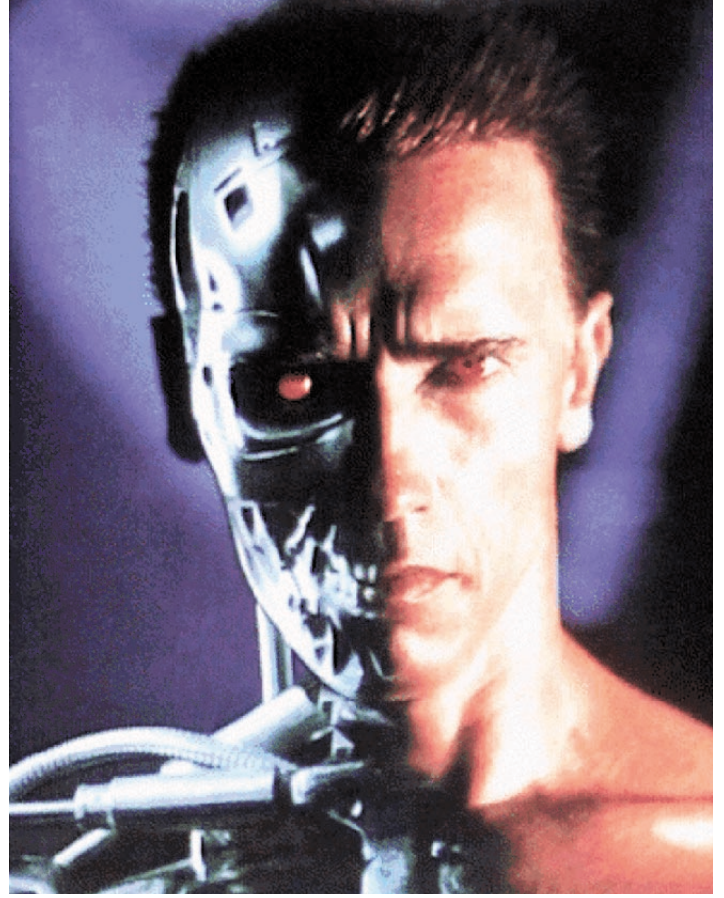


# Biyonik Geleceğimiz

"Senin, benim gibi etten kemikten" sözü tarihe karışmak üzere. Mekanik, elektronik organ, doku ve beden parçalarında başdöndürücü bir gelişme gözleniyor. İşlevleri bakımından neredeyse doğaldan ayıramayacak protezler geliştiriliyor. Artık teknoloji, şimdiye dek boyun eğdiremediği biyolojik kaleleri de düşürme hazırlığı içinde. Canlılığını yitirmiş sinirler, küçük elektrik akımlarıyla yeniden işlev görür duruma getirilebiliyor. Hatta biyolojiye elektronik/mekanik müdahale, sinir sistemimizin merkezi, tanıdığımız hiçbir canlıda olmadığı ölçüde karmaşık, bizi doğayı yalnız kavramakla kalmayıp, onu yönetebilecek, kendi yapımızı değiştirecek kadar zeki kılan beynimize kadar ulaştı. Sınır tanımayan bilim, bu alanda son darboğazları da aşmak üzere. Elektronik implantlar, parkinson ve epilepsi hastalarını rahatlatıyor, sağırılar işitme duyusu kazanıyor. Göremeyenler, eskisi gibi aciz değil. Biyoloji ve elektroniğin birleşme ürünü olan biyonik insan, bilimkurgunun fantezilerini yakalamak üzere. Aslında bilimle fantezinin sınırlarının belirsizleştiği bir gri bölgenin içindeyiz. Bu bölgede mühendisliğin, tıbbın tanıdığımız malzemeleri de biçim değiştiriyor. Müdahale araçlarımız artık yalnızca elektronik devreler, elektronlar, iyonlar değil. Artık biyolojiye, biyolojinin kendi araçlarıyla, genlerle, proteinlerle yön verebiliyoruz. Hasta, tükenmiş organlarımızı yeniden üretmenin eşiğindeyiz. Bilim adamları, beyin naklinin, daha doğrusu beyine yeni bir beden naklinin hazırlığı içindeler. Biyonik insana doğru gidişte son köprü olan sinir hücreleri de insan teknolojisine boyun eğmek üzere. Elektronik devreler üzerinde yetiştirilen canlı nöronlar, bu karmaşık dünyanın son sırlarını da bize teslim edecek.



**D**İKKAT, aramızda "cyborg"lar var! Bu yarı biyolojik, yarı mekanik insanları tanıyamamamızın nedeni, Arnold Schwarzenegger'e, ya da canlandırdığı bilim kurgu tiplmesi "terminator"a pek benzememeleri olsa gerek. Aslında Hollywood yıldızının yapısına ve kaslarına sahip olunca, bedenlerimiz için makine desteğine pek de gerek yok. Ama beyinlerimizin bilgisayarların hesaplama hızını kazanmaları, gözlerimizin gece pusuda bekleyen düşman bedenlerin yaydığı kızılötesi ışınları algılaması, hedefle aramızdaki uzaklığı bir çırpıda ölçüvermesi

hiç de fena olmaz. Şimdilik aramızdaki cyborg kardeşlerimiz, canlı dokuyla makine birleşmesindeki uç potansiyelin çok gerisinde bulunuyorlar. Bir çoğu ya yaşlı, ya da sakat. Bedenlerindeki teknoloji harikası mekanik parçaların şimdilik yapabildikleri, yerlerini aldıkları, ya da destekle görevlendirildikleri doğal organların işlevlerini yarı yamalak yerine getirebilmek. Ancak bilim adamları, bilgisayar donanımlarıyla biyolojinin evliliğinin çok daha görkemli ürünlerinin sanıldığı kadar uzak olmadığını söylüyorlar.

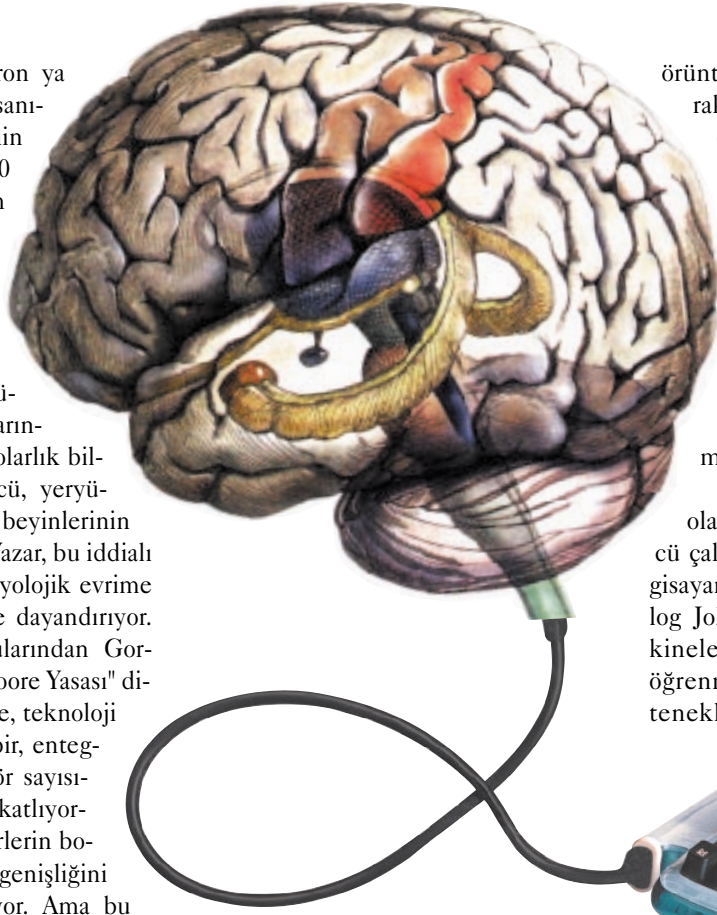
Bilimle bilimkurgu arasındaki sınırlar önümüzdeki binyılın başlarında daha da belirsizleşecek gibi. Bilgisayar

teknolojisindeki muazzam gelişmenin, makineleri önümüzdeki yıllarda insan beynine üstün kılacağı uzmanlarca belirtiliyor. Artık yapay zeka değil, süper-bilgisayarlarla donatılmış makinelerin "yapay bilinci" bilimin hedefi. Bir bilgisayar uygulamaları şirketinin sahibi ve yöneticisi Ray Kurzweil'e göre, önümüzdeki 20 yıl içinde insan zekasının "yazılımı" hazırlanacak. 2019 yılında 1000 dolarlık sıradan bir masaüstü bilgisayar, insan beyninin işlem kapasitesine, yani saniyede 20 katrilyon işlem yapma yeteneğine erişecek. Beynimizin, çoğumuzun farkında olmadığımız bu "akıl almaz" hesaplama gücünü nörologlar şöyle açıklıyor: Beynimizde

yaklaşık 100 milyar nöron ya da sinir hücresi olduğu sanılıyor. Bu sayıyı, hücrenin bağlantılı olduğu 1000 başka hücre ile çarpalım ve her bağlantının saniyede 200 hesap yaptığını varsayalım. Bu da saniyede 20 katrilyon işlem anlamına gelir. Aynı uzmana göre önümüzdeki yüzyılın ortalarında, 2055 yılında, 1000 dolarlık bilgisayarın hesaplama gücü, yeryüzündeki tüm insanların beyinlerinin toplamına eşit olacak!.. Yazar, bu iddialı önerileri, teknolojiye, biyolojik evrime paralel bir ivmelenmeye dayandırıyor. Intel firmasının kurucularından Gordon Moore'un adıyla "Moore Yasası" diye bilinen bir sürece göre, teknoloji uzmanları her iki yılda bir, entegre devrelerdeki transistör sayısının yoğunluğunu ikiye katlıyorlar. 20 yıl sonra transistörlerin boyutlarının bir-iki atom genişliğini geçmeyeceği hesaplanıyor. Ama bu tarihten sonra da yeni bilgisayar tasarımları sayesinde hesaplama gücünde kuvvet katlarıyla artışın süreceği sanılıyor. Örneğin, daha bugünden tasarımlarına başlanan "hesap küpleri", bugünkü bilgisayar çiplerindeki gibi tek bir devre düzlemi değil, binlerce devre katmanından oluşacak. Hesap yoğunluğunu muazzam ölçülerde arttıracak öteki teknolojiler arasında karbon atomlarından oluşan nanotüp devreler, optik bilgi işlem, kristal düzenekli işlem ve moleküler bilgi işlem sayılıyor.

## Yüz Yıl Sonra Buluşalım

Gene bilimkurgunun klasik fantezilerinden olan insan-makine mücadelesi açısından işler kötü!.. Nedeni, Arnold Schwarzenegger benzeri birkaç süperyetenek canlı-robot değil. Bunların milyarlarcası. Çünkü biz biyolojik dünyanın kralları, bilgilerimizi birbirimize kolaylıkla öğretmiyoruz. Çünkü öğrenme sürecimiz, sinir hücrelerinin son derece karmaşık etkileşimlerinin bir ürünü. Oysa bilgisayarlar öyle mi? "İndirme" (downloading) yetenekleri sayesinde tüm bilgileri anında milyarlarcası paylaşabiliyor.



Ama öyle görünüyor ki, bu kavga kolay kolay gerçekleşmeyecek. Nedeni, iki tarafın da ayırt edici özelliklerini giderek yitirmeleri. Bizler giderek makineleşirken, robotlar da giderek insanlaşacak. Kurzweil, her iki sürecin de insan eliyle gerçekleşeceği öngörüsünde bulunuyor. Ona göre, 1000 dolarlık bilgisayarın, tüm insanlığın toplam hesap gücünü kazanması, makineleri insan düzeyinde bir zekâyâ kavuşturmak için yeterli değil.

Bilgisayarlara program gerekli. Peki ama insan zekâsının programı (software) nasıl hazırlanabilir? Kurzweil, bunun bir yönteminin, karmaşık süreçlerin kurallarını sabırla programlamak olduğunu ve bunun da belli ölçüde zaten yapıldığını söylüyor. Cypcorp şirketinden Douglas B. Lenat'ın geliştirdiği CYC (Sayk) programı, insan mantığının bir milyon kuralını içeriyormuş ve sorularımıza daha mantıklı yanıtlar alabilmemiz için Internet arama programlarında kullanılmıyormuş. Bir başka yöntemse, bilgisayar hesaplarında kaos kuramından yararlanmak. Yani işi kendi kendini düzenleyen ve insanın öğrenme sürecine benzer bir biçimde bilgiler arasındaki ilintileri,

örüntüleri "öğrenen" algoritmalara bırakmak. "Sinir ağları" (neural nets) denen böylesi bir program, memeli hayvan sinirlerinin basitleştirilmiş matematiksel modellerine dayanıyormuş. Genetik ya da evrimsel algoritmalar denen bir başka yöntemse, yapay olarak belirlenmiş bir evrim sürecinde akıllı çözümlerin kendi kendilerine ortaya çıkması üzerine kurulmuş.

Bu algoritmaların yaratıcısı olan ve yapay zekâ konusunda öncü çalışmaları bulunan Amerikalı bilgisayar programları uzmanı ve psikolog John Holland, makinelerin akli ve öğrenme yetenekleri

konusunda çok övücü sözler kullanmıyor. Omni dergisi ile iki yıl önce yaptığı bir söyleşide Holland, "bilgisayarlarla düzgün bir metin verirsiniz, harfleri seçer; ama bunlara gözlerinizin gördüğü, ancak beyninizin işe yaramayacağı için dışladığı ayrıntıları yükleyemezsiniz" diyor. "Makine programları, neyin unutulması, neye dikkat edilmesi gerektiğini bilemiyorlar". Holland, kendi yarattığı, adaptasyona dayalı genetik algoritmalarla dahi bilgisayarların örneğin şöminedeki ateşi algılayamayacağını, yalnızca odunu seçebileceğini söylüyor. Öncü araştırmacıya göre öğrenme sürecini daha iyi anlayıncaya kadar, yapay zeka konusundaki ilerlemeler tıkanmaya mahkum. "Biz insanlar, ağaçlara baktığımızda, her birinin ötekinden farklı olduğunu hemen algılarız. Parçalarına bakarız, 'bunlar yaprak' deriz. Bilgisayar programlarıysa henüz bunun çok uzağında". Ancak Holland, gelecek için ihtiyatlı bir iyimserlik de taşıyor: "Bir süre sonra düşünce süreçleri dediğimiz şeylerle, bunların oluşturan nöronlar arasındaki ilişkileri anlayacağız; böylece



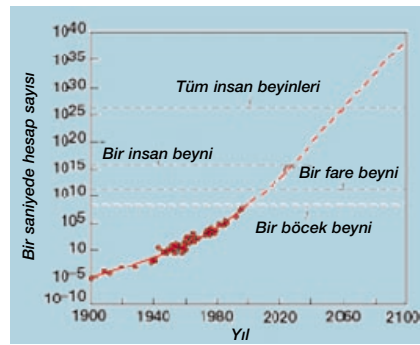


*İnsan-makine çatışması senaryolarının klasik örneği: 2001-Bir Uzay Yolu Macerası filminde Jüpiter yakınındaki gizemli taş levhayı incelemekle görevli geminin mürettebatı, planlarını gizlice tartışırken, asi bilgisayar HAL dudak okuma yöntemiyle onları dinliyor.*

bu özellikleri taşıyan makineler yapabileceğiz" diyor. "Bu süreçler, nöronların etkileşiminden kaynaklanıyor. Eğer gereken sayıda nöronu doğru bir biçimde bir araya getirirsem, düşünce ortaya çıkar. Bugün bu hedeften bu kadar uzak olmamızın nedeni, mühendislerin 'yayıma' diye adlandırdıkları şey. Eğer bir sistemin belirli bir parçasını, örneğin bir transistörü ele alırsam, bunun başka kaç transistöre bağ yaptığını, yani yayıldığını bilmeliyim. Bir bilgisayarda ortalama yayılma, beşi, altıyı geçmez. İnsan merkezi sinir sistemindeyse bu yayılma 10 000 düzeylerinde. Karmaşık bir bilgisayarın 10 milyon farklı parçası olabilir, beyninse en az 50 milyar". Holland'a göre şimdilik yapabildiğimiz, sağır, dilsiz ve kör bir insana benzeyen aygıtlar ortaya çıkarmak. Bunlar sürekli işlem halinde. Hemen yerine getirmeleri gereken görevleri var. Oysa bir bilgisayar da kendi iç dünyasında gezinebilmeli, ilgisiz gibi görünen bir bellek parçası, tümüyle farklı bir çağrışım yapabilmeli. "beynim durdu, artık bu konuda düşünemiyorum" diyebilmeli. Hiçbir bilgisayar bunu yapamaz. "İyisi mi, biraz kafayı dinlendireyim de bakalım ne olacak" diyemez. Makineler sürekli olarak girdilerin baskısı altında; manevra sahaları yok. Araştırmacı, "bir insan düşünün" diyor. "gördüğü (yani girdisi) yalnızca önündeki ekranda beliren yazılar olsun. Başka hiçbir deneyim yaşamamasın ve tek yaptığı (çıkışı) da ekrana yeni bir takım şeyler yazmak olsun. Böyle bir durumda çıldırması bir iki günü geçmez" diyor.

Gelişmelerin, daha hızlı gelişmeleri retiklediği "çoğalan verimler yasası"

adlı bir sürece güvenen Kurzweil ise, yapay zekâ konusunda çok daha güvenli. Eninde sonunda zekâyı, tanıdığımız en zeki nesneyi, insan beynini kopyalayarak programlamayı öğreneceğimizi belirtiyor. Bununla en kestirme yolu, aynı uzmana göre "tahripkâr tarama". Ölümünden hemen önce dondurulmuş bir insan beyni çok ince dilimlerde kesilecek ve her bir nöron, bunların öteki nöronlarla bağları ve sinaps denen nöronlararası boşluklarda sinir iletişim araçlarının yoğunluğu hesaplanacak. Bir idam mahkumunun bir süre önce beyninin ve bedeninin taranmasına izin vermesi sayesinde kendisinin 15 milyar byte tutarındaki haritası ABD Ulusal Tıp Kütüphanesinin Web sayfasında kullanıcıların yararına sunulmuş! Kurzweil'e göre bu taramaların "çözünürlük" düzeyi, zekâ programlamak için gerekli olan düzeyin yanına bile yaklaşmıyor. Ama eldeki veriler, en azından bize ne yapmamız gerektiğini öğretiyor.



*Hesaplama gücünde ivmelenen gelişme, (sabit kurdan) 1000 doların satın alacağı hesaplama hızını, zamanın türevi olarak gösteren bu grafikten anlaşılıyor. Birim maliyet başına hesaplama gücü her yıl iki katına çıkıyor.*

Beyinlerimizi kesip biçmeden sınırlarını öğrenmenin bir başka yöntemiye, kan dolaşım sistemimize "nanobot" denen mikroskobik robotlar ordusu sokarak, bunları kılcal damarlar yoluyla beynimizin girdisini çıktısını incelemek, bağlantılarını ve sinir iletkenlerinin nerelerde yoğunlaştığını izlemek üzere programlamak. Böylesine gelişkin minirobotların ortaya çıkmasına daha onlarca yıl var. Aslında kendi aralarında haberleşerek, öğrendiklerini başka bilgisayarlara iletcek bu makineler için gerekli teknoloji günümüzde var. İş, bu teknolojiyi gerekli mikroskopik boyutlara indirebilmek.

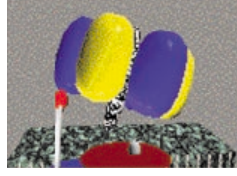
Kurzweil'in projeksiyonuna göre 21. yüzyılın üçüncü on yılına vardığımızda, insan beyninin en azından hesaplamaya ilgili bölümlerinin tam ve ayrıntılı haritalarını çıkarabilecek ve bu tasarımları gelişkin sinirsel bilgisayarlarda kullanabilecek duruma gelmiş olacağız. Yarattığımız makinelerimize beden de sağlayabileceğiz. Sanal gerçeklikteki sanal bedenlerden tutun da, nanobot sürülerinden oluşan "gerçek" bedenlere kadar. İnsan beyninin taranması ve bu "beyin dosyasının" bir hesap aracına aktarılması, ortaya yanıtlanması güç sorunlar da koyuyor. Bu beyin dosyasının sahibi varlık, sizin, benim gibi bir bilince sahip olacak mı? Ayrıca bu varlık bizim yaşadığımız duyguları, tinsel deneyleri yaşayacak mı? Bizim beynimizin bir kopyasını taşıdığına göre, en azından kendisi bu deneyleri yaşadığını söyleyecek. Gerçek mi, değil mi nereden bileceğiz?

Kurzweil'in öngörülere, 21. Yüzyıl sona ermeden, yeryüzünün teknoloji yaratan tek canlı türü olan bizlerin, kendi teknolojimizle kaynaşmamızı, birleşmemizi gerektiriyor. Böyle olunca da nöral implantlarla kapasitesi milyon katına çıkmış insan beyniyle, insan beyni kopyalanarak yaratılmış, daha sonra da ek desteklerle genişletilip geliştirilmiş, biyolojik olmayan bir zeki varlık arasındaki fark ne olacak? Bilgisayar uzmanının bu soruya verdiği yanıt, biz insanlar için fazla iç açıcı değil: Kendisine göre evrim süreci, bir dönemin (insanların) yaratıcılığını kullanarak bir sonraki dönemi, akıllı makineleri yaratmış olacak. Bundan sonraki süreçse "makinelere, insan müdahalesi olmadan, kendi gelecek kuşaklarını yaratmaları."

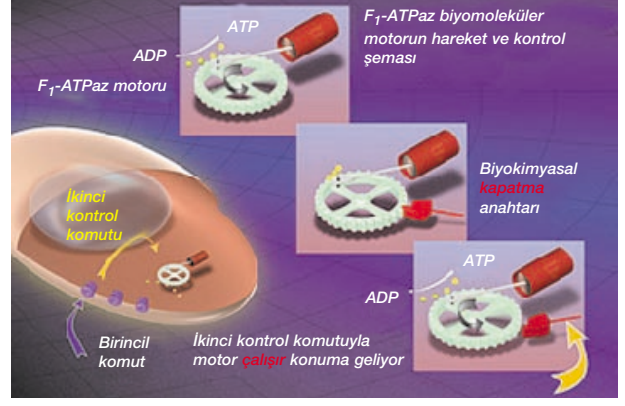
"İnsanoğlu, evrim sürecini aştı; bizler evrim sürecinin bizleri yaratmak için gereksinme duyduğu süreden çok daha kısa bir süre içinde akıllı varlıklar yaratıyoruz" diyor Kurzweil. "Yani evrimin bir ürünü olan insan zekâsı, o sürecin ötesine geçmiş oluyor. Aynı biçimde, şimdi bizim makinelerimizde yarattığımız zekâ da, yakında yaratıcılarının zekâlarını aşacak."

## Biz de Fena Değiliz...

Şöyle mi olacak, yoksa böyle mi? Kurzweil'in dediği gibi şu dünyada egemenliğimizi sürdürebileceğimiz yalnızca bir yüzyılımız mı kaldı, yoksa Holland'a inanıp rahat mı olalım? Biz mi makineleri insanlaştırdık emrimize alacağız, yoksa onlar mı bizi makineleştirecek.? Akla (en azından insan aklına) uygun gelen çözüm, Kurzweil'in öngördüğü gibi yüz yıl sonra makineler üzerinde denetimimizi yitirmek, evrim üzerinde sağladığımız denetimi onlara kaptırmamak. Ama bu tehlikeyi şimdiden ortadan kaldırmak için, bazılarının önerdiği gibi makineleri çöpe atıp, evrimi tersine çevirmeye çalışarak teknolojisiz bir dünyada yaşamamız anlamına gelmiyor. Ancak insan potansiyelimizi sonuna kadar kullanmamıza elverecek ölçüde bedenimize, beynimize makine desteği sağlamak galiba en iyisi. Aslında biyoloji ile elektronığın, mekaniğin evliliği, alışılmış makine tanımlamasını da yetersiz kılıyor. Bugüne kadar makine deyince aklımıza metalden, telden, ya da plastikten, sonuçta cansız ve katı maddelerden yapılmış aygıtlar gelirdi. Oysa son yıllarda bu tanım artık geçerli değil. Polimer zincirlerinin, hatta sentetik RNA dizilerinin, eski hantal ve büyük kütleli makinelerin işlevlerini yüklenmeleri ya gerçekleşti, ya da an meselesi. Makine çeşitlerimiz bunlarla da bitmiyor; organik, biyolojik makinelerin ilk örnekleri ortaya çıkmaya başladı bile. Genlerimiz hakkında bilgilerimiz arttıkça, bunları makinelerin yerine kullanma becerilerimiz de artıyor. Gen mühendisliği, gen nakli yoluyla kendimizi, makinelerin desteğine gerek duymayacağımız ölçülere kadar "geliştirebiliyoruz". Genler, hücreler üzerinde artan egemenliğimiz,



**Cornell Üniversitesi araştırmacılarınca geliştirilen biyolojik motor. Bir ATPaz enzim molekülünün genetik bir kanca ile metal bir tabana bağlanmasıyla gerçekleştirilmiştir.**



bize kendi yedek organlarımızı kendi bedenlerimizde üretme olanağı vaat ediyor. İnsanın yüzlerce yıl yaşaması, artık bilimkurgu fantezisi değil. İnsanoğlu, yarattığı makinelerin denetimine girmek için kendisinin de bir ölçüde makineleşmesi gerektiğinin farkında. Sözün kısası, istesek de istemesek de geleceğin insanı "biyonik insan" olacak. Gerçi geleceğin cyborglarının, bilimkurgu filmlerde gördüğümüz türden, yarısı etten, yarısı parlak metalden olmaları gerekmiyor. Gelecekte insanoğlu kendi katkılarıyla, evrimin kendisine verdiği yapıdan, programdan farklı bir yapıya, farklı bir programa kavuşacak. Önümüzdeki yüzyıllarda insan, büyük bir olasılıkla daha uzağı, daha geniş bir tayftaki renklerle görecektir, daha iyi duyacak, daha güçlü olacak, daha uzun yaşayacaktır. Bedenindeki "makineler" kendi vücudunda üretilmiş olabileceği gibi, dışarıdan, büyük bir olasılıkla genetik aşı yoluyla yerleştirilmiş biyolojik ya da melez parçalardan oluşacaktır.

## Küçük Araçlarla Büyük Ufuklara..

Makineler, Kurzweil'in öngördüğü birleşme noktasına doğru güvenli adımlarla yürüyor olabilirler. Belki gerçekten birkaç on yılda bizim beynimizin yeteneklerine kavuşacaklar. Pe ki biz etten kemikten insanlar, biyonik geleceğimize doğru ne kadar yol aldık? Belki de bilincinde olmadan ne kadar biyonikleştik? Akıllı makineler dik başlılık etmeye başlayınca bayrağı kaptırmamak için bizim de kol manşetlerimizden çıkartabileceğimiz sürpriz kartlarımız var mı?

Aslında pek de hazırlıksız sayılmazız. Hatta "onlarca yıl", beynimizin ve

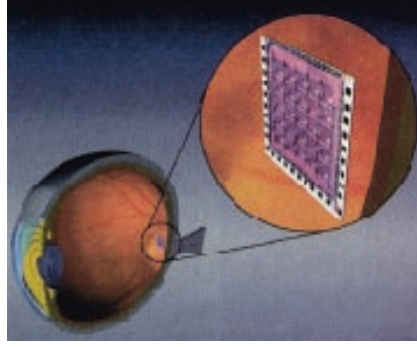
bedenimizin geri kalan sırlarını keşif için kullanacağımız nanometre (metrenin milyarda biri) ölçekli aygıtların ortaya çıkması için gerekli süre konusunda kötümser bir tahmin bile olabilir. ABD'nin Cornell Üniversitesi araştırmacıları, bu alandaki öncü çalışmalarında hem mekanik, hem de biyomekanik aygıtlar geliştirmeyi başarmış bulunuyorlar. Cornell araştırmacıları, 1997 yılı Temmuzunda dünyanın en küçük gitarını yaptıklarını açıkladılar. Altı telli olan "gitar" silikon kristalinden yapılmış. Boyutları, bir hücrenin enini boyunu geçmiyor. Aslında pratik bir yararı yok. Araştırmacılar eğlence olsun diye yapmışlar. Amaçları, teknolojinin eriştiği düzeyi göstermek. Her biri 50 nanometre, ya da yanyana dizilmiş 100 atom genişliğinde olan teller, bir atom mikroskobu ile "çalınca", titreşmeye başlıyor. Çıkan "nanoseller" bizim "mega kulaklarımızın" algılama menzili dışında tabii. Ama Cornell Üniversitesi Uygulama ve Mühendislik Fiziği Profesörü Harold G. Craighead, "işe yarar" nanoteknoloji ürünlerinin yolda olduğunu söylüyor: Örneğin tek tek biyolojik moleküllere etki eden çok küçük kuvvetleri ölçebilecek, bir hücreden çok daha küçük ölçülerde sondalar.

Cornell'li araştırmacılar, iki yıl içinde işi daha da ileri boyutlara taşıdılar: nano ölçekte bir "biyonik" motor. Üniversite'den geçtiğimiz 7 Eylül günü yapılan açıklamada, organik ve inorganik maddeleri birleştiren biyolojik mühendislerinin, bitki, hayvan, hatta insan hücreleri içinde kendilerine verilecek çeşitli görevleri yerine getirecek, kendi gücüyle hareket eden bir biyonik makine geliştirdikleri bildirildi. Yapılan, canlı bir moleküler "motor"un, yani *Escherichia coli* bakterilerince üretilen bir ATPaz enzimi mole-

külünün, genetik bir "kanca" aracılığıyla metalik bir bazla birleştirilmesi. Bilim adamları, enzim molekülüne, sıcaksever bakteri *Bacillus PS3*'ten aldıkları bir gen dizisi eklemişler. Bu mini-makinelerin bedenlerimiz içinde dolaşan, örneğin yalnızca kanser hücrelerine belirli dozlarda kemoterapi ilaçları aşıl原因an seyyar eczaneler olarak görev yapabilecekleri belirtiliyor. Araştırmacılar, farklı bir genetik müdahaleyle, *E. coli*'ye çok küçük "peranelere" sahip ATPaz molekülleri üretirmeyi tasarlıyorlar. Yani yakında damarlarımızdaki kanda dolaşan ve mikroskopik motorbotlardan oluşan donanmalar inşa edeceğiz! Ancak Cornell araştırmacıları, henüz akıllı nanomekanik makineler inşa edemediklerini ve bu küçük makineleri insan vücuduna salınmasına daha zaman bulunduğunu söylüyorlar.

## Duyularımızı Onarıyoruz

Bizim de ondan önce yapacağımız şeyler var zaten: Ufak tefek eksiklerimizi tamamlamak, gediklerimizi kapatmak. Nöral (sinirsel) protezler aracılığıyla duyu organlarımızdaki sakatlıkları giderme yolunda önemli adımlar atıyoruz. Örneğin, sağır bir hastanın beyinde işlevini yitirmiş duyma bölgesi, iç kulağa (cochlea) yerleştirilen bir nöral implant sayesinde, kısmen de olsa yeniden işlevine kavuşturulabiliyor. Şimdiye kadar bu alandaki başarı, hasar beyinlerinde olmayıp iç kulaklarında olan hastalarla sınırlıydı. Ancak bir Alman-Slovak nörologlar ekibi, Ankara ya da Van kedileri gibi, (ses uyarıları başlamadan önce korti denen iç kulak organları dejenere olduğundan) doğuştan sağır olan kediler üzerinde yürüttükleri çalışmalarla, iç kulağa yerleştirilen elektrotların sağladığı sürekli elektrik dürtüleriyle, işlevsiz durumda bulunan kortik faaliyeti canlandırdı. Beynin duyma korteksi uzun süreli elektrik sinyalleriyle aktif hale getirildi. Yetişkinler, cochlea implantlarına pek olumlu yanıt veremiyorlar. Ama doğuştan sağır (dolayısıyla dilsiz) çocuklar, erken müdahaleyle, duyma ve konuşma yeteneğini büyük ölçüde kazanıyorlar. Kedi yavrularıyla yürütülen deneyin, tedavi mekanizmasını



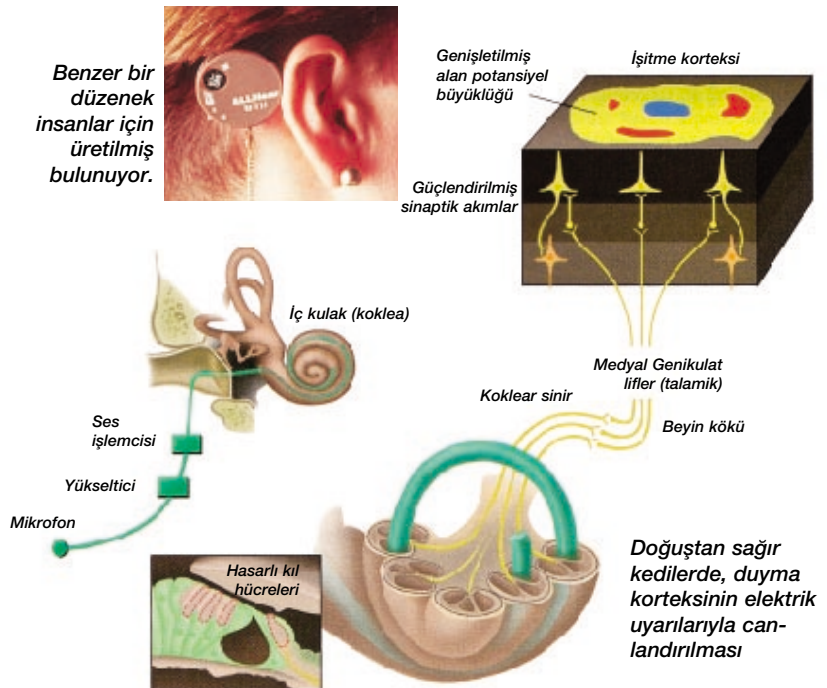
**Göz için nöral implant. Kornea tabakasının üzerine yerleştirilen ışık algılayıcıları körlere karmaşık şekilleri bile algılama olanağı sağlıyor.**

çok daha ayrıntılı biçimde ortaya koyduğu ve sağır insanların tedavisi için daha güçlü bir umut ışığı yaktığı bildiriliyor.

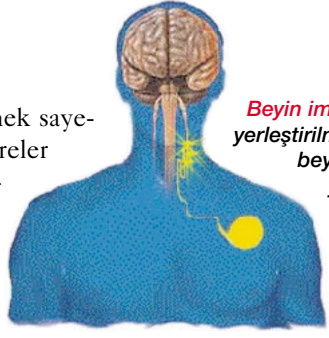
Yaşlandıkça gözlerimiz de bionikleşiyor. Bu yalnızca, saydamlığını yitiren göz merceğinin yapay bir mercek ile değiştirilmesiyle de sınırlı değil. Şimdi hedef, tümüyle kör insanlara görme duyusunu yeniden kazandırmak. Bu alanda da çalışmalar hızlanmış bulunuyor. Bionik göz konusunda başarıya en yakın aday, 1994 yılında William Dobbelle adında bir araştırmacı tarafından tasarlanan düzenek: Bir gözlük üzerinde bulunan ışık ve ultrason algılayıcılar, kemerde taşınan bilgisayara bağlı. Bilgisayar da, sırttan dolaşarak başın arkasında bulunan ve kısmen kafatasının içine gömülü bir platformla bağlantılı. Platformdan ge-

len teller, kafatasının içinden dolaşarak beyin görme korteksi üzerine geliyor ve kortekse gömülü elektrotlara bağlanıyor. Bilgisayar, bu elektrotlardan birine bir sinyal gönderdiğinde, beyin görsel korteksi uyarılıyor. Sonuçta, fosfen denen bir parlak ışık duygusu kör gözün normal olarak karanlık görme alanı üzerinde beliriyor. Bu elektrotlardan oluşan bir gridin beyne yerleştirilmesi ve her bir elektrotun bilgisayar tarafından kontrol edilmesi durumunda, fosfenlerin oluşturduğu örüntünün, kullanıcıya (şimdilik renksiz de olsa) düşük çözünürlükte görsel imajlar sağlayacağına inanılıyor. Buda en azından körlere, tanımadıkları mekanlarda sandalye ya da benzeri gibi engellerin etrafından dolaşma becerisi sağlayabilecek..

Başka bazı araştırmacılar, retina'yı uyararak körlüğü tedavi yöntemini deniyorlar. ABD'nin Baltimore kentindeki Johns Hopkins Üniversitesi Tıp Fakültesi araştırmacılarından Mark Humayun ve ekibi, retinitis pigmentosa (gözlerin koni ve silindirik biçimli ışık algılayıcılarını giderek tahrip ederek sonunda körlüğe yol açan kalıtsal bir hastalık) nedeniyle gözlerini kaybetmiş iki yaşlı hastanın birer gözünde, retina üzerine 25 elektrottan oluşan bir çip yerleştirmişler. Harici bir ünite, gözdeki küçük bir yarıktan geçen teller aracılığıyla elektrik sinyalleri gönderiyor. Humayun ve







**Beyin implantı:** Göğüs kafesine yerleştirilmiş bir akım jeneratörü, beyne ya da vagus sinirine yerleştirilmiş bir elektroda elektrik sinyali gönderiyor. Parkinson ve epilepsi hastaları, göğüslerindeki pili bir miktarla harekete geçirebiliyorlar.

ekip arkadaşları, düzenek sayesinde kör hastaların, kareler ve harfler gibi karmaşık şekilleri bile seçebildiklerini bildiriyorlar. Şimdiki hedefleri yse daha karmaşık düzenekler.

Bunlara elektrik sinyallerini deriden geçecek radyo sinyalleri aracılığıyla iletmeyi tasarlıyorlar. Böylece hedefledikleri düzenekler gözde sürekli olarak kalabilecek.

## Kendi Organını Kendin Yap...

Yalnızca duyu organlarımız değil, bedenlerimizdeki, yaşamsal organlarımız da, kalbimiz, karaciğerimiz, böbreklerimiz vb. sakatlanıyor ya da hastalanıyor. Gelgelelim yedek parçalarımız yok. Daha doğrusu şimdiye kadar yoktu. Yeni teknikler, yeni malzemeler, bu sorunumuzu da büyük ölçüde çözmeye yolunda. Bilimle bilimkurgu arasındaki çizgi bu alanda da belirsizleşiyor. Yakında hastalara raftan indirilen "sıfır kilometrede" yeni organlar takılabilecek. Daha da ötesi, insanlar, bu organları laboratuvarlar, deney tüpleri ya da kültür tabakaları gibi yapay ortamlarda değil, kendi bedenlerinde üretebilecekler. Doku mühendislerinin baş vurdukları bir

yöntem, büyüme faktörleri denen proteinleri hasarlı dokulara aşılıyor, vücudun kendi hücrelerinin bölgeye gelerek hasarı onarmalarını sağlamak. Büyüme faktörleri kullanılarak, onarılan dokulara gereksinme duydukları besini sağlayacak damarlar ürettirilebiliyor. Bu yolla sayıları yüz binleri bulan şekerli hasta, kanser hastası ya da yanık hastasının gereksinme duyduğu deri laboratuvarlarda üretilebiliyor. Büyüme faktörleriyle kemik kırıkları da onarılıyor ya da kemikler sağlamlaştırılıyor.

Daha iddialı bir yöntem, bir süre sonra vücutta kendi kendine yok olan delikli polimer iskeleler kullanmak. Bu iskeleler içine yerleştirilen hücreler, hatta daha iyisi, DNA parçaları, tahrip olmuş dokuyu yeniden inşa ediyor. Bu yolla ortopedik, baş-yüz, ve ürolojik kullanım için gerekli kırıkta üretimi için yapılan deneylerden başarılı sonuçlar alındı bile. Bu yapısal dokuların ötesinde ana hedef, yaşamsal işlevleri olan organları yeniden üretebilmek. ABD'nin Los Angeles kenti Cedars-Sinai Tıp Merkezi araştırmacı-

ları, hayvanlar üzerinde yaptıkları deneylerde, nakledilen karaciğer hücreleriyle karaciğer dokuları üretmeyi başardılar. Geliştirilen dokular, karaciğerin ayrı ayrı işlevlerini görüyor. Ancak hayvanlarda karaciğerin bilinen tüm işlevlerini bir arada yerine getirebilecek bir doku henüz geliştirilemedi. Başka araştırmacılar, hayvan böbrek hücreleri kullanarak böbreklerin süzme işlevini gören yeni organ dokuları geliştirmekle meşgul. Hayvanlar üzerinde yapılan başarılı bir deney de, gene hücre transferi yoluyla kendi karınlarında "yedek bağırsak" ürettik. Üretilen ek bağırsak daha sonra hayvanın kendi bağırsağından kesilip atılan hasarlı ya da tıkanmış bölgenin yerine dikilebiliyor. En iddialı hedeflerden biri de kuşkusuz kalp. Bir yandan daha küçük, daha kullanışlı mekanik kalpler biyoteknoloji insanların kullanımı için hazırlanırken, araştırmacılar bir yandan da yukarıdakine benzer yöntemlerle vücut içinde yedek kalpler üretmeye çalışıyorlar. Toronto Üniversitesi (Kanada) araştırmacılarından Michael V Sefton yönetimindeki ekip, tam bir kalbin yeniden üretilmesi yönteminin 10-20 yıl içinde öğrenilebileceğini, ancak kalp kapakçıkları ve damarlar gibi dokuların daha kısa sürede kullanıma hazır olacağını söylüyor.

Organ ya da tüm organizmaların, hatta insanların bütün olarak üretilmesi çok yeni ve o ölçüde iddialı bir yöntem de, henüz uzmanlaşmamış kök hücrelerden yararlanmak. Bu hücreler, bedenlerimizin ilk hücreleri. Ancak döllenmiş yumurta belirli bir sayıda hücreye bölündükten sonradır ki henüz tam olarak bilinmeyen bir süreç devreye giriyor ve hızla çoğalan hücrelerin bir kısmı sinir hücrelerine, bir kısmı kalp hücrelerine, kimi diş, kimi tırnak hücrelerine dönüşüyor. Araştırmacılar, şimdi harıl harıl düşük embriyonlardan ya da sınırlardan elde edilen bu hücreleri, istenen organ ya da dokunun hücrelerine dönüştürebilmenin yollarını arıyorlar. Bu yöntem, parkinson ya da benzeri hastalıklar gibi beyin dokusunun tahrip olmasından kaynaklanan hastalıkların tedavisi için özellikle uygun. Temel hedefse, bu dokuları ve organları tümüyle yeniden yaratmak.



Polimer iskelelere yerleştirilen canlı hücre ya da DNA parçacıkları, yeni kırıkta oluşturuyor.(1 ve 2). Nakil için kültürde üretilen gözün kornea tabakası (3). Yapay damar (4).

## Kopyanın Zararları

Metal, elektrot, implant gibi inorganik araçların yerine bu biyolojik araçların uygulamalı biyoteknoloji kullanımı, insanlık için daha da geniş ufuklar açıyor. Belki bizim yarattığımız makineler bizi geçecek, ama yavaş da olsa milyarlarca yıllık evrimin canlılara kazandırdığı yaşama, soyunu devam ettirme dürtüsünü de yabana atmamak gerek. İnsan-makine kavgasında hemcinslerimiz, sınırsız sayıda bir yedekler ordusuna sahip olabilir. Gene bu kök hücrelerin manipülasyonu yoluna dayanan bir yöntemle istediğimiz sayıda genetik kopyalarımızı çıkartabiliriz. Bu alandaki ilk örnek tabii ki kuzu (şimdi torun sahibi koyun) Dolly. Anasının genetik kopyası. Üretim yöntemi çekirdek transferi. Anasının meme hücrelerinden biriyle üretildi. Yöntem şu: araştırmacılar, bir hücreden, organizmanın tüm genlerini oluşturan DNA'yı taşıyan çekirdeği çıkartıyorlar, ve bu çekirdeği, daha önce kendi çekirdeği çıkarılmış bir yumurtaya aşılayıp, yumurtayı rahme yerleştiriyorlar.

Şimdiye kadar pek çok hayvan klonlandı. Getirilen tüm etik ve yasal sınırlamalara karşın ilk insan klonlarının da gelecek yüzyılın ilk beş yılı içinde ortaya çıkması bekleniyor. Ancak bu yöntemin sorunları da ufukları kadar geniş. Bir kere aşılana embriyonların ancak çok küçük bir bölümü yaşayabiliyor. Kopyalanmış canlıların kromozomları uçlarında bulunan ve yaşlandıkça kısalan telomer adlı uzantıların boyu da model canlıdaki kadar oluyor. Bir başka deyişle kuzu Dolly'nin hücreleri, doğduğunda anasındakiler kadar yaşlıydı. Bu da kopyaların erken ölümü demek. Başka bir sorun da bizim kopyalarımızın yalnızca fiziksel özelliklerimizi taşımaları. Boy, deri, saç, göz, deri rengi gibi. Oysa başka özelliklerimiz, örneğin zekâmız yönelimlerimiz vb., yetiştirilme biçimimiz, aldığımız gıda, eğitim, çevre gibi dış etmenlerin bir türevi. Dolayısıyla makinelerle savaş kaçınılmaz olursa kopyalarımız, en azından bazıları, cesur savaşçılar yerine pekala işbirliğine yatkın korkaklar da olabilirler! Kaldı ki, insan kaynaklarımızı sınırsız yapmaya çalışırken kendi bindiğimiz dalı da kesebiliriz. Çünkü çoğalmanın doğal yolu olan seks sayesinde ana ve

babamızdan eşit ölçüde gen alıyoruz. Bu da bizi ileride ortaya çıkabilecek sağlık tehditlerine karşı dirençli kılacak yeni yeni gen bileşimleri sağlıyor. Klonlama uygulamasının yaygınlaşması, insan gen havuzundaki zengin çeşitliliği tehlikeli biçimde daraltır.

## Baş Nakli

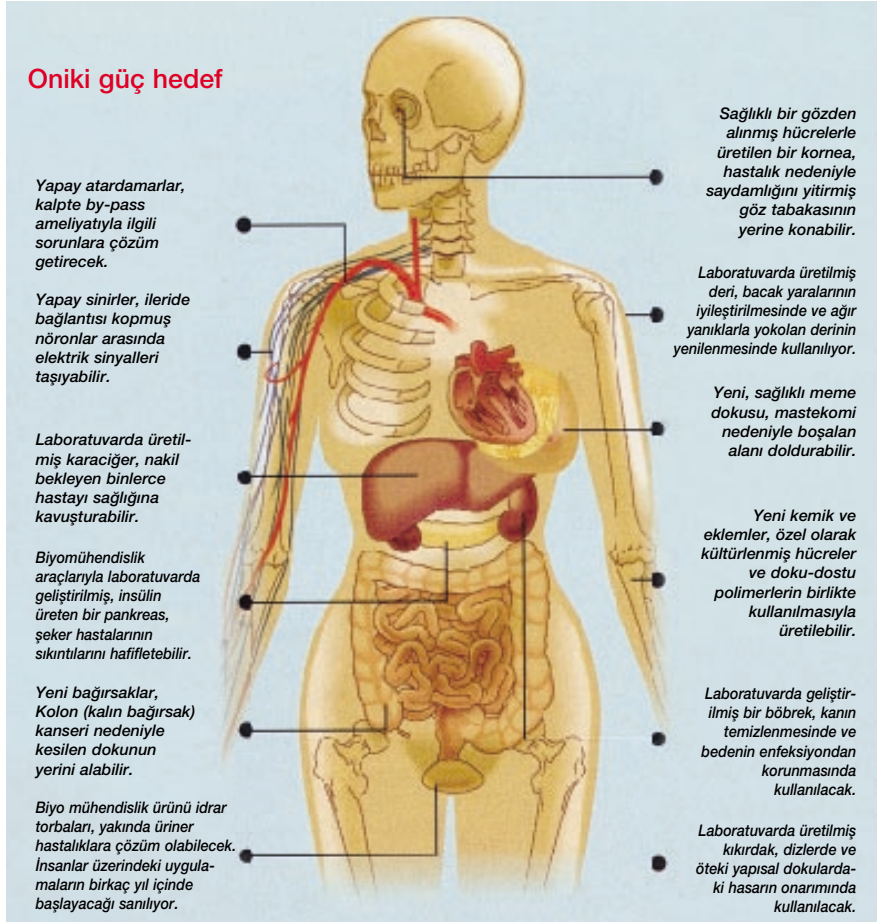
O halde kendimizi yenilemenin daha pratik bir yoluna bakacağız. Bir yöntem, malın kalitesi konusunda garanti veriyor. Yani tanıdığımız, bildiğimiz biri gibi olacağız. Sürprizlere yer yok. Ama yöntem pratik değil. En azından şimdilik!...

Biyoteknolojiye doğru evrimin uç noktasında, malzememiz, beynin yapayı değil, gerçeği. Önümüzdeki yüzyıl için hedef, daha şimdiden alıştığımız tek ya da çok organ nakli, hücre nakli, gen nakli değil, doğrudan beyin nakli. Daha doğru bir deyişle beynimize yeni bir beden nakli. Bilim kurgu mu? Safsata mı? Bu kadarı da olmaz mı? Bilim adamları öyle düşünüyor. Zaten bundan neredeyse 30 yıl önce, 1970 yılında bir araştırmacı ekibi, bir

rhesus maymununa, bir hemcinsinden alınan bir kafayı nakletti. Ameliyat sonrasında yeni başıyla uyanan maymun, tüm bilincine ve başsal (kranyel) sinir faaliyetlerine yeniden kavuştu. Araştırmacılar bunu maymunun uyanık kalmasından, saldırgan tavırlarından, yemek yiyebilmesinden ve odada dolaşan insanları gözleriyle takip edebilmesinden belirlediler.

Bilim adamlarına göre, insan kafasının nakli için de fazla bir değişiklik gerekmiyor. Dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, (en azından normal sıcaklıkta) kan dolanımı olmadan uzun süre yaşayamayacak olan beyne yeterli ve düzenli bir kan (dolayısıyla oksijen) akımını sağlamak. Beynin yaşamsal fonksiyonlarını izlemek üzere kafatasına elektroensefalograf elektrotları yerleştirilecek. Ayrıca kafaları, tümüyle hareketsiz duruma getirmek ve kolayca taşınmalarını sağlamak için çevrelerine yuvarlak bir mengene takılacak.

İki insan arasında kafa naklini gerçekleştirmek için bilim adamları şöyle bir ameliyat senaryosu çiziyorlar: Önce iki ayrı ameliyat ekibinin ayrı masalarda çalışmasına olanak verecek kadar





geniş bir ameliyathane gerekli. Hastalar anestezi ile uyutulduktan sonra, birbirleriyle eşzamanlı olarak çalışan ekipler, her iki hastanın boyun çevrelerini derin biçimde kesecekler ve doku katmanlarını dikkatle ayırarak karotid atardamarlarını, ana toplardamarları ve omurgalarını açığa çıkaracaklar. Daha sonra, düzenli kan (ve oksijen) akımını sağlamak için her damara, üzerlerine pıhtılaşmayı önleyecek heparin maddesi sürülmüş sondalar (kateeter) sokulacak. Ekipler, hastaların boyun omurlarından kemikleri çıkardıktan sonra omuriliği saran koruyucu katmanları kesip ayırarak. Omurga ve omuriliğin ayrılmasından sonra hastalardan birinin başı alınarak hortumlarla, gene başı alınmış öteki hastanın vücudundaki kan dolaşımına bağlanacak. Bu işlem tamamlandıktan sonra da cerrahlar hortumları teker teker keserek baş ile yeni vücudunun atar ve toplar damarlarını birbirine dikecekler. Omurilik parçaları da metal plakalarla birbirine bağlanacak ve daha sonra kas ve deri katmanları da teker teker birbirine dikilecek.

Araştırmacılar, ameliyatı kolaylaştırıcı bir yöntem olarak kafada dolaşan kanın sıcaklığını 10°C'ye kadar düşürmeyi tasarlıyorlar. Böylelikle beynin metabolizması yavaşlatılabilecek ve beyin ameliyat süresince bir saat kadar hasar görmeden kansız kalabilecek. Önemli bir sorun, kafanın ve bedenin birbirlerini reddetmelerini önleyebilmek. Çünkü, karaciğer, böbrek gibi organ nakillerinde bağışıklık sistemi tepkisini ketleyen ilaçların, tüm bedenin naklinde etkili olup olmayacağı bilinmiyor.

## Felç Tedavisi İçin Canlı Çipler

Beyin ölümü gerçekleşmiş bir hastadan alınan beden, kimin işine yarayacak? Tabii ki ilk adaylar, boyundan aşağısı felçli hastalar. Doktorlar kafa naklinin, hastanın ömrünü uzatacağı düşüncesinde. Çünkü felçli hastalar çoğu kez birden çok organın işlevini yitirmesiyle normalden erken ölüyorlar.

Bu ameliyattan canlı çıkan hastaların, yeni vücutlarıyla atlayıp ziplamaları, hatta yürümeleri, bugünün teknolojisiyle olanaksız. Ancak bilim adamları, kesik omuriliklerin onarılması yönteminin 21. yüzyılda bulunacağına inanıyorlar. Üstelik anlaşılabilir fazla da beklenmeyecek:

ABD'nin Ohio eyaleti Cleveland kentindeki Case Western Reserve Üniversitesi araştırmacılarından P. Hunter Peckham ve ekibi, ön kol ve el üzerindeki değişik kaslara yerleştirilmiş sekiz elektrot aracılığıyla, elleri ve ayakları felçli (quadriplegic) hastalara elle kavrama yetisi kazandırmayı başardılar. Piyasaya sürülen düzenekle hastalar, çaprazdaki omuzlarını öne arkaya oynatarak ellerini kontrol edebiliyorlar. Omuz hareketi bedene yerleştirilmiş algılayıcılarla köprücük kemiğinin hemen altına yerleştirilmiş bir işlemciye iletiliyor ve o da elektrik sinyalleri üreten bir başka aygıtı harekete geçirerek uyarıları kaslardaki elektrotlara iletiyor. Peckham ve arkadaşları şimdi daha çok elektrot içeren bir düzenekle ellere ve ön kollara daha etkin bir motor kontrol yeteneği

kazandırmaya çalışıyorlar. Aynı ekip, asıl hedefleri olan sinirsel protezler yoluyla felçli hastaları ayağa kaldırma, hatta yürütme yolunda da büyük ilerleme kaydettiğini bildiriyor.

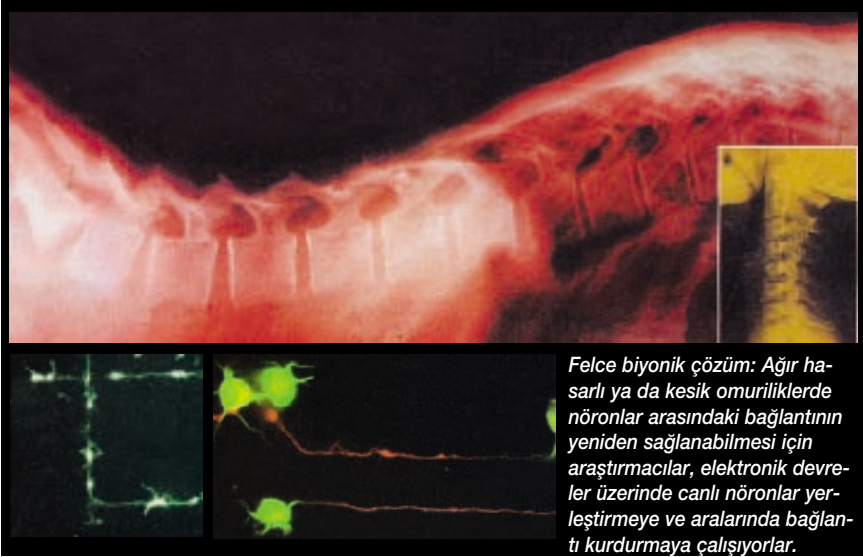
Çok daha iddialı bir hedef, omurilik kesiklerinin yarı-canlı çipler aracılığıyla köprülenmesi. Amerikan Kimya Derneği'nin Mart ayı içinde California'nın Anaheim kasabasında yaptıkları toplantıda bazı araştırma grupları, temel önemdeki bir teknoloji geliştirmek üzere olduklarını açıkladılar. Yapılan şu: Transistör ya da başka bazı mikroelektronik aygıtlar üzerinde basit bir sinir hücreleri (nöron) ağı oluşturuluyor, Elektronik aygıtlar da hem üzerlerindeki canlı hücrelerle ilinti kuruyor hem de bunların kendi aralarındaki haberleşmeyi dinleyebiliyorlar.

Bu ağlar şimdilik yalnızca dikkörtgen ya da başka biçimli bir devre modelinde birleştirilmiş birkaç hücreden ibaret. Bu durumlarıyla henüz bir cep kalkülatörünün basit işlemlerini bile yapabilmekten çok uzaktalar. Ama bu halleriyle bile araştırmacıların hayal güçlerini ateşlemişler. Daha şimdiden "melez" bilgisayarlardan, protezlerden ve duyu aygıtlarından sözediliyor. George Washington Üniversitesi kimyacılarından James Hickman, "aslında araç gereç yapmayı tasarlayabileceğimiz noktaya hayli yaklaştık" diyor.

Sinir uzmanları iğnemi elektrotlar kullanarak tek tek nöronların ne zaman, ne biçimde ve hangi etkiyle ateşlendiklerini on yıllar süren gözlemlerden sonra az çok anlayabilmişlerdi. Ancak bunların oluşturduğu ağları izlemekte çok daha daha az başarılıydılar. Gerçi daha karmaşık izleme teknikleri, örneğin elektrot dizeleri geliştirildi. Ancak Almanya'nın Martinsried kasabasındaki Max Planck Biyokimya enstitüsü araştırmacılarından Peter Fromherz, "alınan verilerin ne anlama geldiğini çıkarmak güç" diyor. Aynı araştırmacıya göre komşu nöronlar arasındaki bağlantı ağları öylesine karmaşık ki, hangi hücrenin hangi sinyale yanıt verdiğini anlamak neredeyse olanaksız.

Oysa temelden başlayarak bu ağları, nöronları teker teker birbirinin üzerine koyarak kurmak ve bunlarla mikroelektronik aracılığıyla ilişki kurmak, bu karmaşadan kurtulabilmek için bir





**Felce biyonik çözüm:** Ağır hasarlı ya da kesik omuriliklerde nöronlar arasındaki bağlantının yeniden sağlanabilmesi için araştırmacılar, elektronik devreler üzerinde canlı nöronlar yerleştirmeye ve aralarında bağlantı kurdurmaya çalışıyorlar.

yol olabilir. 1991 yılında Fromherz ve ekibi, bir sülük nöronunu, kendisinin faaliyetini izleyen bir silikon temelli "alan etki transistörü" (field effect transistor = FET) üzerine yerleştirmeyi başarmışlar. 1995 yılındaysa aynı ekip, elektrik yükü sağlayan bir kondansatörün, üzerine yerleştirilmiş bir nöronun ateşlenmesini sağlayacak küçük bir elektrik şoku yaratabileceğini kanıtladı.

Şimdiyse araştırmacılar, daha karmaşık sistemlere yönelmiş bulunuyorlar. Yaptıkları, bir cam ya da silikon yüzey üzerine ince şeritler gibi serilmiş bir hücre dostu madde üzerinde basit devre örüntüleri biçiminde hücre grupları geliştirmek. İlk deneylerde, aralarında Hickman'ın ekibinin de bulunduğu bazı araştırma grupları, hücreleri, mikroelektronik dinleme cihazları bulunmayan cam yüzeyler üzerinde örüntülemeyi başardı. Toplantıda Hickman, ekibinin bilgisayar çipleri yapımında kullanılan türünden basit litografi teknikleri kullanarak bir "nöron devresi" gerçekleştirdiğini açıkladı. Ekip bu tekniği uygulayarak önce kimyasal bir çerçeve oluşturmuş, daha sonra da farelerin beyninden alınan hippocampus nöronlarını bu çerçeve üzerine dörtgen bir devre oluşturacak biçimde yerleştirmiş.

Araştırmacılar işe önce cam bir yüzeyi, bir molekül kalınlığında bir tabaka halinde DETA adlı nöron-dostu organik bir maddeyle kaplamışlar. Daha sonra bu yüzey üzerine, ince telden metal bir maskeden geçirerek morötesi ışık düşürmüşler. Maskeyi geçip yüzeye vurduğu yerlerde ışık, DETA'yı

kazıyıp hidroksil gruplarından oluşan artıklar bırakmış. Maskeyle korunan yerlerde ise DETA sağlam kalmış. Araştırmacılar bunun ardından hidroksil artıklara, nöronları iten, teflon benzeri bir madde eklemişler. Böylece, dörtgen biçiminde bir DETA çerçeve oluşturmuşlar. Daha sonra camın üstüne içinde nöronların geliştirildiği bir kültür maddesi döktüklerinde bir çift hücrenin DETA'ya taşındığını, bunun ardından çerçeve boyunca akson denen ipliksi bağlar uzattıklarını ve sonunda birbirleriyle bağlandıklarını gözlemlemişler.

Hickman'ın ekibi nöronların birbirleriyle sinaptik iletişim içinde bulduklarını da göstermiş. Araştırmacılar önce bir iğne elektrotla hücrelerden birini uyararak ateşlenmesini sağlamışlar. Hemen ardından da algılayıcıyla komşu hücrenin de ateşlendiğini belirlemişler. Hickman, "bu demektir ki, artık basit yapılar kurup, hücrelerin bağlantısını denetleyebileceğiz" diyor. Araştırmacıya göre bundan sonraki



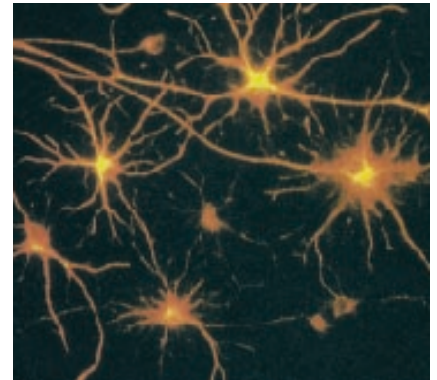
**Nöronlar (solda) ve yardımcı hücreleri gangliolar (sağda) birlikte kültürlendiği zaman daha uzun süre dayanıyorlar.**

adım, bu sinirsel devreleri gerçek mikroelektronik araçlar üzerinde kurmak.

Başka araştırmacılar, daha şimdiden bu kapıyı zorlar görünüyorlar ve nöron ağları oluşturmak için mikrokontakt baskı denen bir teknik kullanıyorlar. Harvard üniversitesi'nde George Whitesides ve ekibince geliştirilen bu teknik, bir silikon "bisküvi" ya da başka bir katı materyal üzerine geleneksel litografi (taş baskı) yöntemiyle mikroskopik şekiller çizilmesi temeline dayanıyor. Üzerine istenen örüntü çizilen bisküvi bir tür lastik mühür için kalıp olarak kullanılıyor. Araştırma ekipleri, bu mühürlerinin üzerine "mürekkep" olarak hücre dostu bileşikler sürerek, çeşitli yüzeylere basmışlar; böylelikle, hücrelerin gelişmesini yönlendiren çerçeveler elde etmişler. Ancak araştırmacılar, canlı devrelerin tedavide kullanılmasının bugünden yarına gerçekleşecek bir şey olmadığını vurguluyorlar. Önemli sorunlardan biri, kendi başlarına kültürlenmiş nöronların ancak bir ay yaşayabilmesi. Ancak Hickham, Virginia Üniversitesi araştırmacılarının, glial adlı destek hücreleriyle birlikte kültürlenmeleri halinde nöronların bir yıl dayandıklarını belirtiyor. Hickman, "biz şimdi elektronikçilerin ilk transistörlerle 50 yıl önce buldukları yerdeyiz" diyor "Ama o zaman da kimse bir kişisel bilgisayar yapabilmeyi hayal bile edemezdi".

## Eskimeyen Beyinler...

Peki, diyelim şanssızız ve beynimize uygun bir beden bulduk. Üstelik, 21. yüzyılın araştırmacıları da kesik omurilik sorunumuzu çözdüler. Ama eskiyen beynimizi ne yapacağız? Yaş-



landıkça belleğimiz ve dikkatimizi toplama yeteneğimiz gözle görülür biçimde geriliyor. Gerçi Alzheimer gibi hastalıklar nöronların ölümüne neden oluyor ama, yaşlanmanın nöronları öldürdüğü konusunda bir kanıt yok. Bu durumda araştırmacılar, zihinsel gerilemeye daha karmaşık bazı değişimlerin yol açtığı düşüncesindedir.

ABD'nin California Üniversitesi nörologlarından Mark Tuszynski ve ekip arkadaşları bu gerilemenin nedenini ve çaresini bulmuş görünuyorlar. Yaşlı maymunların beyin hücrelerindeki küçülme sürecini geriye çevirebileceklerine inanan bilim adamları, aynı şeyin insanlar için de yapılabilmesi halinde yaşlılıkla gelen zihinsel gerilemenin önünün alınabileceğini söylüyorlar.

Araştırmacılar inceledikleri maymunlarda iki kulak arasında ince bir şerit halinde yer alan Ch4 hücrelerindeki değişimi gözlemişler. Tuszynski, "bu hücreler, hava trafik kontrolörleri gibi, beynin daha üst bazı işlevlerini yönetiyorlar" diyor. Bu hücrelerin ölümü Alzheimer hastalığının bazı belirtilerini ortaya çıkarıyor. Dört genç ve üç yaşlı maymunun beyinlerinde bu hücreleri inceleyen araştırma ekibi, yaşlı maymunlarda hücrelerin öldüğü konusunda bir kanıt bulamamış. Ancak yaşlı maymunların beyinlerinde p75 adı verilen bir proteini gözlenebilecek ölçülerde içeren hücrelerin sayısında % 43 oranında bir azalma saptanmış. Bu protein, hücrelerin işlevlerini yeterli bir biçimde yapmalarını sağlıyor. Yaşlı maymunlarda bu proteini üreten hücrelerin de gençlerdeki hücrelere göre yüzde 10 oranında daha küçük olduğu gözlenmiş. Demek ki hücreler giderek küçülüyor ve bir noktadan sonra ölebilirler. Ama Tuszynski ve arkadaşları bu süreci geri döndürmenin yolunu keşfetmişler. Dört yaşlı maymun daha bulup, bunların beyinlerindeki Ch4 hücrelerinin yakınlarına, genetik mühendislik yoluyla sinir büyütme faktörü (NGF) salgılamaları sağlanan hücreler yerleştirmişler. Araştırmacılar, üç ay sonra Ch4 hücrelerini incelediklerinde bunların boyutlarıyla p75 salgılama oranlarının, genç maymunlarınkine yakın olduğunu saptamışlar.

## ...ve Bedenler

Beynimizin genç kalması kuşkusuz güzel bir şey... Ama olmuşken, neden gösterişli bedenlerimiz de olmasın? "Doğal insan" ileri yaşlarında kaslarının yaklaşık beşte biri ile üçte birini kaybediyor. Pörsümüş kaslar, sarkmış deriler, şişkin bir göbek aynada iyi görünmüyor. Üstelik bu yalnızca bir estetik sorunu da değil. Kaslar, bedenimizdeki toplam dokunun en büyük bölümünü oluşturuyor. Yok olan dokularla, bedenimizin savunma araçları da yok oluyor. Hastalanma, sakatlanma olasılığımız artıyor.



Kuşkusuz, 70 yaşına geldiğimizde modelimiz Arnold'a benzemeyi aklımızdan geçiremeyiz. Ama hiç değilse 20 yaşlarımızdaki formumuzu korusak..."Sorun değil" diyor araştırmacılar. Çözüm, biraz biyonikleşmekte. Yedek parçalarımız da, metal, kauçuk ya da plastik değil, gene biyolojik. Protein ya da DNA parçası plazmidler. Bunları bedenimize göndermenin yolu da genetik aşılardır. ABD'nin Pennsylvania Üniversitesi araştırmacılarından H. Lee Sweeney başkanlığındaki bir ekip yaşlı fareleri gençliklerindeki kadar güçlü kuvvetli yapmayı başarmış. Kullandıkları araç, İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü (IGF-1) adlı bir protein. Karaciğerin ürettiği bu protein, çocuk yaşlarda tüm bedeni dolaşarak tüm kas liflerinin gelişmesini sağlıyor. Daha sonraysa

stok azalıyor. Artık kas dokusunu çoğaltmak (daha sonra da korumak) için tek yol egzersiz. Sweeney ve arkadaşları, taşıt aracı olarak kullandıkları bir virüse IGF-1 proteinini ve bu proteini üretecek genin sürekli çalışır durumda olmasını sağlayacak ek genetik materyeller de yükleyerek, bunu yaşlı farelerin kas dokularına aşılamışlar. Virüsler bir hücreye girince dağılıyor ve taşıdığı genleri serbest bırakıyor. Bunlar da çekirdeğe girip rastgele bir kromozoma yerleşiyorlar. Kendisini sürekli çalışır durumda tutan destek mekanizması sayesinde yabancı gen, IGF-1 üretimi için ulak (messenger) RNA kodlamaya başlıyor. Sürekli açık olduğu için de hayvan yaşlanıp ölene kadar kodlamaya devam ediyor. İşin güzel yanı, devamlı kas güçlendirici ilaçlar (steroidler) almanıza gerek yok. IGF-1 üreticisi bir kere bedeninize girdi mi, iş tamam. Yapacağınız şey, hangi kasınızı güçlendirmek istiyorsanız, oraya (elden geçirilmiş) bir virüs göndermek. Yani 70 yaşında 100 metre rekoru kırarsanız, doping yaptı diye diskalifiye edilme tehlikesi sifıra yakın...Sweeney ve ekibi başka çaresi kalmamış kas erimesi (distrofi) hastaları üzerinde deneylerin de önümüzdeki yıllarda başlayabileceğini söylüyor.

Bu durumda, gelecek yüzyılda beynimizi ve bedenimizi bir anlamda yenilemenin yolunu bulmuş sayılırız. O halde gelecekte insanlarla makinelerin farklarının ortadan kalktığı o büyük buluşmanın biyonik insanları, belki de Kurzweil'in tahminleri aksine daha az makine, biraz daha fazla insan özelliği taşıyabilir.

Raşit Gürdilek

### Kaynaklar

- Cohen, P., "Older and Wiser" *New Scientist*, 18 Eylül 1999  
 "Fantastic Voyage", Cornell News: Molecular Motors, [http://www.news/cornel.edu/releases/Sept99/bio\\_nano\\_mechanical.hrs.html](http://www.news/cornel.edu/releases/Sept99/bio_nano_mechanical.hrs.html)  
 Glausiusz, J., "Spare Parts", *Discover*, Ağustos 1999  
 Green, R. M., "I, Clone" *Scientific American*, Eylül 1999  
 Kurzweil, R., "The Coming Merging of Mind and Machine", *Scientific American*, Eylül 1999  
 Mooney, D. J., Mikos, A. G., "Growing New Organs" *Scientific American*, Eylül 1999  
 "Neural Prostheses: Auditory", <http://landow.stg.brown.edu/cpace/prosthesis/stein/auditory.html>  
 "Neural Prostheses: Brain", <http://landow.stg.brown.edu/cpace/prosthesis/stein/brain.html>  
 "Neural Prostheses: Vision", <http://landow.stg.brown.edu/cpace/prosthesis/stein/vision.html>  
 Rauschecker, J. P., "Making Brain Circuits Listen", *Science*, 10 Eylül 1999  
 Service, R. F., "Neurons and Silicon Get Intimate", *Science*, 23 Nisan 1999  
 Stites, J., "And Then There Was A-Life", <http://www.omnimag.com/archives/features/alife/1.htm>  
 White, R. J., "Head Transplants", *Scientific American*, Eylül 1999  
 "World's Smallest Silicon Mechanical Devices", <http://www.eurekalert.com/releases/cuns-wosmsi.html>  
 Zorpette, G., "Muscular Again", *Scientific American*, Eylül 1999