önceki birimle ilgili işlem devam etmektedir ve bu şekilde birimler arası uzaklık belirlenir. Birimler arası uzaklık arttıkça, yeni gelen birim beklentiye uymadığı için işleme güçleşir. Sonuç olarak; yapısal bütünleştirme süreci, dilsel ve müzikal sentaktik işleme için ortak gibi görünmektedir. Buradan hareketle, Patel (2012); sentaktik bütünleştirme kaynaklarının paylaşımı hipotezini (shared syntactic integration resource hypothesis) ileri sürmüştür. Hipotezini iki temel varsayım vardır. Birincisi, dil ve müziğin alana özgü ve ayrı olarak temsil edildiğidir. İkinci varsayımına göre ise, bu alana özgü temsillerde benzer bilişsel işlemler yapıldığında beyin, nöral kaynakları iki alan arasında paylaşır. Bu paylaşım organizasyonunda aktivasyon için gerekli olan kaynaklar kısıtlı olduğu için, eş zamanlı yapısal bütünleştirme işlemi söz konusu olduğunda, iki süreç birbirini bozucu etki yapar.

Patel (2003)'e göre; yapıların sentaktik bütünleştirilmesiyle ilişkili süreçler için nöral kaynaklar paylaşılırken; müzikal ve dilsel temsiller ayrı nöral ağlarda temsil edilmektedir. Temsillerin ayrı olarak temsil edilmesi, beyin hasarı söz konusu olduğunda hasarın, seçici olarak ortaya çıkmasına neden olur. Bu açıklama, bazı vakalarda görülen ayrı hasarı açıklamaktadır. Bir başka deyişle, seçici beyin hasarına sahip vakalar, müzik ve dilin ayrı alanlar olduğuna ilişkin hipotezi desteklemek için yeterli kanıt oluşturmamaktadır. Dilsel ve müzikal sistemler bağımsız olabilirler, ancak dil ve müzik eş zamanlı olarak sentaktik çalışma belleğine eriştiğinde, işleme için gerekli kaynaklar paylaşılır. Yapısal bütünleştirme sistemi, gelen birimleri (kelime ya da akor), geliştirilmekte olan yapı (cümle ya da armonik dizi) ile bütünleştirir. Bu sistem anlık olarak işleyerek, dil ve müzik için alana özgü olarak temsil edilen ağlardaki ilişkili birimlerin seçici olarak aktive edilmesini sağlar. Uzun süreli bellekte alana özgü olarak depolanmış temsillerin aktivasyonu için nöral kaynak sağlayan ağlar, dil ve müzik için birbiriyle örtüşür.

Patel (2003)'in önerdiği sentaktik bütünleştirme hipotezi, Kljajević (2010)'in ileri sürdüğü Sentaktik Çalışma Belleği (SÇB) Teorisiyle de uyumludur. Sentaktik çalışma belleği teorisine göre; dilin işlemlenmesinde, uzun süreli bellekte kaydedilmiş olan sentaktik bilgi ve kuralların otomatik olarak geri getirilmesi ile çalışma belleği tarafından anlık olarak cümlenin yapısının işlemlenmesi arasında aracılık işlevi gören bir çeşit çalışma belleği görev yapar. SÇB, spesifik olarak, devamlı olarak gelen girdilerden inşa edilen temsillerdeki yapısal

çıkarımları yapmakla görevlidir. Buna göre; sentaktik çalışma belleği, dilsel ve müzikal uyarıların sentaktik işlenmesinde görev alırken, uyarılar eş zamanlı olduğunda kaynakları paylaşır. Fiveash ve Pammer (2014); bu hipotezi test ettikleri çalışmada; sentaktik ihlal içeren müzikal uyarılar eşliğinde görsel olarak sunulan cümlelerle ilgili bellek performansının, sentaktik ihlal içermeyen müzikal uyarıların sunulduğu koşula göre daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Bir başka ifadeyle, müzikal sentaktik ihlal koşulunda dilsel görevdeki performansın azalması, dilsel ve müzikal sentaktik işleme için sentaktik çalışma belleği kaynaklarının paylaşıldığına işaret etmektedir.

Sentaktik İşlemede Kaynak Paylaşımının Nöral Altyapısı

Sentaktik işleme sürecindeki bütünleştirme işleminin nöral altyapısı, dil ve müziğin ortak kaynaklar kullandığı hipotezini desteklemektedir. Musso ve arkadaşları (2015); beyinde dil ve müziğin sentaktik işlenmesinin, sol hemisferde yerleşmiş olan inferior frontal korteks merkezli nöral ağlarla ilişkili olduğunu rapor etmiştir. Dil için, sol hemisfer merkezli temporal alan daha çok aktivasyon gösterirken; müzik için, dilden farklı olarak sağ hemisferde dorsal alanların da aktive olduğu bildirilmiştir. Buna göre araştırmacılar; inferior frontal korteks merkezli, dorsal ve ventral ikili yolak sisteminin, dil ve müzikte sentaks işleme için nöral temellere katkı yaptığını rapor etmiştir. Bu bulguyla örtüşecek şekilde, Patel (2012) sentaktik temsillerin posterior alanlarla, işleme için gerekli olan nöral kaynakların frontal alanlarla ilişkili olduğunu ileri sürmüştür.

Grewé ve arkadaşları (2005); Broca bölgesindeki pars operkularis alanının, sıralı bir yapı inşa etmek için farklı bilgileri bütünleştirme işlevinden söz etmiştir. MEG (magnetoencephalography) ölçümlerinde, armonik ihlal nedeniyle gözlenen elektriksel aktivitenin Broca alanında ortaya çıktığı (Maess, Koelsch, Gunter ve Friederici, 2001); fMRI ölçümlerinde, müzikal sentaks işleme ve dilsel sentaks işleminin Broca alanında etkileşime girdiği (Kunert, Willems, Casasanto, Patel ve Hagoort, 2015) bildirilmiştir. Buradan hareketle Broca alanının, inferior frontal girus ve ventral premotor korteks bölgeleriyle birlikte Kljajević (2010)'in ileri sürdüğü sentaktik çalışma belleğine katkı yaptığı ve dil ile müziğin sentaktik işlenmesi sırasında bütünleştirme süreci için kaynak sağladığı düşünülmektedir (Fadiga, Craighero ve D'Ausilio, 2009).

Bulgular, dilsel ve müzikal uyarıların sentaktik işlenmesi sürecinin, ortak nöral yapılarla ilişkili olduğuna işaret ederken; kaynak paylaşımı hipotezi, çoğunlukla belli başlı görevlerin kullanıldığı yöntemlerle test edilmiştir. Perde ayırt etme görevi, aynı/farklı görevi

ve sentaktik uyumluluğu değerlendirme görevi; kaynak paylaşımı hipotezinin varsayımlarını dolaylı olarak test ederken; enterferans ve hazırlama paradigmasını temel alarak yapılan çalışmalar, hipotezi doğrudan test etmesi nedeniyle daha çarpıcı sonuçlara işaret etmektedir. Her bir görev için, yapılan çalışmalarda elde edilen davranışsal veriler, elektrofizyolojik bulgularla birlikte tartışılmıştır.

Perde Ayırt Etme Görevi

Dil ve müziğin etkileşimli iki alan olduğu hipotezini test eden çalışmalarda, perde ayırt etme görevi sıklıkla kullanılmaktadır (Koelsch, Schmidt ve Kansok, 2002; Magne, Schön ve Besson, 2006; Moreno ve Besson, 2006). Perde ayırt etme görevinde katılımcılara, müzikal koşulda melodiler, dilsel koşulda ise cümleler işitsel olarak sunulur. Uyumluluk koşulunda, her bir melodinin son perdesi melodinin geri kalanıyla, her bir cümlenin son kelimesi cümlenin geri kalanıyla sentaktik olarak uyumludur. Uyumsuzluk koşulunda ise, her bir melodinin son perdesi melodinin geri kalanıyla, her bir cümlenin son kelimesi cümlenin geri kalanıyla uyumsuz olacak şekilde belirlenmiştir. Uyumsuzluk sıklıkla zayıf ve güçlü olmak üzere iki düzeyde değişimlenir. Güçlü uyumsuzluk, belirgin ve kolay saptanabilen uyumsuzlukları ifade ederken; zayıf uyumsuzluk, tespit edilmesi daha zor ve belirgin olmayan uyumsuzlukları ifade etmektedir. Katılımcılardan sunulan dizilerde anormallik olup olmadığına karar vermeleri istenir. Görevde, müzikal perde işleme becerisi açısından uzman olan müzisyen bireyler deney grubunu, müzik eğitimi almamış olan katılımcılar ise kontrol grubunu oluşturur. Deney ve kontrol grubu, hata sayısı ile tepki zamanı açısından karşılaştırılır. Bu görevde; müzisyenlerin dil koşulundaki uyumsuzlukları belirleme kontrol gruplarına göre daha iyi performans sergilemesi, dil ve müziğin sentaktik işlenmesinde ortak mekanizmaların kullanıldığına işaret etmektedir.

Davranışsal ölçümlere ek olarak bu görevde sıklıkla ERP (event-related potential) ölçümleri de alınmaktadır. ERP çalışmalarında müzikal sentaksın işlenmesi; armonik olarak uyumlu olan ve olmayan seslere verilen tepkilerin karşılaştırılmasına dayanır. Müziğin temel özelliklerinden olan sentaktik işleme, uyarının sunumunun ardından yaklaşık 150-400 ms sonra gözlenir. Müzikal düzenliliğin ihlal edilmesine verilen nöral tepkilerin, dikkat öncesinde ortaya çıkan ve uyarı sunulduktan 200 ms sonra en büyük değerine ulaşan, erken sağ anterior negativite (ERAN, early right anterior negativity) ile temsil edildiği iddia edilmektedir (Koelsch, Gunter, Friederici ve Schröger, 2000). Çoğunlukla sol hemisferde olmakla birlikte bazen bilateral olarak ortaya çıkan ERAN'ı çoğunlukla, müzikal bütünleştirme

ve semantik işleme sürecini yansıtan geç negativite tepkisi (late negativity) yani N5 takip eder. Müzisyenlerde açık bir şekilde daha büyük bir genlikle ortaya çıkan ERAN (Koelsch, Schmidt ve Kansok, 2002), müzik eğitimi olmayan bireyler (Koelsch ve ark., 2000) ve hatta beş yaşından itibaren çocuklarda dahi gözlenmektedir (Koelsch & ark., 2003). Müzikal bir dizinin tınısındaki bir değişimin yani fiziksel bir sapmanın ya da düzensizliğin ortaya çıkardığı MMN (mismatch negativity) örüntüsünün eğitim almış ve almamış grupları ayırt etmemesi; ERAN tepkisinin, müzisyenlerdeki işitsel duyarlılığın genel olarak daha iyi olmasıyla ilişkili olmadığını, sentaks ihlalini belirttiğini göstermektedir (Koelsch, Schmidt ve Kansok, 2002).

Dilsel sentaksın işlenmesi ise erken sol anterior negativite (ELAN, early left anterior negativity) ve geç pozitivite (late positivity) yani P600 ile ilişkilidir (Friederici, Pfeifer ve Hahne, 1993). ELAN, bir sonraki birimin, önceden kurulmuş olan yerel sentaktik yapı ile uyumlu olup olmadığına işaret eder. P600 ise çoğunlukla, yeniden analiz etme ya da düzeltme gibi ikincil düzeydeki sentaktik analiz süreçlerini yansıtır.

ERAN ve ELAN, her ikisi de yapısal bir beklentinin ihlal edilmesi durumunda gözlenir. Her ikisinin nöronal oluşumu birbiriyle örtüşmekte ve inferior frontolateral korteks ile anterior süperior temporal girus alanlarından kaynak almaktadır (Maess, Koelsch, Gunter ve Friederici, 2001). ERAN ve ELAN'ın benzer beyin bölgelerinde ortaya çıkması ve aralarındaki yakın ilişki nedeniyle, müzik ve dilin nöral bir temeli paylaşabileceği, her iki alan arasında transfer olabileceği düşünülmektedir.

Davranışsal bulgulara ek olarak ERP ölçümlerinin de alındığı perde ayırt etme görevini kullanan çalışmalarda, sıklıkla müzisyenler ve müzik eğitimi almamış bireylerin performansları karşılaştırılmaktadır. Müzisyenler grubu ve müzik eğitimi almamış katılımcıların oluşturduğu kontrol grubunun perde ayırt etme görevindeki performanslarını ele alan çalışmalar, müzik eğitiminin dilsel perde işleme becerilerini geliştirdiğine işaret etmektedir. Müzisyenler, zayıf uyumsuzluk koşulunda hem müzikal hem de dilsel uyarılar için kontrol grubuna göre anlamlı bir şekilde daha az hata yaparken, reaksiyon zamanlarının da daha kısa olduğu gözlenmiştir (Schön, Magne ve Besson, 2004). ERP bulgularına göre ise, her iki grupta dilsel materyaller için uyumsuzluk koşullarında uyumlu koşula göre daha geniş negatif bileşen genlikler ortaya çıkmıştır. Benzer bir yöntem kullanan Magne, Schön ve Besson (2006); müzisyen çocukların hem müzik hem de dil koşulunda, zayıf uyumsuzlukları belirlemede kontrol grubundan anlamlı bir şekilde daha iyi performans sergilediklerini bildirmiştir. ERP bulgularına göre ise; müzik koşulunda müzisyen grupta uyumsuzluklar, uyumsuzluk içermeyen koşula göre daha ge-

niş erken negatif bileşenleri ortaya çıkarmasına rağmen; müzisyen olmayan grubun ERP profillerinde, uyumsuzluğun derecesine göre farklılaşma gözlenmemiştir. Dil koşulunda, müzisyen grupta uyumsuzluklar kontrol koşuluna göre daha geniş geç pozitivite genliği ortaya çıkarırken; müzisyen olmayan grupta yalnızca güçlü uyumsuzluk koşulunda kontrol koşuluna göre daha geniş geç pozitivite tepkisi gözlenmiştir. Yine müzisyen çocuklarla yapılan benzer bir çalışmada (Jentschke ve Koelsch, 2009); hem deney hem de kontrol grubunda uyumsuz müzikal uyarılar ERAN tepkisi ortaya çıkarmakla birlikte, müzik eğitimi almış olan grupta ERAN genliği, kontrol grubuna göre iki kat daha geniştir. Dil görevinde ise; ELAN tepkisi her iki grupta da gözlenmesine rağmen, müzik eğitimi grubunda kontrol grubuna göre beş kat daha geniş bir genlikle ortaya çıkmıştır. Bu bulgular, müzik eğitiminin dilsel perde işlemeyi geliştirdiğine işaret etmektedir. Dilsel uyarıların güçlü ve zayıf uyumsuzluk içerdiği koşullarda, müzisyenler ve kontrol grubundaki katılımcılardan elde edilen ölçümlere göre, her iki grupta da ortaya çıkan negativitenin kafatasındaki dağılımı, uzmanlığa bağlı olarak farklılık göstermiştir (Schön, Magne ve Besson, 2004). Negativite, müzisyenlerde bilateral temporal alanlarda daha geniş iken; kontrol grubunda sol temporal alanlarda en geniş genlikle ortaya çıkmıştır. Bu durum, müzik eğitimi almış bireylerde dil işleme becerilerinin farklılaştığını göstermektedir. Buradan hareketle, müzik eğitiminin dilsel perde işleme becerisi üzerindeki etkisi deneysel yöntemle ele alınmıştır (Moreno ve diğ., 2009). Deney öncesinde herhangi bir müzik eğitimi almamış katılımcıların, kendilerine kısa süreli olarak verilen müzik eğitiminin öncesinde ve sonrasında perde ayırt etme görevi performansları ölçülmüştür. Bulgulara göre; müzik eğitimi dilsel materyaldeki zayıf uyumsuzlukların ayırt edilmesini anlamlı bir şekilde geliştirmiştir. Bir başka ifadeyle, müzik eğitimi dilsel perde ayırt etme performansında başarıyı artırmaktadır. Benzer bir deneysel yöntem kullanılan başka bir çalışmada (Moreno ve Besson, 2006); ERP ölçümlerine göre, güçlü uyumsuzluk koşulunda daha geniş geç pozitif bileşen genlikleri ortaya çıkmıştır. Eğitim sonrasında, geç pozitif bileşen genlikleri yalnızca müzik grubunda ön ölçümlere göre daha dar bir örüntü sergilemiştir. Bir başka ifadeyle, dilsel materyalde perde işlenmesine ilişkin aktivasyonun azalması yalnızca müzik eğitimi verilen grupta gözlenmiştir. Bu durum, müzik eğitiminin dilsel işlemeyi geliştirdiği hipotezini desteklemektedir.

Aynı/Farklı Görevi

Bu görevde katılımcılara, tonal bir dilin sıklıkla tek heceli kelimelerinden oluşan iki kelime dizisi ya da birkaç perdeden oluşan iki müzikal dizi işitsel olarak art

arda sunulur (Marie, Delogu, Lampis, Belardinelli ve Besson, 2011). Görevde sunulan iki dizi tonal olarak birbirinin aynı olabildiği gibi bazı dizi çiftleri tonal olarak birbirinden farklıdır. Bu farklılık genellikle, dizinin bir ögesinin tonunun değişimlenmesi aracılığıyla oluşturulur. Katılımcılardan art arda sunulan dizilerin aynı olup olmadığını tespit etmeleri beklenmektedir. Bazı çalışmalarda katılımcının darvaranışsal tepki vermesi beklenirken, bazı çalışmalarda beyin tepkisi kaydedilmiştir.

Aynı/farklı görevinin kullanıldığı çalışmalarda tonal diller sıklıkla kullanılır. Çünkü tonal dillerde, kelime ya da hece seviyesindeki perde değişimleri sözlüksel olarak anlamlıdır. Örneğin, Mandarin Çincesi'nde "ma" hecesi dört farklı tonda farklı anlamlara karşılık gelmektedir. Bu nedenle, anadili tonal bir dil olan bireyler, küçük perde değişimlerine dahi duyarlıdır. Ayrıca yapılan çalışmalar, konuşma seslerindeki akustik özelliklerin, bu dili anadili olarak konuşan katılımcılar tarafından otomatik olarak işlendiğini göstermektedir (Zhang, Kuhl, Imada, Kotani ve Tohkura, 2005). Bir başka ifadeyle dile özgü deneyimler, akustik ipuçlarının otomatik işlenmesini etkilemektedir. Bu nedenle, müzik ve dilin etkileşimini ele alan araştırmalarda; tonal dil konuşan bireyler, müzisyenler ve kontrol gruplarının hem dilsel hem de müzikal perde işleme performansı sıklıkla araştırılmıştır. Tonal dil kazanımı sürecinde dilsel uyarınları işlemek için gelişen özel işitsel organizasyonlar, dilsel olmayan uyarınlara sunumunda da aktive oluyor gibi görünmektedir (Pfordresher ve Brown, 2009). Bu nedenle; müzik ve dil alanlarının ortak temelleri olup olmadığına ilişkin yapılan araştırmalarda; tonal diller, perdenin dilsel ve müzikal bağlamda işlenmesini incelemek için kritik öneme sahiptir.

Müzikal uzmanlığın yabancı bir tonal dildeki tonal değişimleri ayırt etme performansı üzerindeki etkisinin incelendiği aynı/farklı görevi kullanılan bir çalışmada (Marie, Delogu, Lampis, Belardinelli ve Besson, 2011); anadili tonal dil olmayan müzisyenlerin, Mandarin Çincesi dilinde sunulan dört kelimeli dizileri ayırt etmede kontrol grubuna göre daha az hata yaptığı gözlenmiştir. Buna göre, müzikal perde işleme deneyimi, dilsel perde ayırt etme performansını etkilemektedir.

Mandarin Çincesi tonlarının kullanıldığı aynı/farklı görevinde, anadili İngilizce olan müzisyenler ile kontrol grubunu karşılaştırıldığında (Lee ve Hung, 2008); Mandarin Çincesi tonlarını ayırt etmede müzisyenlerin, kontrol grubuna göre anlamlı bir şekilde daha hızlı ve başarılı olduğu gözlenmiştir. Ayrıca hiçbir müzisyenin mutlak kulağa sahip olmaması; müzisyenlerin dilsel perde ayırt etme görevlerinde daha iyi performans sergilemesinin sebebinin, mutlak kulak ile açıklanamayacağını göstermektedir. Müzisyenlerin dilsel perde tanımda

gözlenen bu avantajı, perde örüntülerini takip etme, hatırlama ve ayırt etme, yeni perde örüntülerini tanıma becerisini daha etkili kullanmaları olabilir. Ayrıca Yu ve arkadaşları (2016); Mandarin Çincesi dilsel uyarınları için bellek uzamının müzisyenlerde, müzisyen olmayanlara göre daha iyi olduğunu rapor etmiştir. Buna göre müzik eğitimi, Mandarin Çincesi tonlarının yalnızca algılanmasını değil, aynı zamanda içsel temsilini de geliştiriyor gibi görünmektedir.

Müzikal perde işleme performansını belirlemek için, aynı/farklı görevinde, yukarıda bahsedildiği gibi, müzikal uyarınlara da kullanılmaktadır. Bidelman, Gandour ve Krishnan (2011) bu görevde; majör tonda, minör tonda, daha tiz detone ve daha pes detone olmak üzere dört farklı koşulda üçlü arpejler kullanmıştır. Ayırt etme görevindeki performanslar değerlendirildiğinde; müzisyenler bütün koşullarda eşik üstü performans sergilerken; Çinliler ve müzisyen olmayan katılımcılar, detone uyarın çiftlerini ayırt etmekte zorlanmıştır. Buna göre; yalnızca müzisyenler, müzikal perdede müzik eğitimi almamış olanların ve tonal dil konuşanların belirleyemediği küçük değişiklikleri fark edebiliyor gibi görünmektedir.

Akıcı bir şekilde tonal dil konuşabilen katılımcılar ve kontrol grubunun müzikal perde işleme performansının ele alındığı aynı/farklı görevinin kullanıldığı çalışmada (Peretz, Nguyen ve Cummings, 2011); tonal dil konuşanlarda perde algısının daha iyi olduğuna ilişkin bir bulgu elde edilememiştir. Aksine, pestleşen perde değişimlerinde, tonal dil grubunun performansının daha kötü olduğu gözlenmiştir. Akıcı bir şekilde tonal dil konuşmak, müzikal bağlamda azalan perdelerin algılanmasını bozuyor gibi görünmektedir. Tonal dillerin perde algısını olumsuz etkilediğine ilişkin bir başka bulgu Bent ve arkadaşları (2006) tarafından rapor edilmiştir. Anadili İngilizce veya Mandarin Çincesi olan katılımcılarla yapılan çalışmada; Mandarin Çincesi konuşan grup, alçalan perde konturlarında İngilizce konuşan gruba göre daha kötü performans sergilemiştir. Bunun sebebi, Mandarin Çincesi konuşan katılımcıların, alçalan tonları tipik olarak geniş perde değişimi ranjlarına sahip olması özelliğinden ayırt etmesi olabilir. Sözlüksel tonları karakterize eden perdenin alçalması ve yükselmesi, eşik seviyesine yakın olarak sunulan müzikal uyarının tanımlanması kriterini etkileyerek performans bozulmasına neden olabilir.

Bulgulara göre; müzik eğitimi ve müzikal perde işleme deneyimi, dilsel perde işleme becerisini geliştirmektedir. Ancak öte yandan, dilsel perde işleme deneyimi, müzikal perde işleme performansı üzerinde olumlu bir etki yapmıyor, hatta bozulmalara neden oluyor gibi görünmektedir.

Sentaktik Uyumluluğu Değerlendirme Görevi

Dilsel ve müzikal sentaktik işleme için iki ayrı koşulda ele alındığı bu yöntemde, dil koşulunda katılımcılara gramer açısından hatalı ve doğru cümleler sunulurken, müzik koşulunda armonik olarak hatalı ve doğru melodiler sunulur. Davranışsal ölçümlerde, katılımcılardan sunulan cümle ya da melodinin hatalı olup olmadığını belirtmesi istenir. Görev sonunda, dilsel ve müzikal koşullardaki performanslar birbirleriyle karşılaştırılır. Elektrofizyolojik ölçümlerde ise, katılımcılar uyarıları dinlerken beynin tepkisi kaydedilir. Bu görev sıklıkla, dil ve öğrenme bozukluğu olan bireylerle yürütülen çalışmalarda kullanılmıştır.

Broca afazisi olan hastaların dil ve müzikte sentaktik işleme performansının, eşleştirilmiş kontrol grubunun performansıyla karşılaştırıldığı çalışmada (Patel, Iversen, Wassenaar ve Hagoort, 2008); her iki grupta da müzikal sentaks görevindeki performansın, dilsel sentaks görevindeki performansı anlamlı bir şekilde yordadığı bildirilmiştir. Broca afazisi olan bireylerdeki dilsel sentaks performansı bozukluğu, tonal müzikte armonik ilişkilerin işlenmesinde de bozulmalara (dile göre daha hafif düzeyde de olsa) neden oluyor gibi görünmektedir. Müzik eğitimi almış ve almamış iki gruptan oluşan 11 yaş grubu ile dil bozukluğu olan ve olmayan iki gruptan oluşan beş yaş grubu çocuklarla yapılan çalışmada (Jentschke, Koelsch ve Friederici, 2005) alınan ERP ölçümlerine göre; 11 yaş grubunda müzikal eğitim almış ve almamış çocukların ELAN genlikleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir. Her iki grupta da ortaya çıkan negativite genliğinin, müzik eğitimi almış olan grupta daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Beş yaş grubunda sağlıklı çocuklarda ERAN ortaya çıkarken, dil bozukluğu olan çocuklarda ERAN genliği gözlenmemiştir. Bu bulgu, dil bozukluğu olan çocukların müzikal sentaks işlemlerinde güçlük çektiğini göstermektedir. Dilsel sentaksın işlenmesindeki bozulmayla karakterize olan özel öğrenme bozukluğu bulunan çocuklarda ise, bu görevde ERAN etkisi ortaya çıkmazken; kontrol grubunda ERAN bileşeni genliğinin tipik bir şekilde gözlemlendiği bildirilmiştir (Jentschke, Koelsch, Sallat ve Friederici, 2008). Buna ek olarak; ERAN genliği öğrenme gelişimi test skorlarıyla da korelasyon göstermiştir. Bu bulguların tamamı, dilsel ve müzikal sentaktik işleme için birbirinden bağımsız süreçler olmadığına işaret etmektedir.

Armonik Hazırlama ve Enterferans Görevleri

Kaynak paylaşımı hipotezini doğrudan test etmek için kullanılan görevler, enterferans ve armonik hazırlama paradigmasını temel alırlar. Enterferans görevlerinde; dilsel ve müzikal sentaktik ihlallerin eş zamanlı sunumunda performansta bozulmalar olup olmadığı test edilir. Cümleler görsel olarak, eş zamanlı müzikal diziler

ise işitsel olarak sunulur. Cümleler, son kelimesi sentaktik olarak doğru ya da hatalı; melodiler ise son akoru armonik olarak doğru ya da hatalı olacak şekilde değiştirilir. Akor, üç ya da daha fazla perdenin eş zamanlı duyulması olarak tanımlanırken; tonal hiyerarşide dizide diğer akorların referans alınarak algılandığı, dizinin 1. derece akoru, tonik akor olarak tanımlanmaktadır (Poulin-Charronnat, Bigand ve Koelsch, 2006). Tonik akor öncesinde armonik yapı nedeniyle gerilim aşamalı olarak artarken, tonik akorla birlikte çözülüm gerçekleşir. Bu nedenle, dizi ilerlerken oluşan beklenti, tonik akorun sunumuyla tamamlanmışlık hissine ulaşır. Subdominant akor ise, müzikal dizinin 4. derece akorudur. Müzikal uyarının son akoru subdominant akor olduğunda, aşamalı olarak gelişen beklentiyle uyumsuz olması nedeniyle çözülme gerçekleşmez ve dinleyicide tonik akorun sağladığı gibi bir tamamlanmışlık hissi ortaya çıkmaz. Enterferans görevinde, katılımcılardan, müziği göz ardı ederek sunulan cümlelerin hatalı olup olmadığını bildirmeleri ya da son kelimeyle ilgili sözlük kararı vermeleri istenir. Kaynak paylaşımı hipotezine göre, müzikal ve dilsel temsiller üzerinde benzer bilişsel işlemler yapıldığında beyin, nöral kaynakları iki alan arasında paylaşır. Bu paylaşım, aktivasyon için gerekli olan kaynaklar kısıtlı olduğu için, eş zamanlı yapısal bütünleştirme işlemi yapılırken, müzikal ve dilsel işleme birbirine bozucu etki yapar. Bir başka ifadeyle, bu görevde eş zamanlı olarak sunulan müzikal uyarının sentaktik ihlal içerdiği koşulda, sentaktik olarak doğru müzikal uyarının sunulduğu koşula göre, dilsel uyarıların sentaktik işlenmesi performansı bozuluyorsa; bu bulgu, kaynak paylaşımı hipotezini desteklemektedir.

Enterferans paradigmasıyla elde edilen bulgulara göre; sentaks ihlali içeren müzik dizileri ERAN, sentaks ihlali içeren cümleler sol anterior negativite (LAN; left anterior negativity) genliği ortaya çıkarır (Koelsch ve Friederici, 2003). Tipik bir enterferans görevinde; LAN genliği, kelimeler, sentaks ihlali içeren müzikal dizilerle eş zamanlı olarak sunulduğunda, anlamlı bir şekilde azalmıştır (Koelsch, Gunter, Wittfoth ve Sammler, 2005; Carrus, Pearce ve Bhattacharya, 2013). Daha sonra yapılan kontrol deneyinde; cümleler, fiziksel özelliklerinde (ses yoğunluğu, ses yüksekliği, tını) değişimleme yapılmış müzikal dizilerle eş zamanlı olarak sunulduğunda, LAN genliğinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Koelsch, Gunter, Wittfoth ve Sammler, 2005). Bulgular, dilsel sentaksın müzikal sentaktik işlemeyle etkileşim içinde olduğuna işaret ederken; bu etkileşimin müziğin fiziksel özelliklerindeki genel bir sapmadan kaynaklanmadığı gösterilmiştir. Sentaktik ihlaller ile melodik olarak beklenmedik perdeler eş zamanlı olarak işlendiğinde gözlenen enterferans, dil ve müzik arasındaki etkileşime işaret etmektedir.

Katılımcıların son kelimenin sözcük olup olmadığını bildirdikleri, enterferans paradigmasını temel alan çalışmada (Hoch, Poulin-Charronnat ve Tillmann, 2011); sunulan cümlelerin son kelimesi sentaktik olarak doğru ve beklentiye uygun ya da hatalı ve beklentiye uyumsuz olacak şekilde değişimlenmiştir. Beklentiye uygun olan kelimeler için müzikal beklenti etkisi ortaya çıkmış ve hedef kelimenin tonik akorla birlikte sunulduğunda, subdominant akorla birlikte sunulduğu koşula göre performansın daha hızlı ve daha başarılı olduğu gözlenmiştir. Sentaktik olarak beklenmedik kelimelerin sunulduğu koşulda ise performans bozulmuştur. Beklenmedik kelimelerin işlenmesinde ortaya çıkan bu bozucu etki, müzikal yapı ve dilsel sentaksın işlenmesinde ortak kaynakların kullanıldığına işaret ediyor gibi görünmektedir.

Armonik hazırlama paradigması temel alınarak yapılan sentaktik işleme görevlerinde ise, müzikal uyarının sentaktik yapısının dilsel uyarının sentaktik işlenmesini etkilediğine ilişkin hipotez temel alınır. Armonik hazırlama paradigmasını temel alan bazı çalışmalarda; müzikal dizinin son akoru, tonaliteye uygunluk açısından değişimlenirken; bazı çalışmalarda, müzikal dizinin sentaktik yapısı, mevcut çalışmadaki göreve özgü şekilde değişimlenir. Bu görevlerde, müzikal uyarılarla eş zamanlı olarak ya da müzikal uyarının ardından sunulan dilsel uyarılarla ilgili sözlük kararı görevi, dilsel uyarının son hecesini belirleme ve yanlış yorumlama etkisiyle (garden-path effect) ilişkili farklı dilsel görevler kullanılmaktadır. Literatürde, armonik hazırlama paradigmasının temel alındığı çalışmaların kullandıkları yöntemler oldukça çeşitlidir. Bu nedenle, genel bir görev tanımı yapılamamakla birlikte, aşağıda rapor edilen çalışmaların yöntemleri ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu çalışmaların test ettiği hipotezlerden birincisi, kaynak paylaşımı hipotezinin varsayımlarıyla uyumlu olmak üzere; sunulan müzikal dizilerin son akorunun tonaliteye uygun olduğu koşulda, daha sonra sunulan dilsel uyarının sentaktik işlenmesinin; armonik yapıya uymayan müzikal uyarıların sunulduğu koşula göre daha hızlı ve başarılı olacağıdır. İkinci hipoteze göre ise, sunulan müzikal uyarının sentaktik yapısı ve karmaşıklığı, dilsel uyarılarla ilgili olarak yürütülen sentaktik işleme etkiler.

Birinci hipotezi test etmeyi amaçlayan bir çalışmada; katılımcılardan, müzikal diziler sunulurken, eş zamanlı ve görsel olarak sunulan, yanlış yorumlanan cümleleri sesli olarak ve kendi hızlarında okumaları istenmiştir (Slevc, Rosenberg ve Patel, 2009). Cümleler semantik (hedef kelimenin yüksek ya da düşük olasılıklı olması) ve sentaktik (hedef kelimenin beklenmiş ya da beklenmedik olması) olarak değişimlenmiştir. Müzikal parçalar ise; hedef akorun tonik akor ya da tona uygun

olmayan bir akor olduğu dizilerden oluşmaktadır. Kritik akor ile kritik kelime eş zamanlı olacak şekilde uyarılar sunulmuştur. Katılımcılar, her bir cümlelerin ardından, o cümleyle ilgili bir soru cevaplamışlardır. Katılımcıların okuma hızı, hedef kelime beklenmedik olduğunda, beklenmiş koşul göre daha yavaş olmuştur. Bu fark, beklenmedik hedef kelime ile tona uygun olmayan akor eş zamanlı olduğunda anlamlı bir şekilde daha fazladır. Semantik koşulda ise, hedef kelime düşük olasılıklı olduğunda okuma hızı, yüksek olasılıklı koşula göre daha az olmasına rağmen, bu fark müzikal beklentiye bağlı olarak değişmemiştir. Bulgular; sentaks işleme açısından ortak süreçler paylaşan dil ve müziğin, semantik açıdan bağımsız olduğuna işaret etmektedir. Armonik yapının işlenmesiyle dilsel sentaks işlenmesi arasındaki bu etkileşimin, farklı bir müzikal beklenti ihlalden kaynaklanma olasılığını test etmek için ikinci bir deney yapılmıştır. Bu çalışmada, müzikal dizilerin tınısı beklenmiş ve beklenmedik olacak şekilde değişimlenmiştir. Bu değişimleme, herhangi bir hiyerarşik organizasyona dayalı olmadığı için dilsel sentaks ile etkileşime girmemesi beklenmektedir. Müzikal diziler dışında ilk deneydeki yöntem kullanılmıştır. Bulgulara göre; semantik ve sentaktik olarak beklenmedik koşullarda, beklenmiş koşullara göre reaksiyon zamanları daha uzundur. Ancak bu farklar, müzikal tınısı değişimlemesinden etkilenmemiştir. Bu sonuçlar; dilsel sentaks ve armonik ilişkilerin işlenmesi arasındaki etkileşimin, beklenmedik seslerin dikkati daha çok çekmesinden değil, işleme kaynaklarındaki örtüşmeden kaynaklandığını göstermektedir.

Van de Cavey ve Hartsuiker (2016); armonik hazırlama paradigmasını kullanarak, ikinci hipotezi test ettikleri çalışmada katılımcılara; müzikal diziler sunmuşlar ve ardından yarım bırakılmış bir cümleyi tamamlamalarını istemişlerdir. Cümleler; başlangıçta belirsizlik içeren, yakındaki ya da uzaktaki birimle bağlanarak tamamlanabilen ve herhangi bir gramer hatası içermeyen ilgi cümleciklerinden oluşturulmuştur. Örneğin, “*I saw the knives in the kitchen that...*” cümlesi; yakındaki birimle bağlandığında “*was dirty*”, uzaktaki birimle bağlandığında “*were sharp*” ile tamamlanır. Eğer yarım bırakılmış cümle yakındaki birimle bağlanırsa, özne, kirli mutfaktaki bıçakları gördüğünü ifade ederken; cümle uzaktaki birimle bağlanırsa, özne, mutfaktaki bıçakların keskin olduğunu gördüğünü ifade eder. Müzikal diziler ise, yakındaki ya da uzaktaki birimle bağlanan diziler olmak üzere iki koşulda oluşturulmuştur. Bu amaçla, armonik olarak birbiriyle uyumlu kümeler belirlenmiştir. Uzaktaki birimle bağlanma koşulundaki diziler; üçüncü ve dördüncü perdeden altıncı ve yedinciye perdede geçiş içeren dizilerdir. Yakındaki birimle bağlanma koşulundaki diziler ise; üçüncü perdeden dördüncü perdede geçiş içerir. İlk olarak sunulan perde dizilerinin, uzak ya da

yakın bağlanmalı olmasının, katılımcıların cümleyi nasıl tamamlayacağını etkileyip etkilemediği incelenmiştir. Bulgulara göre; perde dizilerinin yapısı katılımcıların dilsel tercihini anlamlı bir şekilde yordamıştır. Yakın birimle bağlanan melodilerin ardından, cümlelerin %65'i yakın birimle, %61'i uzak birimle bağlanmıştır. Hazırlama etkisi küçük olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı bir etkidir ve armonik yapı, cümlenin sentaktik yapısının kurulması için hazırlayıcı etki yapıyor gibi görünmektedir. Buna göre; müzikal uyarının sentaktik yapısı, dilsel uyarının sentaktik işlenmesini etkilemektedir.

Her iki hipotezin de ele alındığı bir çalışmada ise (Fedorenko, Patel, Casasanto, Winawer ve Gibson, 2009), dilsel uyarıların sentaktik yapısı kolay ve zor çözümlenebilen cümleler kullanılarak değişimlenmiştir. Bu amaçla, özne ilgi cümlecikleri ve nesne ilgi cümlecikleri araştırmaya dahil edilmiştir. Özne ilgi cümlecikleri, cümlenin öznesini bildiren cümlecikleri; nesne ilgi cümlecikleri ise cümlenin nesnesini bildiren cümlecikleri ifade etmektedir. Nesne ilgi cümleciklerini çözümlenmek ve anlamak (*The boy that the girl helped got an "A" on the test*; Kızın yardım ettiği oğlan, sınavdan A aldı.), özne ilgi cümleciklerini (*The boy that helped the girl got an "A" on the test*; Kıza yardım eden oğlan, sınavdan A aldı.) çözümlenmekten her zaman daha zordur. Müzikal koşulda ise; kritik notanın tona uygun olduğu, kritik notanın tona uygun olmadığı ve kritik notaya yüksek sesin eşlik etmesiyle oluşturulan anomali içeren müzikal diziler kullanılmıştır. Görsel olarak öbekler halinde sunulan cümlelerin her bir kelimesine bir nota denk gelecek şekilde müzikal diziler sunulmuştur. Dizinin kritik notası (tona uygun/ uygun olmayan ya da işitsel anomali içeren), her zaman ilgi cümlecığının son kelimesiyle (*girl, helped*) eş zamanlı sunulmuştur. Katılımcılardan cümlelere dikkat etmeleri istenmiştir. Her bir cümlenin ardından katılımcılardan, cümleyi anlayıp anlamadıklarını belirlemek amacıyla, sunulan cümleyle ilgili bir evet/ hayır sorusunu cevaplamaları istenmiştir (kim, kime, ne yapmış?). Bulgulara göre; katılımcılar, sorulan soruya cevap verirken, nesnenin çıkarıldığı cümlelerde, öznenin çıkarıldığı cümlelere göre daha fazla hata yapmışlardır. Bu farkın; kritik notanın tona uygun olmadığı koşulda, tona uygun olan koşul ve işitsel anomali koşuluna göre anlamlı bir şekilde daha fazla olduğu gözlenmiştir. Dilsel sentaktik işleme ile yapısal olmayan basit müzikal manipülasyon (işitsel anomali koşulu) arasında etkileşim gözlenmemesi; farkın algısal işlemelemeden kaynaklanmadığını göstermektedir. Ancak, materyallerin oldukça ritmik olması, kendi gidişinde dinlemede reaksiyon zamanlarının kendi gidişinde okumaya göre daha uzun olması, öbekler halinde dinlemede temporal çözümlenmenin yüksek olmaması gibi

nedenlerle, bu yöntemle elde edilen bulgular müzik-dil ilişkisini açıklamak için yeterince hassas değildir. Buna rağmen, bu konuda yapılan diğer araştırma bulgularıyla birlikte düşünüldüğünde; bu deneyde gözlenen dilsel ve müzikal sentaktik işleme arasındaki etkileşim, dil ve müziğin yapısal işleme için bilişsel kaynakları paylaştığına ilişkin hipotezi desteklemektedir.

Buraya kadar bahsedilen sentaktik işleme ile ilgili çalışmaların tamamında, müzikal uyarının sunumunun, dilsel uyarının işlenmesini nasıl etkilediğine bakılmışken; dilin, müziğin işlenmesi üzerindeki etkisi de test edilmiştir (Kunert, Willems ve Hagoort, 2016). Çalışmada, deney grubundaki katılımcılar cümleleri sesli olarak okurken, kontrol grubundaki katılımcılar aritmetik problemleri çözerken müzikal uyarılar sunulmuştur. Dil koşulunda, iki anlama gelebilecek, kolaylıkla yanlış anlaşılabilen cümleler ve anlam karmaşası olmayan kontrol cümleleri kullanılmıştır. Müzikal koşul için; tonik akor ve subdominant akor ile biten diziler oluşturulmuştur. Aritmetik koşulda ise problemler zor ve kolay olmak üzere iki düzeyde değişimlenmiştir. Katılımcılar müzikal görevi yerine getirirken, eş zamanlı bir şekilde görsel olarak sunulan dil görevini ya da aritmetik görevi yürütmüşlerdir. Diğer araştırmalardan farklı olarak müzik koşulunda katılımcılardan tamamlanma hissini yedi dereceli likert ölçekte belirtmeleri istenmiştir. Bulgulara göre; cümlelerin sentaktik yapılarının zorlaşması, tonik akor koşulunda müzikal uyarana ilişkin tamamlanmışlık hissi değerlendirmelerini anlamlı bir şekilde etkilemiştir. Buna rağmen, aritmetik problemlerin zorluğunun tamamlanmışlık hissi üzerinde anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. İkinci bir deneyde ise; sentaktik karmaşıklık (özne ilgi cümlecikleri/ nesne ilgi cümlecikleri) ve semantik karmaşıklığın müzikal tamamlanmışlık hissi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bulgulara göre; özne ilgi cümlecikleri koşulunda, nesne ilgi cümleciklerine göre tamamlanmışlık hissi değerlendirmesinin anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Semantik karmaşıklığın ise anlamlı bir etkisi gözlenmemiştir. Dilsel sentaktik karmaşıklık, akorları birbiriyle bütünleştirme becerisini azaltarak armoni algısını etkiliyor gibi görünmektedir. Bu etkinin aritmetik ve semantik koşullarda ortaya çıkmaması, genel bir zorlukla ilişkili olmadığını, sentaksa özgü bir etki olduğunu göstermektedir. Bulgular, sentaktik çalışma belleği teorisiyle de uyumludur. Müzikal uyarının sunumu sırasında sentaktik çalışma belleği, armonik yapıyı tutar ve sonradan gelen bilgileri bu yapıyla bütünleştirir. Eğer sentaktik çalışma belleği, eş zamanlı olarak bir cümlenin sentaktik yapısını çözümlenmeye çalışırsa, bu durum müzikal uyarının işlenmesi için gerekli kaynakları kısıtlar ve performans bozulur.

Kaynak Paylaşımı Hipotezi Semantik İşlemlemeyi Açıklar Mı?

Patel (2003), kaynak paylaşımı hipotezinde, dilsel ve müzikal uyarıların sentaktik işlenmesi sırasında yapılan yapısal bütünleştirme işlemleri için kaynakların paylaşıldığını ileri sürer. Steinbeis ve Koelsch (2008) ise; müzikal semantik işlemlemeyle ilişkili olan N5 ve dilsel semantik işlemleme ile ilişkili olan N400 bileşenlerinin benzerliğinden yola çıkarak (Koelsch, Gunter, Friederici ve Schröger, 2000), kaynak paylaşımı hipotezini semantik işlemleme için test etmeyi amaçlamıştır. Katılımcılara dilsel uyarıların görsel, müzikal uyarıların ise işitsel olarak eş zamanlı sunulmuştur. Katılımcılardan, müzik parçasındaki diğerlerinden farklı olan enstrümanı belirlemeleri ve eş zamanlı sunulan cümlelerin genel anlamına dikkat etmeleri istenmiştir. Dilsel görevde kullanılan beş birimli cümlelerin her biri üç koşulda değişimlenmiştir; sentaktik olarak doğru ve semantik olarak beklentiye uygun, sentaktik olarak yanlış ve semantik olarak beklentiye uygun olmayan. Müzikal uyarıların ise; armonik olarak beklentiye uygun tonik akorla ya da armonik olarak beklenmedik akorla sonlanan dizilerden oluşmaktadır. Alınan ERP ölçümlerine göre; beklenmedik akor dilsel sentaktik ihlalle eş zamanlı olarak sunulduğunda ERAN genliği, sentaktik olarak doğru kelimelerle sunulduğu duruma göre azalmıştır. Beklenmedik akor, semantik olarak beklenmedik cümleyle eş zamanlı olarak sunulduğunda ise ERAN genliğinde herhangi bir azalma gözlenmemiştir. N5 genliği ise, semantik olarak beklenmedik cümleyle eş zamanlı olarak sunulduğunda, semantik olarak beklendik cümle koşuluna göre azalmıştır. Ayrıca, ERAN bileşeni, hatalı dilsel sentaksla semantiğe göre daha çok ilişkiliyken; N5 daha çok semantikle ilişkili bulunmuştur. LAN genliği, sentaktik ihlal beklenmedik akorla eş zamanlı olduğunda, tonik akorla eş zamanlı olduğu duruma göre azalmıştır. Diğer taraftan, semantik olarak beklenmedik cümle beklenmedik akorla eş zamanlı olduğunda N400 genliğinde azalma gözlenmemiştir. Bulgulara göre, müzikal ve dilsel sentaks karşılıklı olarak birbirini etkilerken, dilsel semantik de müzikal semantiği etkilemektedir. Hoch, Poulin-Charronnat ve Tillmann (2011); aynı amaçla yaptıkları bir çalışmada modaliteler arası paradigma kullanmıştır. Son kelimesi cümlelerin geri kalanına göre anlamsal olarak beklendik olan veya olmayan cümleler ile son akoru beklendik tonik akor veya subdominant akor olan müzik parçaları kullanılmıştır. Son kelime ve son akorun eş zamanlı olarak sunulduğu çalışmada, katılımcıların sözlük kararı görevindeki performanslarına ilişkin verileri analiz edildiğinde; hedef kelimenin işlenmesinin tonik akorla birlikte sunulduğunda, subdominant akorla

birlikte sunulduğu koşula göre daha doğru ve daha hızlı olduğu gözlenmiştir. Bir başka ifadeyle, hedef kelime tonik akorla birlikte sunulduğunda görsel kelimenin semantik işlemlemesi kolaylaşmıştır. Bulgulara göre kaynak paylaşımı hipotezi, yalnızca sentaktik bütünleştirmenin ortaklığını değil, semantik işlemlemeyi de içeren daha kapsamlı bir açıklama ileri sürebilir.

Sentaktik İşleme ve Dikkat

Müzik ve dilin işlenmesinde paylaşılan kaynaklar hipotezi, bu paylaşımın sentaksa özgü olduğunu ileri sürerken; alternatif görüş olarak, genel dikkatle ilişkili bir açıklama yapılmaktadır. Dinamik dikkat yaklaşımına göre (dynamic attending; Jones ve Boltz, 1989); dikkat dalgaları beklendik akorlar gibi armonik vurgulara kenetlenirler ve bu nedenle tonik akor duyulduğunda dikkat en yüksek noktaya ulaşır. Bu noktada yüksek dikkat seviyesi, dilsel işlemlemeyi kolaylaştırarak hazırlama etkisi yaratır. Müziğin bu etkisi, görsel işlemleme (Escoffier ve Tillmann, 2008) ve fonem izleme görevlerinde (Bigand ve ark., 2001) de ortaya çıkmaktadır. Bir başka deyişle, dilsel işlemlemedeki kolaylaşma, dikkatsel bir kenetlenme ile açıklandığında uyarının türünün bir etkisi yoktur.

Maidhof ve Koelsch (2011) ise; seçici dikkatin dil ve müziğin eş zamanlı sentaktik işlenmesini nasıl etkilediğini test etmeyi amaçladıkları çalışmada; katılımcılara sesli olarak kaydedilmiş cümleler ve müzikal diziler tek başlarına ya da eş zamanlı olarak sunulmuşlardır. Eş zamanlı sunum koşulunda katılımcılardan, iki uyarıdan birine dikkat etmeleri ve diğerini göz ardı etmeleri istenmiştir. Cümlelerin son kelimeleri, müzikal dizilerin ise son akorları, sentaktik olarak doğru ya da hatalı olacak şekilde değişimlenmiştir. ERP bulgularına göre; uyumsuz akorlar beklendiği gibi ERAN genliği ortaya çıkarmıştır ve bu genlik, cümleyle eş zamanlı olduğunda tek başına sunulduğu koşula göre azalma göstermiştir. Uyumsuz cümleler; konuşmanın tek başına verildiği, konuşmaya dikkat edildiği ya da edilmediği koşulların her birinde ELAN dalgası ortaya çıkarmıştır. Bulgulara göre; müzik ve konuşmanın sentaktik işlenmesinin altında yatan nöral süreçlerin bir kısmı otomatik olarak işleniyor ve müzik söz konusu olduğunda farklı dikkat koşullarından etkileniyor gibi görünmektedir. Müzik dikkate alınmadığında, uyumsuz cümlelerin ortaya çıkardığı ERAN genliği hafifçe azalmasına rağmen, bu bulgular iki sürecin nöral kaynaklarının etkileşimli olduğuna dair açık bir kanıt sağlamamaktadır.

Tonik ya da subdominant akorla sonlanan dizilerin, fonem ayırt etme performansı üzerindeki etkisinin, Stroop testi performansı ile korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (Atalay ve Mısırlısoy, 2009). Stroop testinde per-

formansı yüksek olan katılımcıların, dikkat kapasitesini meşgul eden akor işlemlenin bozucu etkisini baskılamada daha başarılı oldukları gözlenmiştir. Buna göre; akor işlemlenin dilsel görev performansı üzerindeki etkisi, akor işleme sürecinin dikkat kapasitesini meşgul etmesinden kaynaklanıyor olabilir.

Slevc, Rosenberg ve Patel (2009)'in yöntemiyle yapılan çalışmada, hedef kelimenin semantik olarak doğru ya da hatalı olduğu cümleler ve hedef kelimenin semantik olarak beklendiği ya da beklenmediği olduğu yanlış yorumlanan cümleler kullanılmıştır (Perruchet ve Poulin-Charronnat, 2013). Müzikal diziler, armonik olarak uyumlu ve uyumsuz olacak şekilde değiştirilmiştir. Kritik akor ile kritik kelime eş zamanlı olacak şekilde uyarılar sunulmuştur. Her bir cümle için katılımcılar, o cümleyle ilgili bir soruyu cevaplamışlardır. Bulgulara göre; sentaktik yanlış yorumlanan cümleler yerine semantik yanlış cümleler kullanılmasına rağmen, sonuçların bir önceki çalışmayla oldukça tutarlı olduğu gözlenmiştir. Semantik olarak beklenmediği cümleler, uyumsuz müzikal dizilerle eş zamanlı olduğunda, reaksiyon zamanı azalırken; semantik olarak hatalı olan cümleler armonik olmayan akorla eş zamanlı olduğunda katılımcıların performansı farklılaşmıştır. Semantik ve sentaktik yanlış yorumlanan cümleler, armonik yapıdan etkilenirken; semantik ihlal içeren cümlelerin etkilenmemesi; farkı yaratan faktörün, semantik ya da sentaktik işlevleyici değil, yanlış yorumlamaya neden olan sentaktik yapılanma olduğuna işaret etmektedir. Araştırmacılar, bu sonucu dikkat kaynaklarıyla açıklamaktadır. Buna göre bellek ve dikkat kaynakları birincil olarak yazılı olan cümlelere yönlendirilir. Geri kalan kaynaklar müziği işlerken; müzikal uyarandaki ihlaller, cümlelerin işlenmesi performansını etkilemektedir. Bir başka ifadeyle, dilsel ve müzikal manipülasyonlar arasındaki etkileşim, her birinin farklı miktarda dikkat kaynağına ihtiyaç duymasından kaynaklanmaktadır. Semantik ihlal içeren cümleler, yanlış yorumlanan cümlelere göre daha fazla dikkatsel yük gerektirdiği için, müzikal ihlaller, semantik ihlal söz konusu olduğunda herhangi bir fark yaratmamıştır.

Sonuç

Bu değerlendirme çalışmasında, müzik ve dilin etkileşimli olup olmadığına ilişkin araştırma problemi ele alınmıştır. Literatürde problem üzerine iki hipotez ileri sürülmüştür. Dil ve müziğin birbirinden bağımsız olduğunu ileri süren hipotez, amüzik bireyleri ve seçici beyin hasarına sahip bireylerin dil ve müzik becerileriyle ilgili farklı performansları referans göstermektedir. Ancak amüzik bireylerin, dildeki perde bilgisini işleme performansında gözlenen bozulmaları bağımsızlık

hipotezi açıklayamamaktadır. Ortaklık hipotezi ise, dil ve müziğin ortak temeller ve süreçlerle ilişkili olduğunu savunur. Beyin görüntüleme çalışmaları, genel müzik ve dil becerileriyle ilişkili olduğu bilinen beyin bölgelerinin benzeştiğine işaret etmektedir (Koelsch ve ark., 2002; Brown, Martinez ve Parsons, 2006). Müzik ve dil görevlerinde aktive olan korteks ve korteks altı yapıların benzer olması ve dilin işlenmesi için özelleşmiş nöral ağın, müzikal uyarının işlenmesi için de aktive olması, dilin işlenmesinin alana özgü olmadığına işaret etmektedir. Ancak nöral örtüşmeye ilişkin bulgular tek başına, dil ve müziğin aynı nöral döngülerle ilişkili olduğunu kanıtlanamamaktadır (Peretz, Vuvan, Lagrois ve Armony, 2015). Örtüşen beyin bölgelerine rağmen, dil ve müzik arasında nöral bir ayrışım söz konusu olabilir. Bu nedenle nöral örtüşmeye işaret eden bulguları, dil ve müziğin ortak temelleri olduğu hipotezi için kanıt olarak değerlendirmeden önce, nöral verilerin yorumlanmasına dikkat edilmelidir. Mantıksal olarak iki alan, perdenin akustik analizi gibi ortak nöral süreçlere sahipken, bazı özellikler açısından tamamen ayrı süreçler de olabilir. Beynin birçok bölgesinin birden fazla sürece katkıda bulunduğunu da göz önüne alırsak; müzik ve dilin işlenmesi sırasında aktive olan ortak alanlar, sinyallerin bütünleştirildiği nöral popülasyonlar olabilir. Bu noktada nöral örtüşmeye ilişkin bulguların tek başına, iki bilişsel işlevin ortaklığına kanıt olarak gösterilmesi yanlış olacaktır.

Beyin görüntüleme çalışmalarına ek olarak davranışsal ölçümler ve elektrofizyolojik bulgular güçlü bir şekilde, müzik ve dilin işlenmesinde ortaklığa işaret etmektedir (Kunert ve Slevc, 2015). Dil ve müzik arasındaki çoklu ilişkiler, farklı seviyelerde pozitif transfer işaret ederek ortaklık hipotezini desteklemektedir (Forgeard, Winner, Norton ve Schlaug, 2008; Coehrs, Grolig ve Schroeder, 2016). Ortaklık hipotezi, sıklıkla yapısal bütünleştirme süreci ve sentaktik işlemeyle ilişkili olarak ele alınır ve Patel (2003) sentaktik bütünleştirme sisteminin dilsel ve müzikal sentaks için ortak olduğunu ileri sürmektedir. Sentaktik bütünleştirme kaynaklarının paylaşımı hipotezine göre; yapıların sentaktik bütünleştirilmesiyle ilişkili süreçler için nöral kaynaklar paylaşılırken; müzikal ve dilsel temsiller ayrı nöral ağlarda temsil edilmektedir. Temsillerin ayrı olarak temsil edilmesi, beyin hasarı söz konusu olduğunda hasarın, seçici olarak ortaya çıkmasına neden olur. Bu açıklama, bazı vakalarda görülen ayrı hasarı açıklamaktadır. Dilsel ve müzikal sistemler bağımsız olabilirler, ancak dil ve müzik eş zamanlı olarak sentaktik çalışma belleğine eriştiğinde, işleme için gerekli kaynaklar paylaşılır (Patel, 2003). Broca bölgesindeki pars operkularis alanı, inferior frontal girus ve ventral premotor korteks bölgeleri (Grewe ve arkadaşları, 2005; Fadiga, Craighero ve

D'Ausilio, 2009) dil ile müziğin sentaktik işlenmesi sırasındaki bütünleştirme sürecine nöral kaynak sağlıyor gibi görünmektedir.

Kaynak paylaşımı hipotezini davranışsal yöntemlerle ve dolaylı olarak test eden çalışmalarda; perde ayırma görevinde müzik eğitimi ve müzikal uzmanlığın, dilsel perde işleme performansını geliştirdiği gözlenmektedir (Schön, Magne ve Besson, 2004; Jentschke ve Koelsch, 2009; Moreno ve diğ., 2009). Anadili tonal dil olan katılımcılarla yürütülen aynı/farklı görevinde ise, müzikal perde işleme deneyimi, dilsel perde ayırma performansı üzerinde olumlu etki yaparken (Lee ve Hung, 2008; Marie, Delogu, Lampis, Belardinelli ve Besson, 2011); dilsel perde deneyiminin müzikal perde işleme performansını bozduğu bildirilmiştir (Bent ve ark., 2006; Peretz, Nguyen ve Cummings, 2011). Sıklıkla, dil ve öğrenme bozukluğu olan bireylerle yürütülen sentaktik uyumluluğu değerlendirme göreviyle elde edilen bulgular ise, dilsel ve müzikal sentaktik işleme süreçlerinin birbiriyle ilişkili olduğuna işaret etmektedir (Jentschke, Koelsch ve Friederici, 2005; Patel, Iversen, Wassenaar ve Hagoort, 2008). Kaynak paylaşımı hipotezinin varsayımlarını doğrudan test eden enterferans ve armonik hazırlama paradigmasını temel alan çalışmalarda ise, hipotezin varsayımları desteklenmektedir. Eş zamanlı olarak sunulan müzikal uyarının sentaktik ihlal içerdiği koşulda, sentaktik olarak doğru müzikal uyarının sunulduğu koşula göre, dilsel uyarıların sentaktik işlenmesi performansının bozulduğu gözlenmektedir (Koelsch, Gunter, Wittfoth ve Sammler, 2005; Hoch, Poulin-Charronnat ve Tillmann, 2011; Carrus, Pearce ve Bhattacharya, 2013). Bu bulgu, hipotezin, müzikal ve dilsel temsiller üzerinde benzer bilişsel işlemler yapıldığında beyin nöral kaynakları iki alan arasında paylaştığına ilişkin varsayımı desteklemektedir. Armonik hazırlama paradigmasını temel alan çalışmalarda elde edilen bulgulara göre ise, sunulan müzikal uyarının sentaktik yapısı ve karmaşıklığı, dilsel uyarı ile ilgili olarak yürütülen sentaktik işleme etkileri (Fedorenko, Patel, Casasanto, Winawer ve Gibson, 2009; Slevc, Rosenberg ve Patel, 2009; Van de Cavey ve Hartsuiker, 2016). Rapor edilen bulgulara göre; gözlenen dilsel ve müzikal sentaktik işleme arasındaki etkileşim, dil ve müziğin yapısal işleme için bilişsel kaynakları paylaşımına ilişkin hipotezi desteklemektedir. Ancak, davranışsal çalışmalardan elde edilen bulgular yorumlanırken dikkatli olunmalıdır. Sıklıkla kullanılan enterferans paradigmasında; müzikal uyarın çoğunlukla bir akoru değiştirilmiş diziler olurken, dilsel uyarın semantik ve sentaktik açıdan çok farklı yapılarda olabilmektedir (Tillmann ve Bigand, 2015). Bu şekilde davranışsal ölçüme dayalı olan enterferans paradigmasında; uyarıların karmaşıklık açısından denkliliğini sağlamak oldukça güçtür. Daha da

önemlisi; müzikal uyarandaki ihlali tespit etme performansı, müzikal sentaksı işlemeyle değil, basit olarak dulusal işlemeyle de ilgili olabilir. Bu nedenle, davranışsal bulguların da hatalı çıkarımlara neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Son olarak, bulguları değerlendirirken değinilmesi gereken bazı önemli noktalar bulunmaktadır. Birincisi; farklı kültürlerde farklı özelliklere, kurallara ve yapılarla sahip müzik ve dil sistemleri vardır. Ancak dil ve müziğin işlenmesine ilişkin çalışmalarda ele alınan "müzik", Batı müziğidir. İkincisi; söz konusu çalışmalarda çoğunlukla İngilizce olmak üzere, Batı dilleri ve Asya'nın tonal dilleri ele alınmıştır. Dolayısıyla elde edilen bulguların ve ileri sürülen açıklamaların, farklı dil ve müzik sistemleri içinde geçerli olmayabileceği her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

Kaynaklar

- Atalay, N. B. & Mısırlısoy, M. (2009). Does attention capacity correlate with the effects of chord function on phoneme monitoring? *24th International Symposium on Computer and Information Sciences*, doi: 10.1109/ISCIS.2009.5291812.
- Ayotte, J., Peretz, I. & Hyde, K. (2002). Congenital amusia: a group study of adults afflicted with a music-specific disorder. *Brain*, *125*, 238-251.
- Bacon, E. C., Osuna, S., Courchesne, E. & Pierce, K. (2019). Naturalistic language sampling to characterize the language abilities of 3-year-olds with autism spectrum disorder. *Autism*, *23* (3), 699-712.
- Bent, T., Bradlow, A. R. & Wright, B. A. (2006). The influence of linguistic experience on the cognitive processing of pitch in speech and nonspeech sounds. *Journal of Experimental Psychology*, *32* (1), 97-103.
- Bidelman, G. M., Gandour, J. T. & Krishnan, A. (2011). Musicians and tone-language speakers share enhanced brainstem encoding but not perceptual benefits for musical pitch. *Brain Cogn.*, *77* (1), 1-10.
- Bigand, E., Tillmann, B. & Poulin-Charronnat, B. (2006). A module for syntactic processing in music? *TRENDS in Cognitive Sciences*, doi:10.1016/j.tics.2006.03.008.
- Bigand, E., Tillmann, B., Poulin, B., D'Adamo, D. A. & Madurell, F. (2001). The effect of harmonic context on phoneme monitoring in vocal music. *Cognition*, *81*, B11- B20.
- Brown, S., Martinez, M. J. & Parsons, L. M. (2006). Music and language side by side in the brain: a PET study of the generation of melodies and sentences. *European Journal of Neuroscience*, *23*, 2791-2803.
- Caplan, D. & Waters, G. S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences*, *22*, 77-94.
- Carrus, E., Pearce, M. T. & Bhattacharya, J. (2013). Melodic pitch expectation interacts with neural responses to syntactic but not semantic violations. *Cortex*, *49* (8), 2186-2200.
- Cohrdes, C., Grolig, L. & Schroeder, S. (2016). Relating language and music skills in young children: a first approach to systemize and compare distinct competencies on different levels. *Frontiers in Psychology*, *7*, doi: 10.3389/fpsyg.2016.01616.
- Cooper, R.P. & Aslin, R.N. (1990). Preference for infant-directed speech in the first month after birth. *Child Development*, *61* (5), 1584-1595.
- Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. London: John Murray.
- Escoffier, N. & Tillmann, B. (2008). The tonal function of a task-irrelevant chord modulates speed of visual processing. *Cognition*, *107*, 1070-1083.
- Fadiga, L., Craighero, L. & D'Ausilio, A. (2009). Broca's area in language, action, and music. *The Neurosciences and Music III-Disorders and Plasticity: Ann. N.Y. Acad. Sci.*, *1196*, 448-458.
- Fedorenko, E., Patel, A., Casasanto, D., Winawer, J. & Gibson, E. (2009). Structural integration in language and music: evidence for a shared system. *Memory & Cognition*, *37* (1), 1-9.
- Fitch, W. T. (2015). Four principles of bio-musicology. *Phil. Trans. R. Soc. B* *370*: 20140091.
- Fiveash, A. & Pammer, K. (2014). Music and language: do they draw on similar syntactic working memory resources? *Psychology of Music*, *42* (2), 190-199.
- Forgeard, M., Winner, E., Norton, A. & Schlaug, G. (2008). Practicing a musical instrument in childhood is associated with enhanced verbal ability and nonverbal reasoning. *Plos One*, *3*, doi:10.1371/journal.pone.0003566.
- Friederici, A. D., Pfeifer, E. & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, *1*, 183-192.
- Gibson, E. (1998). Linguistic complexity: locality of syntactic dependencies. *Cognition*, *68* (1), 1-76.
- Grewe, T., Bornkessel, I., Zysset, S., Wiese, R., von Cramon, Y. D. & Schlesewsky, M. (2005). The emergence of the unmarked: a new perspective on the language-specific function of Broca's area. *Human Brain Mapping*, *26*, 178-190.
- Hoch, L., Poulin-Charronnat, B. & Tillmann, B. (2011). The influence of task-irrelevant music on language processing: syntactic and semantic structures. *Frontiers in Psychology*, *2* (112), doi: 10.3389/fpsyg.2011.00112.
- Hoch, L. & Tillmann, B. (2010). Laterality effects for musical structure processing: a dichotic listening study. *Neuropsychology*, *24*, (5), 661-666.
- Jackendoff, R. (2009). Parallels and nonparallels between language and music. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, *26* (3), 195-204.
- Jentschke, S. & Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *NeuroImage*, doi:10.1016/j.neuroimage.2009.04.090.
- Jentschke, S., Koelsch, S. & Friederici, A. D. (2005). Investigating the relationship of music and language in children: influences of musical training and language impairment. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, *1060*, 231-242.

- Jentschke, S., Koelsch, S., Sallat, S. & Friederici, A. D. (2008). Children with specific language impairment also show impairment of music-syntactic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20 (11), 1940-1951.
- Jones, M. R. & Boltz, M. (1989). Dynamic attending and responses to time. *Psychological Review*, 96 (3), 459-491.
- Klein-Tasman, B., van der Fluit, F. & Mervis, C. B. (2018). Autism spectrum symptomatology in children with Williams syndrome who have phrase speech or fluent language. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48, 3037-3050.
- Kljajević, V. (2010). Is syntactic working memory language specific? *Psihologija*, 43 (1), 85-101.
- Knösche, T. R., Neuhaus, C., Haueisen, J., Alter, K., Maess, B., Witte, O. W. & Friederici, A. D. (2005). Perception of phrase structure in music. *Human Brain Mapping*, 24, 259-273.
- Koelsch, S. & Friederici, A. D. (2003). Towards the neural basis of processing structure in music: comparative results of different neurophysiological investigation methods (EEG, MEG, fMRI). *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 15-27.
- Koelsch, S., Grossmann, T., Gunter, T. C., Hahne, A., Schröger, E. & Friederici, A. D. (2003). Children processing music: electric brain responses reveal musical competence and gender differences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15 (5), 683-693.
- Koelsch, S., Gunter, T. C., Cramon, D. Y., Zysset, S., Lohmann, G. & Friederici, A. D. (2002). Bach speaks: A cortical "language-network" serves the processing of music. *NeuroImage*, 17, 956-966.
- Koelsch, S., Gunter, T., Friederici, A. D. & Schröger, E. (2000). Brain indices of music processing: "non-musicians" are musical. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 (3), 520-541.
- Koelsch, S., Gunter, T. C., Wittfoth, M. & Sammler, D. (2005). Interaction between syntax processing in language and in music: an ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17 (10), 1565-1577.
- Koelsch, S., Rohrmeier, M., Torrecuso, R. & Jentschke, S. (2013). Processing of hierarchical syntactic structure in music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 110 (38), 15443-15448.
- Koelsch, S., Schmidt, B. H. & Kansok, J. (2002). Effects of musical expertise on the early right anterior negativity: an event-related brain potential study. *Psychophysiology*, 39, 657-663.
- Krumhansl, C.L. (1979). The psychological representation of musical pitch in a tonal context. *Cognitive Psychology*, 11, 346-374.
- Krumhansl, C. L. (1990). *Cognitive foundations of musical pitch*. Oxford: Oxford University Press.
- Kunert, R. & Slevc, L. R. (2015). A commentary on: "neural overlap in processing music and speech". *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, doi: 10.3389/fnhum.2015.00330.
- Kunert, R., Willems, R. M., Casasanto, D., Patel, A. D. & Hagoort, P. (2015). Music and language syntax interact in Broca's area: an fMRI study. *Plos One*, 10, doi:10.1371/journal.pone.0141069.
- Kunert, R., Willems, R. M. & Hagoort, P. (2016). Language influences music harmony perception: effects of shared syntactic integration resources beyond attention. *R. Soc. Open Sci.*, 3, doi: 10.1098/rsos.150685.
- Lee, C. Y. & Hung, T. H. (2008). Identification of Mandarin tones by English-speaking musicians and nonmusicians. *Journal of Acoustical Society of America*, 124 (5), 3235-3248.
- Lerdahl, F. & Jackendoff, R. (1983). *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge: MIT Press.
- Lenhoff, H. M. (1996). *Music and Williams syndrome: A status report and goals*. Seventh International Professional Williams Syndrome Conference, Valley Forge, PA.
- Lima, C. F. & Castro, S. L. (2011). Speaking to trained ear: musical expertise enhances the recognition of emotions in speech prosody. *Emotion*, 11 (5), 1021-1031.
- Liu, F., Patel, A. D., Fourcin, A. & Stewart, L. (2010). Intonation processing in congenital amusia: discrimination, identification and imitation. *Brain*, 133, 1682-1693.
- Lu, C. & Greenwald, M. (2016). Reading and working memory in adults with or without formal musical training: musical and lexical tone. *Psychology of Music*, 44 (3), 369-387.
- Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C. & Friederici, A. D. (2001). Musical syntax is processed in Broca's area: an MEG study. *Nature Neuroscience*, 4 (5), 540-545.
- Magne, C., Schön, D. & Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children: behavioral and electrophysiological approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18 (2), 199-211.
- Maidhof, C. & Koelsch, S. (2011). Effects of selective attention on syntax processing in music and language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23 (9), 2252-2267.
- Marie, C., Delogu, F., Lampis, G., Belardinelli, M. O. & Besson, M. (2011). Influence of musical expertise on segmental and tonal processing in Mandarin Chinese. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 1-15.

- Moreno, S. & Besson, M. (2006). Musical training and language-related brain electrical activity in children. *Psychophysiology*, *43*, 287-291.
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L. & Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, *19*, 712-723.
- Musso, M., Weiller, C., Horn, A., Glauche, V., Umarova, R., Hennig, J., Schneider, A. & Rijntjes, M. (2015). A single dual-stream framework for syntactic computations in music and language. *NeuroImage*, *117*, 267-283.
- Papousek, M. & Papousek, H. (1981). Musical elements in the infant's vocalization: their significance for communication, cognition, and creativity. *Advances in Infancy Research*, *1*, 163-224.
- Patel, A. D. (1998). Syntactic in language and music: different cognitive operations, similar neural resources? *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, *16*, 1, 27-42.
- Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax, and the brain. *Nature Neuroscience*, *6*, 674-681.
- Patel, A. D. (2012). Language, music, and the brain: a resource-sharing framework. In P. Rebuschat, M. Rohrmeier, J. Hawkins, & I. Cross (Ed.), *Language and Music as Cognitive Systems* (pp. 204-223). Oxford: Oxford University Press.
- Patel, A. D., Iversen, J. R., Wassenaar, M. & Hagoort, P. (2008). Musical syntactic processing in agrammatic Broca's aphasia. *Aphasiology*, *22*, 7-8.
- Patel, A. D., Peretz, I., Tramo, M. & Labraque, R. (1998). Processing prosodic and musical patterns: a neuropsychological investigation. *Brain and Language*, *61*, 123-144.
- Patel, A. D., Wong, M., Foxton, J., Lochy, A. & Peretz, I. (2008). Speech intonation perception deficits in musical tones deafness (congenital amusia). *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, *25* (4), 357-368.
- Peretz, I. (2012). The biological foundations of music: insights from congenital amusia. In D. Deutsch (Ed.), *The Psychology of Music* (pp. 551-564). London: Academic Press.
- Peretz, I., Ayotte, J., Zatorre, R. J., Mehler, J., Ahad, P., Penhune, V. B. & Jutras, B. (2002). Congenital amusia: A disorder of fine-grained pitch discrimination. *Neuron*, *33*, 185-191.
- Peretz, I. & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, *6* (7), 688-691.
- Peretz, I., Kolinsky, R., Tramo, M., Labrecque, R., Hublet, C., Demeurisse, G. & Belleville, S. (1994). Functional dissociations following bilateral lesions of auditory cortex. *Brain*, *117*, 1283-1301.
- Peretz, I., Nguyen, S. & Cummings, S. (2011). Tone language fluency impairs pitch discrimination. *Frontiers in Psychology*, *2* (145), 1-5.
- Peretz, I., Vuvan, D., Lagrois, M. E. & Armony, J. L. (2015). Neural overlap in processing music and speech. *Phil. Trans. R. Soc. B* *370*: 20140090.
- Perruchet, P. & Poulin-Charronnat, B. (2013). Challenging prior evidence for a shared syntactic processor for language and music. *Psychonomic Bulletin & Review*, *20*, 310-317.
- Pfordresher, P. Q. & Brown, S. (2009). Enhanced production and perception of musical pitch in tone language speakers. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *71* (6), 1385-1398.
- Poulin-Charronnat, B., Bigand, E. & Koelsch, S. (2006). Processing of musical syntax tonic versus subdominant: an event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18* (9), 1545-1554.
- Schön, D., Magne, C. & Besson, M. (2004). The music of speech: music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology*, *41*, 341-349.
- Shi, Z. M., Lin, G. H. & Xie, Q. (2016). Effects of music therapy on mood, language, behavior, and social skills in children with autism: a meta analysis. *Chinese Nursing Research*, *3*, 10.1016/j.cnre.2016.06.018.
- Slevc, L. R., Rosenberg, J. C. & Patel, A. D. (2009). Making psycholinguistics musical: self-paced reading time evidence for shared processing of linguistic and musical syntax. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16* (2), 374-381.
- Steinbeis, N. & Koelsch, S. (2008). Shared neural resources between music and language indicate semantic processing of musical tension-resolution patterns. *Cerebral Cortex*, *18*, 1169-1178.
- Thompson, W. F., Schellenberg, G. & Husain, G. (2004). Decoding speech prosody: do music lessons help? *Emotion*, *4* (1), 46-64.
- Tillmann, B. (2012). Music and language perception: expectations, structural integration, and cognitive sequencing. *Topics in Cognitive Science*, *4*, 568-584.
- Tillmann, B. & Bigand, E. (2015). Response: a commentary on: "neural overlap in processing music and speech". *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*, doi:10.3389/fnhum.2015.00491.
- Tillmann, B., Bumham, D., Nguyen, S., Grimault, N., Gosselin, N. & Peretz, I. (2011). Congenital amusia (or tone-deafness) interferes with pitch processing in tone languages. *Frontiers in Psychology*, *2* (120), 1-15.

- Tomaino, C. M. (2012). Effective music therapy technique in the treatment of nonfluent aphasia. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1252, 312-317.
- Trainor, L.J. (1996). Infant preferences for infant-directed versus noninfant-directed playsongs and lullabies. *Infant Behavior and Development*, 19, 83-92.
- Trainor, L.J., Clark, E.D., Huntley, A. & Adams, B. (1997). The acoustic basis of preferences for infant-directed singing. *Infant Behavior and Development*, 20, 383-396.
- Udwin, O., Yule, W. & Martin, N. (1987). Cognitive abilities and behavioral characteristics of children with idiopathic infantile hypercalcaemia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 28, 297-309.
- Ullman, M. T. (2001). A neurocognitive perspective on language: the declarative/procedural model. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 717-726.
- Van de Cavey, J. & Hartsuiker, R. J. (2016). Is there a domain-general cognitive structuring system? Evidence from structural priming across music, math, action descriptions, and language. *Cognition*, 146, 172-184.
- Yu, L., Li, X., Yu, H., Cui, Z., Liao, W., Li, S., Peng, Y. & Wang, Z. (2016). Musicians have larger memory spans for Mandarin tones but not segments. *Psychology of Music*, 44 (5), 1058-1067.
- Zhang, Y., Kuhl, P. K., Imada, T., Kotani, M. & Tohkura, Y. (2005). Effects of language experience: neural commitment to language-specific auditory patterns. *NeuroImage*, 26, 703-720.

Summary

Common Foundations of Language and Music at a Syntactic Processing Level

Ayşe Arman Kalkandeler

Uludağ University

Darwin (1872) argued that language and music evolved together, whereas natural language existed long before music. In accordance with this perspective, the primary purpose of music and language is to express one's feelings by changing the tone. Over time, as music has moved away from the primary function of being generated to seduce the opposite sex, in recent times it has adopted a more aesthetic context, while language still maintains its basic communication function, with both, language and music, existing in various forms.

Music and language definitions are quite similar to one another, with there being numerous features that they have in common and which can be determined by a superficial examination. Although there are many different types of communication systems, no other species, other than humans, have both musical and language skills (Jackendoff, 2009; Fitch, 2015). Furthermore, both language and music include some form of sound production and can be transferred into symbols. Every culture has its own local form of language and music, with these local differences being quite diverse, unlike the fixed communication systems of other species. In each culture, it is possible for language and music to be combined into a song. However, both do share similar characteristics such as, pitch, rhythm, accent, tempo, structure, and rules such as, syntax and harmony. While there is also a hierarchical arrangement in the form of phoneme, morpheme, word, and phrase in the language: Western music is based upon the hierarchical arrangement of the pitch. Both language and music consist of elements that are orderly combined in perceptually discrete, complex, and larger structures. These elements are arranged according to the syntax. The brain internalizes these rules as they become exposed, in addition, these rules implicitly effect perception and performance.

In addition to the array of common features mentioned above, there are obviously some prominent differences. First of all, language is primarily used to express thoughts, while music is used to express emotions. In

music, pitch is arranged in relation to a specific tone, while in language there is no such stability. Due to the structure of human vocal cords, in language, pitch continuously progresses, but in music it changes intermittently (Bidelman, Gandour & Krishnan, 2010). The melodic properties of music, such as fixed intervals and hierarchical tonal structure, are completely domain-specific and are in no way similar to the linguistic elements (Krumhansl, 1990). However, melodic contour expresses the pattern formed by the rise or fall of the pitch over time, rather than certain specific pitch intervals; in the spoken language the equivalent can be considered to be the intonation.

Considering all of the similarities and differences, the question of whether the processing of music and language is associated with common structures or resources, has been a popular research topic for several decades. Initial findings were mostly based upon neuro-psychological data; the most important premise for those who argue that music and language are two independent processes, stems from the findings obtained from amusic and brain damaged individuals. Some researchers (Peretz et al., 2002) believe that congenital amusia, which is characterized by the deterioration of the pitch discrimination, is not only associated with music. This is because those who are amusic often report problems understanding the information based on the altered pitch in the spoken language, such as word stress and sentence type (question sentence/judgment sentence, etc.). On the other hand, the selective musical skill impairments that are reported in brain-damaged patients are considered to be evidence for the modular music processing system (Peretz & Coltheart, 2003). Consequently, it is still highly controversial whether or not it causes a disorder in the processing of the language.

Even though neuropsychological cases support the independence hypothesis; the resource sharing hypothesis has been supported several times with behavioral studies, electrophysiological data and imaging methods.

Address for Correspondence: Res. Asst. Ayşe Arman Kalkandeler, Uludağ University, Faculty of Arts & Science, Department of Psychology, Nilüfer / Bursa.

E-mail: aysearman@uludag.edu.tr

In recent years, the findings of fMRI and PET techniques in studies regarding the interaction of language and music, often indicate that similar brain regions are activated during both tasks.

When taking into consideration the findings relating to the possible connections between musical skills and language skills, the positive transfer hypothesis from music to language, can be easily associated with the effect of musical education. If the perception and processing of music and language are similar, skills developed in relation to musical expertise should also effect linguistic performance. Based upon previous research, it is reported that generative music skills are related to generative language skills, syntactic language skills are related to syntactic music skills and the ability to recognize emotion in speech is related to emotion recognition in tonal sequences.

The purpose of this study is to evaluate the appropriate literature, with a critical view of opposing the findings and views, as well as the findings that support the hypothesis that language and music are related. Since syntactic processing is the most researched subject in both fields; language and music will be compared at the level of syntactic processing.

Syntactic Processing in Language and Music

The rules that arrange structural organizations in a musical pattern are defined as syntactic rules, this is because of their similarity to the syntax in the language (Bigand, Tillmann & Poulin-Charronat, 2006). EEG findings have reported that listeners have been cognitively manipulating long-distance syntactic structures that are intertwined hierarchically while listening to music, which is similar to what has occurred in language (Koelsch, Rohrmeier, Torrecuso & Jentschke, 2013).

Cognitive approaches to language and music suggest that both syntax systems are quite different from one another. The name and action categories have different functions when it comes to words in sentences, such as subject, object, predicate, and distant syntactic connections, in sentences that are specific to language. Furthermore, any pitch sequence does not have the ability to limit syntactic properties like a word. In other words, the syntactic properties of language are much more complex than music ones. Therefore, the overlap between the two areas is at a processing level, not at the level of representation.

Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis

According to the resource sharing hypothesis, Patel (2012) has two basic claims. Firstly, language and music

involve domain-specific representations. The knowledge of words and their syntactic features involves a set of representations that are distinct from the representations of chords. Secondly, when similar cognitive operations are conducted on domain-specific representations, the brain shares neural resources between the two domains. Due to the distinct representations of music and language, when it comes to brain damaged cases, selective impairment emerges. In other words, those cases which have a selective brain impairment do not provide sufficient evidence to support the hypothesis that music and language are discrete areas. Language and music systems are independent; but when the linguistic and musical stimuli access the syntactic working memory simultaneously, the resources required for processing are shared. The structural integration system integrates incoming units (word or chord) into the structure (sentence or harmonic sequence) being developed. This system works instantly, enabling the selective activation of the associated units in networks that are domain-specific for both language and music. According to the resource sharing hypothesis, the concurrent tasks involve a linguistic and musical syntactic structural integration process that will cause an interference effect.

There are behavioral methods that are frequently used in studies which are aimed to examine the relationship between language and music at a syntactic processing level.

Pitch Discrimination Task

In those studies that support the hypothesis that language and music are interactive, commonly use the pitch discrimination task. In this task, participants are presented with sentences or musical tones. The last word or tone of the sequence is either congruent or incongruent with the previous part of the sentence or chord sequence. Participants are asked to decide whether there are any abnormalities. An experimental group is compared in terms of the number of errors and the response time, with the control group. In this task, the better the performance is of musicians in determining incongruities in the language condition and distinctive occurrence of late positivity and early negativity components in musicians in the incongruity condition, should indicate the common pitch processing mechanisms in the processing of both language and music (Schön, Magne & Besson, 2004; Magne, Schön & Besson, 2006; Moreno & Besson, 2006; Marques, Moreno, Castro & Besson, 2007; Jentschke & Koelsch, 2009).

Same/Different Task

In researches that use the same/different task, tonal languages are critical when it comes to examining the lin-

guistic use of the pitch. In tonal languages, pitch changes in the word or syllable level have a lexical meaning. It is reported that participants who have a native tonal language, perform better than those who are native English speakers, when it comes to producing and discriminating musical pitches (Pfordresher & Brown, 2009; Bidelman, Gandour & Krishnan, 2011). Musicians are significantly quicker and more successful in discriminating Mandarin tones, in comparison to the control group (Lee & Hung, 2008; Marie, Delogu, Lampis, Belardinelli & Besson, 2011; Lu & Greenwald, 2016).

Detection of Syntactic Violations

During this method, linguistic and musical syntactic processing is examined using two conditions. In the language condition, the participants are presented with incorrect and correct sentences in terms of grammar; in the music condition, harmonically accurate and incorrect chord sequences are presented. In the behavioral measurements, participants are asked to indicate whether the sentence or chord sequence is correct. During the electrophysiological studies, brain responses are recorded while the participants listen to the stimuli. Studies show that individuals who have language (Broca aphasia and developmental language disorder) and learning disorders, have problems when it comes to processing musical syntax (Jentschke, Koelsch & Friederici, 2005; Jentschke, Koelsch, Sallat & Friederici, 2008; Patel, Iversen, Wassenaar & Hagoort, 2008).

Priming and Interference Paradigms

In the tasks used to test the resource sharing hypothesis, sentences and musical sequences are presented concurrently. The last chord of the melody and last word of the sentence has been manipulated to be syntactically correct and expected, or to be incorrect and unexpected. Participants are asked to pay close attention to the linguistic stimuli by ignoring the music. According to the typical findings obtained by this paradigm, music sequences that contain a syntax violation reveal early right anterior negativity (ERAN) amplitude, while sentences that are syntactically incongruent reveal left anterior negativity (LAN) amplitude. These findings reveal that the LAN amplitude is significantly reduced when sentences are presented concurrently with musical sequences containing syntax violations (Koelsch, Gunter, Wittfoth & Sammler, 2005; Carrus, Pearce & Bhattacharya, 2013). Interferences that occur when syntactic violations and unexpected notes are simultaneously processed indicate the neural interaction between language and music. Priming effects are revealed for expected words, while it was also observed that the target word was processed that much quicker when presented with the congruent

chord, rather than the incongruent chord condition (Fedorenko, Patel, Casasanto, Winawer & Gibson, 2009; Slevc, Rosenberg & Patel, 2009; Hoch & Tillmann, 2010; Hoch, Poulin-Charronnat & Tillmann, 2011).

Role of Attention on Syntactic Processing

Although the shared resources hypothesis in the processing of music and language suggests that resource sharing is syntactic-specific, an alternative viewpoint suggests an attention-based explanation. According to the dynamic attending model (Jones and Boltz, 1989), harmonic accents, such as expected chords, attract attention, therefore, when the tonic chord is heard, the highest point of attention is reached. Therefore, the high level of attention facilitates the processing of the linguistic processing. This effect on music appears in the visual processing (Escoffier and Tillmann, 2008) and in the phoneme monitoring tasks (Bigand et al., 2001). In other words, there is no effect on the type of stimulus when the facilitation of linguistic processing can be explained by attention.

Conclusion

Whether music and language are interactive at the level of syntactic processing has been summarized in this study. Brain imaging studies highlight that brain regions, known to be associated with music and language skills, are similar. However, the findings in relation to the neural overlap alone, do not prove that language and music are associated with common neural systems (Peretz, Vuhan, Lagrois, and Armony, 2015). Despite overlapping brain regions, there may be a neural separation between language and music. That's why, it is important to be careful when interpreting neural data before evaluating the findings indicating neural overlap as evidence for the hypothesis that language and music have common foundations.