

Ritim, Ölçü, Ahenk

*Müzik
ve
Matematik*

Müzik yaşamımızın önemli bir parçası, ruhumuzun gıdası, hatta kendimizi ifade etmenin bir yolu. Peki ya matematik?

Çoğumuz için bir muamma. Müzik ne kadar duygusal ve sıcaksa matematik bir o kadar mantıksal ve soğuktur. Oysa araştırmalar müziğin ve matematiğin yakından ilişkili olduğunu gösteriyor.

Öyle ki beynimiz müziğin içerdiği karmaşık duygusal mesajlardan başka içindeki matematiği algılayacak şekilde gelişmiş. Hatta müzikle uğraşmanın matematiksel algılamayı geliştirdiği öne sürülüyor.

Hayatımızda bu kadar önemli yer tutan müziğin kaynağı yani nasıl ortaya çıktığı, beynimizin müziği nasıl algıladığı, müziğin beynimizi nasıl şekillendirdiği ve müziğin matematikle ilişkisi günümüzün ilgi çekici araştırma konuları arasında yer alıyor. Bu öyle bir konu ki tek bir alandaki çalışmalarla sınırlandırmak mümkün değil. Özellikle son yıllarda nöroloji (sinirbilim), bilişsel bilimler, psikoloji, sosyoloji, antropoloji, dilbilim ve matematik gibi birçok farklı alanda yapılan çok disiplinli çalışmalarla müziğin kökeni, üzerimizdeki etkisi ve beynimizde nasıl işlendiği anlaşılmasına çalışılıyor.

Müziğin matematikle ilişkisinin anlaşılabilmesi için beynimizin müziği nasıl algıladığının ve müzik icra ederken nasıl çalıştığının keşfedilmesi gerekiyor. Sinirsel motor mekanizmalar (istemli hareketleri kontrol eden mekanizmalar) ve seslerin beyinde işlenmesi konusunda birçok araştırma yapılıyor. Müziği icra etmek beyindeki motor mekanizmaların ve işitmeye ilgili bölümlerin sinirsel eşgüdümü olarak çalışmasını gerektirir. Bir müzik parçası icra edilirken bir sonraki aşama önceki aşamalarda ortaya çıkan seslerden etkilendiğinden, duyu ve motor faaliyetlerin birlikte çalışması gerekiyor.

Müziği algılayabilmemiz için öncelikle seslere bazı “anlamlar” yükleyebilmemiz gerekir. İşte bu konuda çok yetenekliyiz. Seslerin frekansındaki (titreşim sayısı) küçük değişimleri bile algılayabiliyoruz. Müzik seçilmiş frekanstaki seslerle yapılır. Bu seslere perde denir ve bir müzik aleti akort edilirken notalar bu perdelere (yani frekanslara) göre ayarlanır. Perde, örneğin 440 Hz şeklinde, frekansla ifade edilebilir. Ama bunun yerine la_4 (4. oktavdaki la) olarak da ifade edilebilir. Notalar belli perdedeki seslerin üzerine kurulur. Nota algısını “Müzik ve Matematik” altbaşlığı altında ele alacağız.

Müzik algısıyla ilgili çalışmalar ritmin ve perdenin birbirinden bağımsız olarak algılanabildiğini gösteriyor. Ama bir müzik algısının oluşabilmesi için bu ikisinin bir şekilde birbiriyle etkileşim halinde olması gerekiyor. Çalışmalar ritim algısının beyindeki işitsel ve motor işlevlerden sorumlu bölgelerde gerçekleştiğini gösteriyor.

Müzik icra etmekse en azından üç temel motor kontrol işlevi gerektiriyor. Bunlar zamanlama, notaları sıralama ve motor hareketlerin organizasyonu. Hareketlerin zamanlamasındaki hassaslık müziğin ritmiyle ilgili. Bu işlevler ve onları oluşturan doğal mekanizmalar üzerine birçok çalışma yapılmış. Ama karmaşık bir müzik performansının oluşturulabilmesi için bunların iç içe geçmiş olması gerekiyor ve bu etkileşimin nasıl gerçekleştiği pek iyi anlaşılmış değil. Müzik algısının ve icrasının beyindeki mekanizmasının anlaşılabilmesi için hepsini aynı anda incelemek gerekiyor.

Zamanlama, yani sesleri ya da notaları neredeyse mükemmel bir şekilde doğru aralıklarla sıralayabilme, sinirsel bir “metronoma” ya da saat mekanizmasına sahip olduğumuzu gösteriyor. Hareket eden ya da salınan bir mekanizma (sarkaçlı bir saat gibi) olmadan, bu kadar hassas bir zamanlama mekanizmasına sahip olmamız şaşırtıcı. Beyin görüntüleme teknikleriyle yapılan araştırmalar zamanlamanın beynin tek bir merkezi tarafından değil, hareketi kontrol eden çeşitli bölgeleri tarafından yapıldığını gösteriyor.

Bir piyanist on parmağıyla hiç şaşmadan bir dizi hareket yapar. Bu hareketin koordinasyonu yine beynin birçok farklı bölgesinin birlikte çalışması sayesinde gerçekleşebiliyor. Görüntüleme teknikleriyle yapılan araştırmalar beyin kabuğu ile onun altındaki bölgelerin, özellikle de bazal ganglionun (karmaşık motor hareketlerin uygulanmasını ve yönetilmesini sağlayan yapıların genel adı) bu hareketleri yönetmede etkin olduğu görülüyor.

>>>





İşitme duyusu ile motor işlevler arasındaki etki-leşim iki sistem arasında bir iletişim olduğunu gösteriyor. Ritmik bir müziği dinlediğimizde ister istemez ona yine ritmik hareketlerle eşlik ederiz. Bu durumdan müzikle tedavi yöntemi olarak yararlanılıyor. Ritmik seslerin yürüme bozukluğu olan kişilerde, örneğin Parkinson hastalarında tedaviye yardımcı olduğu görülmüş.

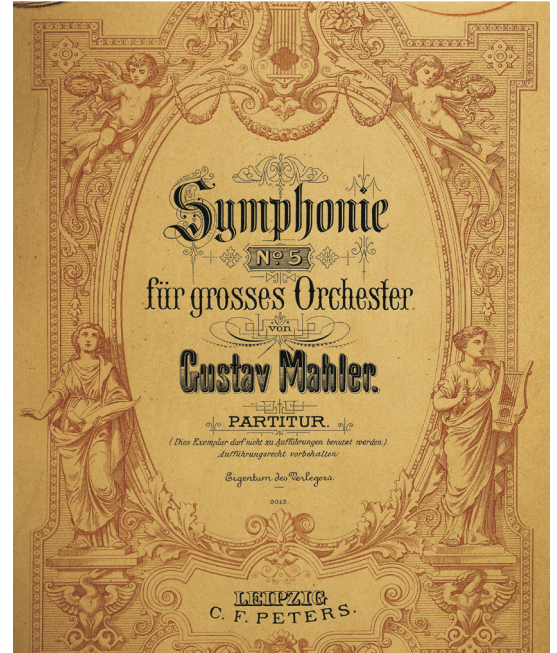
Bu konudaki araştırmaların ortaya koyduğu ilginç bir gerçek de müzisyenlerle müzisyen olmayan kişilerin beyin yapısının belirgin bir biçimde farklı olduğu. 2003 yılında yapılan bir çalışma müzisyenlerin beyinlerindeki gri maddenin motor, işitsel ve görsel-uzamsal bölümlerinin hacimsel olarak farklı olduğunu göstermişti. Bu da beynin ilgili alanlarının “kullanıma” bağlı olarak belirgin biçimde gelişim gösterdiği anlamına geliyor. Uzmanlar bu gelişimin kısa dönemli bir kazanımdan çok, uzun dönemli bir kazanım olduğunu ve sık yapılan tekrarlarla ortaya çıkabileceğini düşünüyor.

Bu yapısal gelişimin yanı sıra müzisyenlerin beyni işlevsel olarak da farklılık gösteriyor. İşlevsel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) yöntemiyle 2003 yılında yapılan bir çalışmada profesyonel piyanistler ile piyano çalmaya eşdeğer karmaşıklıkta parmak hareketleri yaptırılan bir kontrol

grubunun beyinlerinin çalışma biçimi karşılaştırılmış. Araştırmada profesyonel piyanistlerin beynindeki motor işlevlerden sorumlu beyin kabuğunda, kontrol grubundakilerde olduğundan çok daha az etkinlik yani daha az sayıda sinir hücresinin işlev gösterdiği izlenmiş. Bundan sonra yapılan çalışmalar da benzer sonuçlar ortaya koymuş. Bu da müzisyenlerin beyinlerini, benzer işler yapan deneyimsiz kişilere göre daha verimli kullandığını gösteriyor.

Müzisyenlerin beyinlerinin bellekle ilgili kısmının da müzisyen olmayanlarınkine göre daha gelişmiş olduğu da uzun zamandır biliniyor. Örneğin sözcük dağarcığı karşılaştırılarak yapılan çalışmalar müzisyenlerin sözcük dağarcığının daha geniş olduğunu gösteriyor.

Son zamanlarda eğlendirici yanı ağır bassa da, başta da değindiğimiz gibi müzik duygusal etkileşimin bir ürünü. Bu etkiyi genlerimizde taşıdığımız için bazı müzik parçaları bizi karşı konulmaz biçimde duygusal olarak etkileyebiliyor. Bu konuda yapılan araştırmalar ilginç sonuçlar ortaya koyuyor. Örneğin bize zevk veren, tabiri caizse “tüylerimizi diken diken eden” müzik parçalarını dinlediğimizde beynimizin heyecan, motivasyon ve mutluluk verici birçok olayda etkinleşen bölgelerindeki etkinlikler artıyor. Buna karşılık, hoşumuza gitmeyen melodiler beynimizin kaygılı ya da üzüntülü olduğumuz zamanlarda etkinleşen bölgelerini harekete geçiriyor. Özellikle film yapımcıları bu gerçekleri izleyicilerini etkilemek için etkin bir biçimde kullanabiliyor. Görüntü uyumlu bir müzikle desteklendiğinde duygusal olarak çok daha etkili olabiliyor.





Sessiz Olmaz

İşitme duyularımızla algılayabildiğimiz titreşimlere ses diyoruz. Ses dalgaları, enerjinin yayılma biçimlerinden biridir. Sesin kaynağı kulağımızın algılayabileceği hızda titreşen herhangi bir cisim olabilir; bir yaylı çalgının gövdesi ya da bir hoparlörün diyaframı gibi.

Ses dalgalar biçiminde yayılır. Bir gitarın teline vurduğumuzda tel titreşmeye başlar. Ne var ki telin yüzey alanı çok küçük olduğundan havayı yeterince titreştiremez. Sesin bir şekilde yükseltilmesi gerekir. Bu işi gitarın gövdesi yapar. İşte bu nedenle elektronik olmayan çalgıların geniş gövdeleri vardır. Telin titreşimi tele değen köprü aracılığıyla gitarın gövdesine aktarılır. Gövde de telle birlikte titreşmeye başlar. Gitarın gövdesi bu titreşimler sırasında havayı itip çeker. Titreşen tel, enerjisini dolaylı olarak yavaş yavaş havaya aktarır ve havada periyodik bir basınç değişikliğine yol açar. Basınçtaki bu değişim havada ilerler ve dalgalar halinde her yöne dağılır.



Her çalgının farklı ses karakterine sahip olmasının nedeni çalgının gövde yapısıdır. Teller genellikle benzer şekilde titreşse de çalgıların gövdelerinin değişik titreşim özellikleri onlara farklı karakterler kazandırır.



Müziğin Kökeni

Günümüzde müziğin daha çok bir eğlence aracı olduğunu söyleyebiliriz. Ama müziğin yalnızca bir eğlence aracı olmadığını da herkes farkındadır. Çünkü müzik bizi eğlendirebildiği kadar açlatabilir de. Nitekim araştırmalar da müziğin bir eğlence aracı olarak ortaya çıkmadığını gösteriyor.

Müziğin kökeniyle ilgili çalışmalar, Steve Mithin'in *The Singing Neanderthals: The Origin of Language, Mind and Body* adlı kitabının 2005 yılında dikkatleri bu konuya çekmesiyle hız kazandı. Arkeolog Mithin, insanın atalarının müziği dil gelişimiyle birlikte kullanmaya başladığını ve müziğin vücut dili ile birlikte bir kendini ifade etme biçimi olarak geliştiğini söylüyor. Araştırmalar, beyin gelişimiyle birlikte vücudun ses yolunun da gelişmesi sayesinde, sesli iletişimin insanlar arasında temel iletişim aracı haline geldiğini gösteriyor.

Araştırmalara göre ilkel müzik yani melodili konuşma, ilkel insana duygularını da ifade etme yolunu açtı. Evrimsel nörobiyolog Mark Changizi'nin ilginç ama bir o kadar da öngörülebilecek bir tezi var. Ona göre, müzik insanın milyonlarca yıl içinde kazandığı iletişim becerileri-

nin bir parçası. Müzik çaldığında dans etme ihtiyacı duymamızın ya da içimizin kıpır kıpır olmasının nedeniyse, müziğin vücudumuzun ya da bazı fiziksel nesnelere hareketi sonucunda ortaya çıkması ve bunun bir şekilde beynimize kazınmış olması.

İşitme duyusu çevremizi algılamada ilk sırada gelir. Eğer işitme duyumuz olmasaydı ancak çevremizde görebildiğimiz hareketi algılayabilirdik. Oysa doğada hareket eden hemen hemen her şey belli düzeyde ses çıkardığı için, işitme duyumuz çevremizde olanları algılamada çok önemlidir. Yabani ortamda ses algısı olmadan hayatta kalmak neredeyse olanaksızdır. Beynimiz seslere karşı o kadar duyarlıdır ki, hemen hemen her zaman sesin içinde saklı olan bilgiyi anında çözebiliriz.

Beynimiz işitsel uyarılara karşı o kadar duyarlıdır ki, görsel bir iletişim olmadan bile duyguların ya da hareketin dinleyiciye aktarılması mümkündür. Bu da insanın yaklaşık iki milyon yıllık geçmişinde, müziksel iletişimin beynin derinlerine kazındığı anlamına geliyor. Atalarımız hem çevrelerindeki seslere çok duyarlıydı hem de topluluklarındaki diğer bireylerle iletişim kurmada sesleri etkin bir şekilde kullanıyordu.

Changizi'ye göre, müzikal sesler içerdikleri birtakım temel özellikler sayesinde ilkel insan için önemli bilgiler içerir. Changizi bu özellikleri sesin yüksekliği, perdesi (yani frekansı), temposu ve ritmi olarak sınıflandırıyor. Örneğin pop müziği ele alalım. Bu müzik türü tıpkı fast food gibi hızlı tüketilir ama iştah açar. Pop müzik dinlerken vücudumuzda salınan kimyasallar sayesinde keyif aldığımızı hissederiz ve daha fazlasını arzularız. Yukarıdaki parametrelere göre ele aldığımızda, sesin yüksekliği samimiyeti simgeler ve dinleyicinin kendini şarkıcıya yakın hissetmesini sağlar. Sesin perdesi yükselir ve alçalır. Bu da bir ilişkideki etkileşimi, hareketi simgeler. Pop müzik parçalarının ritmi genellikle orta ya da hızlı olduğundan içimizi kıpır kıpır yapar. Son olarak da, ritim bize vücudumuzu nasıl hareket ettireceğimizi anlatır. Pop müziğin hiç durmadan değişen ritmi parçaya ilgimizi kaybetmememizi sağlar. Ünlü deneysel psikolog ve bilişsel bilimci Steven Pinker'e göre, açıklaması pek kolay olmasa da bu müzik tarzı bize en çok haz veren ve bizi hareket ettirmeye zorlayan, en derin içgüdülerimize sesleniyor.

Sesin kaynağı olan titreşen cisim, yakınındaki hava molekülünü titreştirir. Titreşen her hava molekülü bir sonrakini titreştirir. Böylece titreşim her yöne yayılır ve kulağımıza kadar gelir. Kulak zarımızın en yakınındaki moleküller de titreştiklerinde kulak zarımızı titreştirir. Eğer bu ses bizim algılayabileceğimiz frekanstaysa ve yeterince güçlüyse sesi algılayabiliriz.

Biz genellikle hava yoluyla kulağımıza ulaşan sesleri algılayabiliriz. Ancak ses dalgaları sadece havada değil, başka ortamlarda da ilerleyebilir. Katılar ve sıvılar da ses dalgalarını iletir. Üstelik yoğunlukları havanınkinden fazla olduğundan, sesi hem daha iyi iletirler hem de daha hızlı. 1800'lerde yaşamış bir mucit ve müzik aleti yapımcısı olan Charles Wheatstone ses dalgalarının katı ortamlarda havaya göre çok daha iyi iletildiği-



Müziğin ilkel insanın yaşamını sürdürme becerisinin bir ürünü olduğunu söylemiştik. Tam olarak hangi güdünün ya da gereksinimin müziği ortaya çıkardığını söylemek zor. Ama müziğin kökeniyle ilgili yaklaşımlardan en çok kabul göreni müziğin annelik güdüsüyle ortaya çıktığını söylüyor. Avustralyalı müzikoloji profesörü Richard Parncutt'a göre, müzik annenin bebeğiyle ya da küçük çocuğuyla iletişimde kullandığı melodili seslerin ya da "bebek dilinin" gelişimiyle doğmuş. Parncutt'a göre bundan bir ila iki milyon yıl önce, insanın beyin hacmi arttıkça bebekler daha erken doğmaya başladı ve yenidoğan bebekler giderek daha narin hale geldi. Yeni doğan bebeklerin yaşamını sürdürebilmesi için anne ile bebek arasında güçlü bir bağ oluşması gerekiyordu. İşte ilkel müzik bu bağı geliştirmenin ve sürdürmenin en etkin aracıydı.

Anne ile bebek arasında karmaşık bir iletişim biçimi vardır. Gerek fiziksel gerekse sesli iletişim içgüdüsel davranışlardır ve genellikle kültürden kültüre pek değişim göstermez. Bu sesli iletişim ve işaret dili bebeğin ve annenin fiziksel ve duygusal durumlarını birbirine aktarır. Anneyi bebeğini koruyup kollaması konusunda motive ederek onun ihtiyaçlarını karşılamasını sağlar. Bebeklerle aç ya da yorgun olduklarını bu yöntemle anlatır.

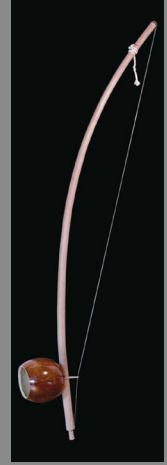
Doğum öncesi yaşananlar da anne bebek ilişkisinde önemli bir role sahiptir. Anne karnındaki bir bebek doğumdan neredeyse dört ay önce işitmeye başlar. Bebek annenin sesinin yanı sıra sürekli olarak adımlarını, kalp atışını ve sindirim seslerini de duyar. Bunların hepsi bebeğe annesinin durumuyla ilgili bilgi verir. Bebeğin anne karnındaki "deneyimi" doğumdan sonra annesiyle bağına sağlayan en önemli unsurlardan biridir. Doğum sonrasında da bebek annesinin sesinden onun duygusal durumunu algılayarak ona göre karşılık verir. Avustralya'daki Mel-

bourne Üniversitesi Müzik Fakültesi Dekanı Gary McPherson, insanların müzik aracılığıyla iletişim kurma yeteneğinin yaşamlarının ilk günlerinden itibaren var olduğunu ve hatta doğumdan önce de müzik ve ses motiflerini algılayabildiklerini belirtiyor, müzik algısının ilk zekâ belirtirelerinden biri olduğunu düşünüyor.

Müziğin kökenini araştıran bilim insanları, ilk müzik aletlerinin izini sürebilseler de insan sesinin gelişimini anlamaları kolay değil. Çünkü arkeolojik buluntular da bunun izine ratlamak pek olası değil. O nedenle müziğin anne bebek ilişkisinden kaynaklandığını kesin olarak söylemek zor. Ama Parncutt'a göre şimdilik en elle tutulur açıklama bu. Parncutt müziğin birbiriyle iç içe geçmiş, çeşitli ama benzer kökenlerinin olabileceğini belirtiyor. Müzik yukarıda sözünü ettiğimiz bireyler arası iletişimle birlikte, anne bebek iletişimiyle eş zamanlı olarak doğmuş olabilir.

Vokal müziğin yani insan sesiyle yapılan müziğin kökeni bir yana, müzik aletlerinin gelişiminin kökeni farklı olabilir. Örneğin bazı primat türlerinin içi boş kütüklere vurarak ritmik sesler çıkardığı biliniyor. Bunu büyük olasılıkla eğlence için değil, alanlarını savunmak için yapıyorlar. Yine de bu bir yaratıcılık örneği ve iletişim için yapılan bir davranış. Birçok hayvan özellikle çiftleşme dönemlerinde karşı cinsi etkilemek için müzikal sesler çıkarır. Kuşlar buna verilebilecek en güzel örnektir. İnsanlar müzik konusunda doğadan ve hayvanlardan esinlenmiş olabilir.

Sosyolojik ve psikolojik bakımdan ele aldığımızda müzik insanların duygularını etkiler ve onları belli bir şekilde davranmaya yönlendirir. Belli bir amacı vardır, ki bu da müzisyenlerin diğer insanların duygularını anlayacak ve buna yönelik ürünler ortaya koyabilecek yeteneğe olmasını gerektirir.



ni göstermek için güzel bir düzenek hazırlar. Wheaststone, deneyi yaptığı binanın bodrum katına yerleştirdiği arpları, iki kat yukarıdaki salonda bulunan arplara tahta sütunlarla birleştirir. Müzisyenler bodrum kattaki arpları çaldığında, iki kat yukarıda bulunan dinleyiciler kendi katlarındaki, "kimsenin çalmadığı" arpların sesini duyar. Bodrum katında çalınan arpların titreşimleri tahta sütunlardan birinci kattaki arplara iletilir. Bodrum kattaki arplarla aynı perdede akort edilmiş bu arplar titreşir ve sesleri salonda duyulur. Buna karşılık, bu iki kat arasındaki zemin kattakiler, hiç müzik sesi duymaz.





Yazının başında frekans konusuna değinmiştik. Her ne kadar kulağımız hassas bir algılayıcı olsa da belli aralıktaki frekansları işitebilir. Bu saniyede yaklaşık 20 ile 20.000 titreşim aralığıdır. Frekans saniyedeki titreşim sayısıdır ve birimi Hertz'dir (Hz). (Hertz, 19. yüzyılda radyo dalgalarının nasıl oluştuğunu keşfeden bilim insanının adıdır.) Bazı canlılar daha geniş bir frekans aralığını algılayabilir. Örneğin köpekler 50 ile 45.000 Hz, kedilerse 45 ile 85.000 Hz aralığındaki sesleri duyabilir. Yarasalar 120.000 Hz'e, yunuslarsa 200.000 Hz'e kadar olan sesleri algılayabilir.

Düşük titreşimli sesleri kalın (bas), yüksek titreşimli sesleriyse ince (tiz) algılarız. Yüksek frekanslı sesler yüksek perdeli, düşük frekanslı sesler düşük perdeli seslerdir. Müzik konusunda iyi eğitilmiş kişiler, frekansları birbirinden sadece 2 Hz farklı olan iki sesi bile birbirinden ayırabilir.

Müzik ve Matematik

Eski Yunanlılar matematik ve müziğin ayrılmaz bileşenler olduğunu düşünürdü. Müzik matematikle ilgili bir alan olarak ele alınırdı. Müziği oluşturan seslerin arasındaki matematiksel ilişkiyi keşfetmişlerdi. Sayıların babası olarak da bilinen Yunanlı matematikçi ve filozof Pisagor'un (Pythagoras) öğretisine yer verilen okullarda müzik de aritmetik, geometri ve astronomi ile aynı düzeyde ele alınırdı. Müzik, ses ve melodinin bilimi olarak görülüyordu. Kulağımıza anlamlı gelen sesler arasında matematiksel anlamda bir ilişki olduğunu daha o zamanlar keşfetmişlerdi.

Bir telli çalgının çalışma prensibini anlayarak, bu notaları oluşturan sesler arasındaki matematiksel ilişkiyi biz de keşfedebiliriz. Evimizdeki herhangi bir telli çalgıyı bunun için kullanabiliriz. Eğer telli bir çalgımız yoksa, bir parça tahta ve bir tel (bir gitar teli ya da misina olabilir) kullanarak basit bir çalgı

yapabiliriz. Yaklaşık yarım metre uzunluğundaki bir tahtanın iki ucuna çiviyle tutturarak gereceğimiz telin altına, tahtanın iki ucuna yakın yerlere birer destek koymalıyız ki tel tahtadan biraz uzaklaşsın ve serbestçe titreşebilsin. Destek olarak kalem kalınlığında iki tahta parçası kullanabiliriz.

Telin herhangi bir yerine parmağımızı bastırma- dan çalgımızın teline vurduğumuzda çıkan sese "armonik" denir. Bu aynı zamanda, tek telli çalgımızın çıkarabileceği en kalın sestir. Buna "çalgının temel frekansı" da denir. Çalgımızın temel frekansının 220 Hz (saniyede 220 titreşim) olduğunu varsayalım. Bu frekans, bir piyanonun üçüncü oktavındaki "la" notasının frekansıdır (Buna kısaca la_3 diyelim). Telin rasgele seçeceğimiz yerlerine parmağımızla bastırıp tele vurarak değişik frekansta sesler elde edebiliriz. Bu seslerin çoğu bize anlamsız gelir. Ancak parmağımızı telin tam ortasına basarak tele vurursak, kulağımıza telin birinci armoniğiyle uyumlu gelen bir ses duyarız. Bu, telin ikinci armoniğidir.

Bu ses, bir oktav yukarıdaki la_4 notasıdır (la_4) ve frekansı telin temel frekansının iki katı, yani 440 Hz'dir. Şimdi, telin yarı uzunluğunu tekrar ikiye bölelim; telin $1/4$ 'üne denk gelen noktaya basalım. Telin kısa tarafına vuralım. Duyacağımız ses yine la_3 notasıdır, ama bu kez frekans dört katına, 880 Hz'e çıktı; yani bir oktav daha inceldi.

Bir notanın bir oktav yukarısı, onun frekansının iki katı hızlı titreşen ses anlamına geliyor. Burada görebileceğimiz gibi, oktavlar arası çok basit bir matematiksel ilişki var. Beynimiz bir şekilde bu matematiksel ilişkiyi algılayabiliyor ve aralarında matematiksel bir ilişki bulunan sesler bize uyumlu geliyor.

Aslında elimizde bir cetvel yoksa telin tam ortasını göz kararı bulmak zordur. Ama bunu çıkan sesi dinleyerek yaparsak telin tam ortasını bulabiliriz. Müzik kulağı iyi olan biri telin tam ortasını çok hassas olarak bulabilir. Kulağımızın gözümüze göre çok daha duyarlı bir ölçüm aleti olduğunu söylersek pek de yanılmayız.

Oktavlar bir telin en basit biçimde bölünmesiyle elde edildiğine göre, kuşkusuz değişik notalar oluştururken ona da temel olacak. Bir oktav aralıklı iki do sesi arasında nasıl bir sayısal ilişki varsa, öteki notalar arasında da benzer bir ilişki vardır. Eğer bir oktavı rasgele değil de belirli oranlarda bölecek olursak farklı notalar elde ederiz. Tarihe baktığımızda farklı kültürlerin notaları oktavı değişik oranlarda bölerek elde ettiğini görüyoruz. Batı kültüründe bir oktav yediye bölünürken, başka kültürlerde farklı oranlarda ve miktarda bölünmüş. Bir oktav Çin'de beşe, Arabistan'da 17'ye, Hindistan'daysa 22'ye bölünmüş.





	Do	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do
Eşit aralıklı:	261.63	277.18	293.66	311.13	329.63	349.23	369.99	392	415.30	440	466.16	493.88	523.25
Armonik aralıklı:	264		297		330	352		396		440		496	528

Bir oktavın 12'ye bölünmesiyle elde edilen eşit aralıklı sisteme göre ve armonik aralıklı sisteme göre 4. oktava karşılık gelen notaların frekansları (Hz).

Günümüzde Batı müziğinde genel olarak kullanılan sistem, oktavın 7'ye bölünmesiyle elde edilen 7 notalı sistemdir. Notalar arasında da matematiksel bir ilişki vardır. Şimdi, bu ilişkinin nasıl ortaya çıktığına bakalım. Oktavdan sonraki en önemli aralık "beşli"dir. Bunun için tel üçe bölünür ve 2/3 oranındaki uzun bölümü titreştirilir. Beşli adı, başlangıç boyundaki tel ile boyu onun 2/3'ü oranındaki telin verdiği seslerin arasında beş nota bulunmasından gelir. Bu aralık, bir tenor ile bir bas, bir soprano ile bir alto arasındaki farktır. İki sesle söylenen bazı şarkılarda şarkıcılar sesleri aralarında bir beşli farkla söyler.

Bir başka aralıksa dörtlü olarak adlandırılır ve teli 3/4 oranında bölerek elde edilen ses ile orijinal ses arasındadır. Tüm bu notalarla elde edilen sesler, kulağa uyumlu gelir. Bu nedenle, çoğu geleneksel müzikte bu uyum gözlenebilir.

Telimizin temel frekansını 1 kabul edersek, ikinci armoniğin frekansı 2 olur (telin tam ortasına basarak elde ettiğimiz ses). Bu durumda yukarıda sözünü ettiğimiz bölünmeleri, ondalık sayılar biçiminde yazabiliriz. Bu durumda: 1 (1/1), 1,33: (4/3), 1,5 (3/2) ve 2 (2/1) sayılarını el de ederiz. Do₄'ün frekansı 264'tür. Bu sayıyı 4/3'le çarptığımızda fa₄'ün frekansı olan 352'yi, 3/2'yle çarptığımızda sol₄'ün frekansı olan 396'yı elde ederiz. İkiyle çarptığımızda zaten bir oktav yukarıdaki do₅'in frekansını bulacağımızı biliyoruz. Bu dört notadan oluşan nota takımının, Orfe'nin çalgısı Lir'in akordu olduğu söylenir.

Yedi notalı sisteme göre sayısal bölünmeyi sürdürürsek, yedi notaya karşılık gelen frekans oranları şöyle olur: Do (1), re (1,125), mi (1,250), fa (1,333), sol (1,500), la (1,667), si (1,875). Do₄'ün frekansını 264 olarak bildiğimize göre, 264'ü bu sayılarla çarparsak öteki notaların frekansını elde edebiliriz. Buna göre re₄ 297, mi₄ 330, fa₄ 352, sol₄ 396, la₄ 440, si₄ 496, do₅ 528 olur.

Bu "armonik" oranlar her ne kadar kulağa mükemmel biçimde uyumlu gelse de Ortaçağ'ın sonlarına doğru daha karmaşık müzik aletlerinin ve müzik parçalarının ortaya çıkmasıyla birlikte bazı sorunlar belirdi. Notaların frekanslarının tam ola-

rak eşit aralıkta olmaması nedeniyle, özellikle klavyeli çalgılarda bazı sorunlar yaşanmaya başlandı. Bunun için Pisagor sistemine küçük bir ayarlama yapmak gerekti. En basit ve günümüzde de geçerli olan sistem, bir oktavın on ikiye bölünmesiyle elde edilen (bir oktavı oluşturan ana ve ara notalar) eşit aralıklı sistemin Johann Sebastian Bach tarafından oluşturulan halidir. Bu sistemde birbirini takip eden iki notanın frekansları arasındaki farkın katsayısı yaklaşık 1,1225'tir. Notaların bu şekilde düzenlenmiş haline "iyi düzenlenmiş akort" (well temperament) adı veriliyor.

Kulağımız, Pisagor sistemindeki "saf" aralıkları, iyi düzenlenmiş akordu oluşturan notaların aralıklarına göre daha uyumlu bulur. İyi düzenlenmiş akortta notaların doğal frekansları üzerinde küçük oynamalar olduğu için her notanın farklı bir "renge" olduğu da söylenebilir. Bu durum, bir parça farklı bir perdeden çalındığında ona farklı bir karakter kazandırır. Bach, bunu "Das Wohltemperierte Klavier" (İyi Düzenlenmiş Klavye) adını verdiği yirmi dörder parça içeren iki kitaptan oluşan eseriyle çok güzel anlatır. Bu eserlerin içerdiği her bir parça farklı bir akortta yazılmıştır. Kitaplardan her biri toplam 12 ana ve ara notanın (do, do#, re, re#, mi, fa, fa#, sol, sol#, la, la#, si) major ve minor akortlarda yazılmış parçalardan oluşur. Bach'ın iyi düzenlenmiş akoru anlatmak için yazdığı bu eseri günümüzde de en beğenilen klasik müzik eserlerinden biridir.

Bu bilgiler ışığında müziğin eğlence amacıyla dinlenen ya da icra edilen bir olgu olmaktan öte, atalarımızdan miras kalmış, beynimizin derinlerine kazınmış çok yönlü bir iletişim aracı olduğunu söyleyebiliriz. Müzik bize hem duygusal hem de fiziksel mesajlar veren, evrensel bir iletişim aracı.



Kaynaklar

Fitch, W.T., Rosenfeld, A. J., "Perception and production of syncopated rhythms," *Music Perception*, 2007.
Gough, M., "The Origins of Music",
Cosmos, Mart 2011.
Johnston, L., "Measured Tones", *Institute of Physics Publishing*, 1994.
Kraus, N., Strait, D. L. ve Parbery-Clark, A., "Cognitive Factors Shape Brain Networks for Auditory Skills: Spotlight on Auditory Working Memory",

Annals of the New York Academy of Sciences, 2012.
Shaw, Z., "What the Origin of Music Reveals About its True Meaning", (<http://www.mediapocalypse.com/>), 6 Haziran 2012
Taylor, C., *Exploring Music*, Institute of Physics Publishing, 1994.