

# Jurassic Park

Gerçek mi Oluyor?

Yaşlı dünyamızdan çok sayıda tür gelip geçmiş. Milyonlarca yıl önce gezegenimizin baskın türü insanlar değil dinozorlarmış. Şimdiye kadar yaşamış türlerin çoğu yok olmuş, var olan türlerin pek çoğu da büyük bir hızla yok olmakta. Nesli tükenmiş türlerin kalıntılarını sadece müzelerde görebiliyor veya onların **hayatta iken nasıl olabileceklerini** bilimkurgu filmlerde izleyebiliyoruz. Ancak son zamanlarda **onları geri getirmekten** bahsetmeye başladık. Gelişmelere bakılırsa, gezegenimizin bu eski sakinlerine **yeniden merhaba** diyebileceğimiz günler geleceğimizin bir parçası olacağı benziyor.

Jurassic park filminde deve kuşu yumurtasına dinozor DNA'sı aktarılarak dinozorlar geri getiriliyor.

Michael Crichton'un (1942-2008) aynı adlı kitabından sinemaya uyarlanan, yönetmenliğini Steven Spielberg'in yaptığı ve üç ayrı dalda Oscar kazanan Jurassic Park, 1993 yılı yazında gösterime girdiğinde bizleri yaşlı dünyanın geçmişine doğru olağanüstü bir yolculuğa çıkarmış, korku ve heyecanla dolu dakikalar yaşatmıştı. İlk defa, beyazperde de olsa, dinozorlarla birlikte yaşamının ne demek olacağını -veya olmayacağını- görmemizi sağlamıştı Jurassic Park. O günlerde genetik mühendisliği dalında doktora yapan bir öğrenci olarak filmin benim için çok daha özel bir anlamı vardı. Çünkü film "acaba olabilir mi" diye üzerinde düşündüğüm bazı şeylerin nasıl gerçekleşebileceğini gözler önüne seriyordu.

Filmin senaryosu, girişimci bir milyarderin maddi gücü ile bir grup genetik mühendisinin bilimsel birikim ve becerisinin bir araya gelmesi ile ortaya çıkan, Costa Rica'nın Pasifik kıyısı açıklarındaki hayali bir adada yaratılmış bir eğlence parkı üzerinde yoğunlaşıyordu. Bilgisayarda yaratılan olağanüstü görsel efektlerinden dolayı sinema tarihinde bir dönüm noktası olarak algılanan film, milyonlarca yıl önce yaşamış dinozorların geri getirilmesi ile başlıyordu. Genetik mühendisleri dinozor DNA'sını bir sivrisinekten, soktuğu dinozorun kanı ile midisini doldurmuş, ama bu ziyafetin hemen ardından konduğu ağaçın salgıladığı şeffaf sarı reçineye yakalanarak onun içinde milyonlarca yıl tutsak kalıp fosilleşmiş bir sivrisinekten elde etmişlerdi. Tek bir dinozor hücrelerinde dahi tüm bir dinozoru kodlayan genetik malzeme bulunduğu için, artık amberleşmiş reçinenin içindeki sivrisineğin midesinde bozulmadan kalan dinozor kan hücrelerinden tek biri, bir zamanlar yaşlı gezegenimizin hâkimleri olan bu görkemli hayvanların geri getirilmesi için yetmişti. Genetik mühendisleri dinozor DNA'sını, genetik malzemesi çıkarılmış devekuşu yumurtasına aktarmış ve bu yumurtadan dinozor yavrusu elde etmişti. Michael Crichton 1991 yılında piyasaya çıkan kitabı Jurassic Park'ı yazarken belli ki gelişim biyolojisinde yapılmış olan araştırmaları detaylı olarak incelemişti.

Hatırlayacağınız gibi Dolly, 1996 yılında altı yaşındaki bir koyunun meme dokusundan alınan bir hücrenin genetik malzemesinin çekirdeği çıkarılmış bir koyun yumurtasına aktarılması ile elde edilmiş ve klonlanan ilk memeli hayvan olarak bilim tarihine geçmişti (bundan on bir yıl sonra, 2007 yılında da ülkemizin ilk klonu olan Oyalı, İstanbul Üniversitesi bilim insanlarınca elde edilmişti). Bilimsel açıdan önemli olan nokta, Dolly'nin özelliklerini belirleyecek DNA'nın başkalaşmış bir hücreden, bir meme dokusu hücresinden geliyor olmasıydı.

Yaklaşık 100 trilyon hücreden oluşan insan vücudunda 200'ün üzerinde hücre çeşidi olduğunu biliyoruz. Yaşama tek bir hücre olarak başlayan canlı, biyolojik başkalaşım adını verdiğimiz bir seri işlem sonucu sinir hücresi, kas hücresi, kalp hücresi, kan hücresi vb. gibi değişime uğramış hücrelerden oluşan bir birey haline gelir. Bütün bu hücreler aynı DNA'ya, yani aynı genetik malzemeye sahip olduğu halde her bir hücre tipinde çalışan genler farklı olduğu için sonuçta ortaya değişik hücre tipleri çıkar.

Başkalaşmış bir hücrenin genetik malzemesinin bir şekilde yeniden programlanarak vücudu meydana getiren diğer hücre tiplerine dönüştürülüp dönüştürülemeyeceği, gelişim biyologlarının yıllardır üzerinde durduğu önemli bir soruydu. Bu sorunun kesin cevabını verecek deneyi ise embriyoloji bilimine yaptığı olağanüstü katkılarla bilinen Hans Speman, 1938 yılında önermişti. Speman "eğer başkalaşmış bir hücrenin çekirdeği, çekirdeği çıkarılmış bir yumurtaya aktarılırsa ve bu işlem sonucu tam bir canlı meydana gelirse, o zaman başkalaşmış hücrenin genetik malzemesi zigotun genetik malzemesi ile aynı demektir" diyordu.

Böyle bir deneyin gerçekleşmesi için öncelikle hücrenin çekirdeğinin çıkarılabilmesi ve çekirdeği çıkarılmış başka bir hücreye, hücreyi parçalamadan aktarılabilmesi gerekiyordu. Robert Briggs ve Thomas King adında iki bilim insanı leopar kurbağaları (*Rana pipiens*) üzerindeki çalışmalarıyla bu teknikleri geliştirip ilk defa çekirdek transferi yapmayı başardı. 1952 yılında Briggs ve King, blastula devresindeki bir embriyodan aldıkları çekirdeği, çekirdeği çıkarılmış bir yumurta hücresine aktardıklarında tam bir kurbağa elde ettiler. Ancak çekirdek transferini gelişimin ileri devrelerinde gerçekleştirilirse başarı oranları hızla düşüyordu. Bu sonuçlara bakarak, çekirdek transferinin sadece gelişimin erken dönemlerinde başarılı olabileceğini, dolayısıyla yetişkin vücut hücrelerinden çekirdek transferi yaparak canlı elde etmenin imkânsız olduğunu düşünen bilim insanları dahi oldu. Fakat 1970'lerde John Gurdon ve arkadaşları yetişkin hücrelerden elde ettikleri çekirdekleri kullanarak tam bir kurbağa elde etmeyi başardı. Gurdon ve grubunun başarısında iki önemli etken vardı: Bunlardan biri leopar kurbağası (*Rana pipiens*) yerine Güney Afrika kurbağası (*Xe-*



*nopus leavis*) kullanmış olmaları, diğeri ise uyguladıkları tekniğin Briggs ve King'in tekniğinden biraz farklı olmasıydı. Özetle, önce yumurta hücrelerini ultraviyole ışınlar maruz bırakarak onun kromozomlarını parçaladılar, daha sonra başka bir kurbağanın bağırsak epitelinden elde ettikleri çekirdeği bu yumurtaya aktardılar. Sonuçta, çekirdek aktarılan embriyolardan bazılarında hiç hücre bölünmesi olmazken, bazıları bir müddet gelişip belli bir aşamaya ulaştıktan sonra o noktada takılıp kaldı. Fakat üçüncü bir grup embriyo normal gelişimini tamamlayıp sağlıklı birer kurbağaya dönüştü.

1950'lerde temelleri atılan bu çalışmalar 1990'larda Dolly'nin klonlanmasını sağlayarak moleküler yaşam bilimlerinde yepyeni bir dönemin başlamasına neden oldu. Dolly'nin klonlanması *Jurassic Park* filmine bakışımızı da değiştirdi. Bir zamanlar heyecanla ekran başında izlediğimiz *Uzay Yolu* dizisinde uzay çağına ait olacağı öngörülen pek çok şeyin şu anda hayatımızın bir parçası olması gibi, *Jurassic Park* da hiçbir zaman gerçekleşmeyecek bir bilimkurgu filmi olmaktan çıktı, bir bakıma geleceğin habercisi, dinazor meraklısı çok sayıda insan için de hem esin kaynağı hem de rehber niteliği kazanmaya başladı.

Nesli tükenmiş türleri geri getirebilmek için öncelikle onların yaşam kılavuzları olan gen haritalarını bilmemiz gerekiyor. Gen haritası bilgisine ulaşmanın tek yolu ise o canlıya ait çok küçük de olsa bir doku parçasından DNA'sının izole edilmesi ve diziliminin belirlenmesidir. Uzun bir süre bilim dünyasında bile soyları tükenmiş hayvanların yumuşak dokularının bozulmadan elde edilmesinin imkânsız olduğu düşünülürdü. Çünkü hayvanlar öldükten bir süre sonra, hücrelerdeki bir grup enzimin faaliyeti sonucunda, kalıtım malzemesi DNA başta olmak üzere pek çok molekül

parçalanır. Zamanla geriye sadece kemiklerden oluşan iskelet kalacak şekilde dokular tamamen çözülür ve dağılır. Ancak buzullarla kaplı bölgelerde yaşamış ve öldükten sonra karkası yıllar boyu buzullar içinde saklı kalmış canlılar buna istisna teşkil eder. Aşırı soğuk nedeniyle, yumuşak dokuları uzun süre parçalanmadan kalabilir. Yine de bu canlıların da DNA'larının parçalanmış olacağı, dolayısıyla genetik malzemelerinin elde edilemeyeceği düşünülüyordu. Dolayısıyla klonlanmalarına da imkânsız gözüyle bakılıyordu. Fakat bir grup bilim insanının çalışmaları sonucu bu fikir değişecekti.

2008 yılı Kasım ayında Amerikan Bilimler Akademisi'nin bilimsel yayını olan *Proceedings of National Academy of Sciences* dergisinde, Japonya'daki RIKEN araştırma merkezinden Teruhiko Wakayama'nın liderliğinde bir grup araştırmacı, 16 yıl önce ölmüş ve bu süreyi donmuş olarak bir buzlukta (sıfırın altında 20 derecede) geçirmiş bir fareyi klonladıklarını bildiren bir makale yayımladı. Wakayama ve grubu fareyi öldükten sonra herhangi bir işleme tabi tutmadan olduğu gibi buzluğa aktarmıştı. Hem buzlukta geçen 16 yıllık sürede, hem de donu çözülürken dokuların ve hücrelerin zarar görmesini engelleyecek herhangi bir kimyasal madde kullanmamışlardı. Uyguladıkları yöntem doğanın taklidiydi ve bu nedenle gerçeği yansıtıyordu.

Wakayama ve ekibi önce buzlukta çıkardıkları farenin donunun çözülmesini bekledi, daha sonra farenin vücudundaki değişik organları inceleyerek geride sağlıklı hücre kalıp kalmadığına baktı. İnceledikleri dokulardaki hücrelerin tamamı çözülme esnasında parçalanmıştı. Hücreleri kullanamayacakları anlaşılınca bu sefer tüm hücre yerine hücrenin çekirdeğini kullanmaya karar verdiler. Genetik materyali taşıyan da zaten çekirdekti. Değişik do-



Bilim insanları 2007 yılında Sibiryada bulunan ve günümüzden 40 bin yıl önce yaşamış yavru mamut Lyuba'yı klonlamaya çalışıyor.

kulardan, bu arada beyinden, elde ettikleri hücre çekirdekleriyle deneylere devam ettiler. Bu çekirdekleri, çekirdeği çıkarılmış fare kök hücrelerine aktardılar. Çekirdek transferi yapılmış kök hücrelerini laboratuvarında bir müddet büyütüp sayılarını artırdıktan sonra onlardan tam bir fare elde etmeyi başardılar (kök hücreler ve kök hücrelerin genetik yapısı değiştirilerek onlardan tam bir farenin nasıl elde edildiği konusu için, bkz. Karaçay, B., *Yaşamın Sırrı DNA*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2010). Bilinmeyen bir nedenle, değişik dokulardan elde edilen çekirdekler arasında beyin hücrelerinden elde edilenler klonlamada en başarılı sonuçları verdi. Wakayama ve çalışma grubu 16 yıl gibi uzun bir süre sonra ölü bir farenin klonunu elde etmeyi başarmışlardı. Onların bu başarıları ister istemez hem medyada hem de bilim çevrelerinde geçmişte yaşamış ve artık aramızda olmayan ama Dünya'nın buzullarla kaplı bölgelerinde donmuş olarak bekleyen hayvanların geri getirilebileceği spekülasyonlarına neden oldu. Öyle görünüyor ki eğer bu senaryo gerçekleşecekse ilk kahraman çok büyük ihtimalle, beş milyon yıl boyunca dünyamızın sakinleri arasında yer almış fakat günümüzden 10 bin ila 14 bin yıl önce soyu tükenmiş, günümüz fillerinin genetik akrabası mamut olacak.

Kuzeydoğu Sibiryadaki Yamal yarımadasında bir ilkbahar günüydü. Takvimler 2007 yılının Mayıs ayını gösteriyordu. Nenetler olarak bilinen yöre halkının üyelerinden ve bir ren geyiği çobanı olan Yuri Khudi, üç oğluyla beraber Yuribey nehri kenarında yürürken, uzun kış gecelerinde hikâyelerini duydukları o canavarlardan birinin yerde yatan kadvrasıyla karşılaştılar (Nenet kültüründe mamutların yeraltında, buzulların karanlığında sürüler halinde dolaştığına ve şeytan çobanlarca güdüldüklerine, o nedenle onlarla karşılaşmanın uğursuz olduğuna inanılıyor). Yerde yatan, yaklaşık 40 bin yıl önce yaşamış yavru bir mamutun cansız vücudu. Binlerce yıl boyunca Sibiryanın soğukunda, buzlar altında donmuş bir halde o güne kadar gelmişti. Büyük ihtimalle küresel ısınmanın da etkisi ile buzlar yavaş yavaş çözülünce, yavru mamutun vücudu da gün ışığına çıkıvermişti. Kılırları ve tırnaklarının dışında her şeyi o kadar yerli yerin-



Bilim insanları 60 bin yıl önce yaşamış mamuttan geri kalan kılırdan DNA yalıtarak mamutun gen haritasını çıkardı.

deydi ki sanki binlerce yıl önce değil sadece birkaç hafta önce ölmüştü. Doğrusu şimdiye kadar Dünya üzerinde böylesine iyi korunmuş, bu kadar yaşlı bir kadvraya ilk defa rastlanıyordu. Nenetler her yıl bölgedeki diğer nehir yataklarında ve göl kenarlarında da bal sarısı renginde çok sayıda mamut dişine ve mamut kemiğine rastlıyorlardı, ama şimdiye kadar bozulmadan kalmış bir mamut vücuduna hiç rastlamamışlardı.

Günümüz fillerinin akrabaları olan mamutlar yaklaşık olarak 3,5 milyon yıl önce Afrika'dan ayrılarak Avrasya'ya dağılıp o bölgenin değişik iklim ve coğrafi şartlarına uyum sağladılar. Kuzey Sibiryada yaşayan mamutların vücutları üç metreye kadar uzayabilen kılırla kaplıydı. Hem vücutlarını saran bu uzun kılırlar hem de kulaklarının etrafındaki kürkümü örtü onları soğuğa karşı koruyordu. Günümüz fillerinin dişlerine benzer ama onlardan daha uzun ve daha keskin, kavisli dişleri vardı. Bu dişlerini dövüşürken kullandıkları gibi kılırları eşip yiyecek bir şeyler bulmak için de kullandıkları tahmin ediliyor. Mamutlar günümüzden yaklaşık 10 bin-14 bin yıl öncesine kadar yaşadılar, fakat kısa bir süre içerisinde nesilleri tükendi. Bilim insanları bu dönemde sadece mamutların değil onlar gibi çok sayıda, devasa yapılı başka hayvan türlerinin de yok olduğuna dair deliller olduğunu bildiriyor. Bazı kaynaklar kuzey yarıkürede yaşamakta olan türlerin neredeyse % 70'inin yok olduğunu belirtiyor. Bilim insanları bu kadar çok sayıda türün kısa sürede ortadan kalkmasının nedeninin ya Dünya'ya

bir meteorun çarpması ya da kuraklık ve ardından gelen yangınlar olabileceği kuramlarını öne sürüyor. Bu kuramlar arasında türden türe atlayan ölümcül bir virüs salgını dahi var. Fakat bu büyük yok oluşun en son buzul çağının sonlarına rastlaması, iklim değişikliğinin önemli bir faktör olduğu tezini destekler nitelikte. Aynı döneme denk gelen önemli bir başka değişim ise Afrika'dan ayrılan bir avuç insanın Avrasya'ya yayılması oldu. Bazı paleontologlar insanların mamutları avlayarak hem etlerinden ve kemiklerinden hem de postlarından yararlanıp uzun kış mevsimlerinde hayatta kalmayı başardığını ile-



Nesli tükenmiş mamutlar, büyük ihtimalle yaşama geri getirilen ilk hayvanlar olacak.

ri sürüyor. Bu kuramların hangilerinin doğru olduğu bilinmemekle beraber kesin olan bir şey var: Yaşadıkları ortamın aşırı derecede soğuk olması nedeniyle ölen mamutların çoğu buzulların altında günümüze kadar pek bozulmadan kalabildi. Eğer küresel ısınma bu şekilde devam ederse insanlık gelecekte Yuri ve oğullarının bulduğuna benzer, bozulmadan kalmış çok sayıda mamut keşfedecektir.

Mamutları geri getirebilmek için bilim insanlarının ihtiyacı olan sadece tek bir hücreye ait, bozulmadan kalabilmiş bir çekirdektir. Örneğin yavru mamut Lyuba'nın (ona Yuri'nin eşinin "sevgi" anlamı taşıyan ismi verildi) vücut hücrelerinden çekirdeği bozulmamış bir hücre elde edilebilirse, yukarıda açıklanan ve Dolly'nin klonlanmasında kullanılan çekirdek transferi gerçekleştirilerek tam 40 bin yıl sonra Lyuba'nın ikizi dünyaya getirilebilecektir. Bunun için onun hücresinden yalıtılan çekirdek, mamutlara genetik olarak en yakın olan, günümüzde yaşayan Afrika filinden elde edilmiş ve çekirdeği çıkarılmış bir yumurta hücresine aktarılacaktır. Daha sonra yine Dolly'nin klonlanmasında olduğu gibi, çekirdek transferi yapılmış yumurtanın küçük bir elektrik akımıyla sanki spermle birleşmiş gibi bölünmeye başlaması sağlanacaktır. Laboratuvar şartlarında birkaç bölünme gerçekleştikten sonra bu embriyo hormonla muamele edilerek hamileliğe hazır hale getirilmiş taşıyıcı bir filin rahmine yerleştirilecektir. Her şeyin yolunda gitmesi durumunda yaklaşık 22 ay sonunda (mamutların, günümüzde yaşayan fillere göre hesaplanmış tahmini gebelik süresi) Lyuba'nın ikiz kardeşi dünyaya gelecektir.

Bozulmamış mamut çekirdeği bulunamaması bu hayallerin sonu anlamına gelir mi? Bir grup bilim insanına göre bu sorunun cevabı "hayır". Çekirdek transferi ile klonlamanın alternatifi, mamut DNA'sını gerekirse suni olarak makinelerde sentezlemek ve onu çekirdeği çıkarılmış bir fil yumurtasına aktarmak olacaktır. Bunun için öncelikle mamutun gen haritasının bilinmesi gerekiyor.

Bu konudaki ilk başarı haberi 2007 yılında Kopenhag Üniversitesi'nden geldi. Gilbert ve çalışma arkadaşları müzelerde saklı olan 10 mamutun kollarından DNA izole etmiş ve hücrelerin enerji santralleri adını verdiğimiz organel olan mitokondrilerinin DNA dizilimini belirlemişti. Mitokondriler çekirdek DNA'sından farklı olarak kendilerine özgü küçük bir DNA molekülü taşıyır. Bu çalışmanın olağanüstü yanı kullandıkları kolların bir kısmının 1806 yılında Sibiryada bulunmuş bir mamut mumyasından geliyor olmasıydı. Bu kollar son 200 yıldır müzede, herhangi bir özel işlem görmeden oda sıcaklığında beklemişti. Yine de kolların DNA izole edilebilmiş ve dizilimi belirlenebilmişti. Mitokondri DNA'sının küçük olması (yaklaşık 16.770 baz) diziliminin elde edilmesini de kolaylaştırmıştı. Çekirdek DNA'sının dizilimini belirlemek, bir diğer deyişle mamutun gen haritasını çıkarmak çok daha zor bir işti. Onun başarılması da fazla uzun sürmedi. Bir yıl sonra, 2008 yılında Pennsylvania Devlet Üniversitesi'nden Stephan Schuster ve Webb Miller'in önderliğinde bir araştırma grubu *Nature* dergisinde yayımladıkları bir makale ile 4,17 milyar baz diziliminden oluşan mamut gen haritasını çıkardıklarını bilim dünyasına duyurdu. Gen haritasını çıkardıkları mamutların biri yaklaşık 20 bin, bir diğeri ise yaklaşık 60 bin yaşındaydı. Araştırmacılar elde ettikleri dizilimin mamutun gen haritasının % 70'ini temsil ettiğini belirtiyordu.

Mamut gen haritası mamutlar hakkında birtakım önemli bilgilerin elde edilmesini de sağladı, günümüz filleri ile sanıldan çok daha benzer oldukları ortaya çıktı. Ayrıca yaklaşık 2 milyon yıl önce başlayan bir değişim sonucu aynı atadan gelen iki farklı mamut grubunun ortaya çıktığı, bunlardan birinin günümüzden 45 bin yıl önce soyunun tükendiği de elde edilen bilgiler arasındaydı. Mamut gen haritası ile onun akrabası Afrika filinin gen haritasının karşılaştırılması, mamutların nasıl olup da Sibiryaya gibi aşırı derecede soğuk iklimlere uyum sağladığı hakkında da bilgi sağladı. Altı farklı ülkeden gelen bilim insanları ortak bir çalışmayla mamut gen haritasından elde edilen bil-



giyi kullanarak önce mamutun hemoglobin geninin yapısını bulup onu laboratuvarında sentezlediler, daha sonra da bu geni bakteri hücrelerine aktardılar. Bakteri hücresi kendi DNA'sı ile aktarılan DNA'yı ayırt edemediği için aktarılan geni çalıştırıp onun kodladığı mamut hemoglobin proteinini üretmeye başladı. 2010 yılının Mayıs ayında *Nature Genetics* dergisinde yayımlanan bir makalede, elde edilen proteinin fizyolojik özellikleri belirlendiğinde mamut hemoglobin proteininin üç farklı amino asitinde değişiklik olduğu, meydana gelen değişim sonucu oksijeni çok düşük sıcaklıklarda dahi dokulara taşıyabildiği gösterildi. Bu belki de günümüzden binlerce yıl önce yaşamış ve soyu tükenmiş bir canlıya ait bir molekülün ilk defa geri getirilmesi oldu.

Elde edilen bu başarılarla rağmen mamutun geri getirilebilmesi için bilim adamlarının çözmesi gereken önemli sorunlar var. Bir kere bilim insanlarının mamutun kaç kromozomu olduğunu belirlemesi gerekiyor. Mamutun gen haritasının tamamı belirlenmiş olsa bile bu bilgiyi mamuta dönüştürmek o kadar da kolay olmayacak. Öncelikle bu DNA'nın fiziki olarak sentezlenmesi gerekiyor. Şimdiye kadar sıfırdan başlanarak sentezlenebilen en uzun DNA, mamutun gen haritasının sadece binde biri uzunluğunda. Bununla birlikte DNA sentezi ve dizilim belirleme tekniklerinde son yirmi yılda elde edilen gelişmelere bakınca, bunun da sadece bir zaman meselesi olduğunu söylemek yerinde olur sanırım. Mamut DNA'sının sentezi başarıldığında geriye kalan bu DNA'yı suni bir çekirdek zarı içine yerleştirip çekirdeği çıkarılmış bir Afrika fili yumurtasına aktarmak olacak.

Neandertal kemiklerinden elde edilen DNA'nın dizilimi, günümüzde bazı insanların neandertal DNA'sı taşıdığını gösteriyor.



Gen haritası bilgisini kullanarak mamut klonlamanın bir diğer yolu da işe Afrika filinin DNA'sı ile başlayıp onu mamut DNA'sına dönüştürmek. Mamut gen haritası ile Afrika filinin gen haritası karşılaştırıldığında aralarında 400.000 noktada farklılık olduğu belirlendi. Bilim insanları bir yolunu bulup DNA'da bu kadar çok değişiklik yapabilirse Afrika filinin DNA'sını mamut DNA'sına dönüştürebilecekler. Bundan sonra yapılacak olan ise ortaya çıkan mamut DNA'sını çekirdeği çıkarılmış bir fil yumurtasına aktarmak olacak.

Böyle bir teknolojinin açacağı kapıları da düşünmek zorundayız. Eğer mamutlar geri getirilebiliyorsa Neandertaller neden getirilmesin?

Neandertallere ait ilk kalıntılar 1829 yılında Belçika'da bulundu. Fakat bu fosilin, nesli yok olmuş bir insana ait olduğu o günlerde anlaşılammıştı. Bir parça kafatası kemiği ve başka değişik kemiklerden oluşan ve Neandertal olarak tanımlanan ilk fosil ise 1856 yılında, Almanya'nın eski başkenti Bonn'un yaklaşık yetmiş kilometre kuzeyindeki Neander Vadisi'nde bir mağarada bulundu. Aradan geçen yıllarda Fransa'nın güneyinde, İsrail'de, Kuzey Irak'ta, İranda, Kafkaslar'da çok sayıda Neandertal iskeleti keşfedildi. Böylece Neandertallerin güney Avrupadan Kafkaslara kadar, ülkemizi de içine alan bir bölgede yaşamış olduğu anlaşılıyor. Fosiller Neandertallerle insanların 5 bin-7 bin yıl süreyle aynı coğrafyada yaşadığını da gösteriyor. Son Neandertallerin günümüzden yaklaşık 30 bin yıl önce yaşadığı tahmin ediliyor. Neandertal iskeletlerinin incelenmesinden bizlere çok benzediklerini, fakat yine de bazı fiziksel özellikleri açısından bizlerden farklı bir görünüme sahip olduklarını biliyoruz. Örneğin alınlarının günümüz insanıninkinden çok daha kısa olduğunu, alının göz oyuklarıyla birleştiği noktada yani kasların altında, dışarı doğru kemikten bir çıkıntı olduğunu biliyoruz. Neandertal kafatası adli tıp çalışanlarının elinde maket haline dönüşünce yüzlerinin ileri doğru çıkık olduğu, geniş ve büyük bir burun yapısına sahip oldukları, ayrıca çenelerinin yok denecek kadar küçük olduğu görülüyor. Fosiller Neandertallerin genelde daha tıknaz ve güçlü bir vücut yapısına sahip olduğunu, kol ve bacaklarının da günümüz insanıninkinden daha kısa olduğunu gösteriyor. Akla takılan ilk sorulardan biri şüphesiz birbirine bu kadar benzeyen ve bu kadar uzun süre birbirine çok yakın coğrafyalarda yaşamış bu iki grup arasında herhangi bir fiziksel birlikteliğin olup olmadığı. Bunu öğrenmenin en iyi yolu şüphesiz Neandertal DNA'sının dizilimi belirleyip, insan gen haritası ile karşılaştırmak olacak.

Bu konuda ilk veri 1997 yılında elde edildi ve Neandertal mitokondri DNA'sının 400 bazdan oluşan bir bölümünün dizilimini içeriyordu. Fakat Neandertal gen haritası konusunda asıl gelişmeler 2006 yılından sonra gerçekleşti. Nitekim ilk Neandertal gen haritası 2010 yılının Mayıs ayında *Science* dergisinde yayımlandı. Almanya'nın Leipzig şehrinde bulunan Max Planck Enstitüsü'nden Svante Pääbo'nun önderliğinde 57 araştırmacıdan oluşan uluslararası bir grup, üç ayrı Neandertalin kalıntılarında elde ettikleri DNA'nın dizilimini çözerek yaklaşık 3 milyar bazdan oluşan taslak Neandertal gen haritasını dünyaya du-

yurdu. DNA yirmi yıl önce, Hırvatistan'da bir mağarada bulunmuş üç Neandertale ait kemiklerden elde edilmişti. Bunlardan biri 38 bin, diğeri 48 bin yaşındaydı (üçüncünün yaşı belirlenmedi).



Moleküler yaşam bilimlerindeki ilerlemeler Jurassic parkın bir gün gerçek olabileceği ümitlerini yeşertiyor.

Neandertal gen haritasının insan gen haritası ile karşılaştırılması, daha önce ileri sürülen aksine bu iki grup arasında fiziksel bir birlikteliğin gerçekleşmiş olduğunu ve kuzey Avrupadan Ortadoğu'ya, Çin'den Yeni Gine'ye kadar günümüz insanların bir kısmının % 1-3 oranında Neandertal DNA'sı taşıdığını gösterdi. Bunun yanı sıra Afrika insanlarında Neandertal DNA'sının izine rastlanmadı. Genetik veriler günümüz insanı ile Neandertallerin yaklaşık 300 bin-400 bin yıl önce genetik açıdan birbirlerinden ayrılmaya başladığını gösteriyor. Araştırmacılar gen haritalarını karşılaştırdıklarında günümüz insan grupları arasında 73 genin aynı yapıya sahip olduğunu, ama Neandertallerin bu 73 geninin yapısına bakıldığında onların diziliminin şempanzelerin genlerine daha yakın olduğunu buldular. Projenin lideri Svante Pääbo, Neandertal gen haritasını çıkarmanın insanı daha iyi anlamak için gerekli olduğunu, çünkü Neandertallerle aramızdaki benzerliklerin ve farklılıkların bizleri insan yapan genetik dizilimleri ve onların sonuçlarını öğrenmemizi sağlayacağını söylüyor.

Neandertal gen haritasının elimizde olması ister istemez Neandertallerin geri getirilmesi sorusunun tartışılmaya açılmasını da gerektiriyor. Aslında yukarıda mamut için anlattığım senaryoların Neandertallerin klonlanması için de tıpatıp uygulanabileceği sanırım dikkatlerinizden kaçmamıştır. Ancak buna kalkışılmadan önce etik açıdan cevaplanması gereken çok önemli sorular var. Örneğin Neandertallere karşı insanların tepkileri ve davranışları nasıl olacak

ve bu konuda hangi kanunlar esas alınacak? Zekâ düzeylerinin nasıl olduğunu bilmiyoruz, ama bilim insanları, kafatası fosillerinden Neandertallerin beyinlerinin günümüz insanından yaklaşık 100 cm<sup>3</sup> daha büyük olduğunu belirtiyor. Zekâ düzeyleri bizden daha düşükse, onları kendi amaçları doğrultusunda kullanmak isteyecek insanlardan nasıl koruyacağız? Geçmişte kölelik devrinin yaşanmış olması bu açıdan endişe verici. Her ne kadar ihtimal verilmese de, bizden büyük beyinleri ile zekâ düzeyleri de bizden daha yüksek olursa? Kendi sonumuzu kendimiz hazırlamış olmaz mıyız? Öte yandan Neandertallerden elde edilecek bilgiler insanlık için daha iyi bir gelecek kurulmasında yardımcı olabilir. Örneğin onları bizden farklı kılan genetik özellikleri onları hastalıklara karşı koruyor ve daha sağlıklı bir yaşam sağlıyorsa, bu bilgileri insanlığın yararına kullanmak da söz konusu. "Sanırım bu bir kaç soru bile Neandertallerin geri getirilmesi konusunun boyutları ve karmaşıklığı hakkında ipucu veriyor."



"Mamutlar gibi geri getirilmesi düşünülen nesli tükenmiş hayvanlar için de benzer etik sorular geçerli." Fillerin yaşamına baktığımızda son derece sosyal hayvanlar olduklarını ve grup bilincine sahip olduklarını gözlemliyoruz. Onlara genetik açıdan son derece benzeyen mamutların da sosyal hayvanlar olacağı şüphesiz. Böyle bir durumda tek bir mamutu geri getirip hayvanat bahçelerinde bir gösteri hayvanı olarak kullanmak ne derece doğru olur? Onu doğal ortamına en yakın olan Sibiryaya bırakmak ise ölüme terk etmekle eşanlamlı olacaktır. Öte yandan eğer bir mamutu geri getirebiliyorsak neden bir sürü oluşturacak sayıda mamut klonlayıp onları tekrar Dünyadaki yaşamın bir parçası kılmayalım?

#### Kaynaklar

Miller, W., Drautz, D. I., Ratan, A., Pusey, B., Qi, J., Lesk, A. M., Tomsho, L. P., Packard, M. D., Zhao, F., Sher, A., Tikhonov, A., Raney, B., Patterson, N., Lindblad-Toh, K., Lander, E. S., Knight, J. R., Irzyk, G. P., Fredrikson, K. M., Harkins, T. T., Sheridan, S., Pringle, T., Schuster, S. C., "Sequencing the nuclear genome of the extinct woolly mammoth", *Nature*, Sayı 456, s. 387-390, 20 Kasım 2008.  
Campbell, K. L., Roberts, J. E., Watson, L. N.,

Stetefeld, J., Sloan, A. M., Signore, A. V., Howatt, J. W., Tame, J. R., Rohland, N., Shen, T. J., Austin, J. J., Hofreiter, M., Ho, C., Weber, R. E., Cooper, A., "Substitutions in woolly mammoth hemoglobin confer biochemical properties adaptive for cold tolerance", *National Genetics*, Sayı 42, s. 536-540, 2 Mayıs 2010.  
Muelle, T., "Ice Baby & Recipe for a Resurrection", *National Geographic*, Mayıs 2009.



Bahri Karacay, Iowa Üniversitesi Tıp Fakültesi Pediatri Bölümü, Çocuk Nörolojisi Kürsüsü öğretim üyesidir. Ayrıca aynı üniversitenin Gen Tedavi Merkezi ve Holden Kanser Merkezi üyesidir. Nörolojik doğum kusurları üzerinde genler düzeyinde araştırmalar yürütüyor. Beş yaşın altındaki çocuklarda görülen sinir sistemi tümörü nöroblastoma ve yine sinir sistemini etkileyen Alexander hastalığına gen tedavisi geliştiriyor. Ayrıca alkolün ve LCM virüsünün fetüs beyni üzerindeki etkilerini araştırıyor.  
[www.bahrikaracay.com/blog](http://www.bahrikaracay.com/blog)

#### Anahtar Kavramlar

Yerkürede yaşam başladı başlayalı milyonlarca tür varoldu ve milyonlarca da çevrelerine ayak uyduramadıkları için yok olup gitti ve gitmekte. Bilimsel ve teknolojik ilerlemeler sayesinde binlerce yıl önce yaşamış ve nesli tükenmiş hayvanların gen haritalarını çıkarmaya başladık. Hem bu bilginin elde edilmesi hem de klonlama tekniğinin geliştirilmesi nesli tükenmiş hayvanların geri getirilmesini gündeme getirdi.