



# Fantastik Bir Yoleculuk

“**G**ELECEĞİN cerrahi robotlar mı olacak?” Henüz kimse kesin bir cevap veremiyor bu soruya. Olabilir de, olmayabilir de. “Kimbilir!” Bilim ve teknoloji dünyası pek yakın bir gelecekte “evet” cevabını vermeye hazırlanıyor; hatta deneysel olarak, neredeyse “olabilir” demek üzere.

Peki, neden bu denli yoğun çalışılıyor robotlar üzerinde? Cevap, bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının amaçlarında aranmalı. Genel amacın, hastalıklı bölgeyi cerrahi müdahale ile tedavi etmenin yanısıra “en az doku hasarı”na ulaşmak da olduğunu söyleyebiliriz. Vücudun anatomik yapısı düşünüldüğünde, sıfır doku hasarını sağlamak mümkün değilse de, günümüzde ulaşılan asgari düzeyin altına inebilmek mümkün görünüyor. İşte bu nedenle, robotlar üzerinde bu kadar yoğun çalışılıyor.

Robotlar insan elinden fazla olarak neleri başarabilir? İlkın, “en az doku hasarı” diyelim yine; çünkü robotlar ya da robotik kollar, insanlar tarafından yönetilmek ve programlanmakla birlikte, insan elinin fizyolojik olarak ulaşamayacağı düzeyde bir kesinlikle hareket edebilir; yani “matema-

tiksel hesap gerektiren fiziksel parametrelerin bulunduğu girişimleri, insanlardan çok daha doğru ve istikrarlı bir şekilde” yapabilir. Bu da ameliyatın başarısını olumlu yönde etkileyebilir ve sağlam dokuyu en yüksek oranda koruyabilir.

Günümüzde femur (uyuk kemiği) başı, sinir sistemi ve göz ameliyatlarında robotik teknoloji kullanılmaktadır; çünkü bu tip ameliyatlarda yapılabilecek küçük bir hata bile, tam işlev kayıplarına yol açabilir. Aneak, yapılan her ameliyat bu kadar büyük bir kesinliği gerektirmez. Örneğin “... karın cerrahisinin-



deki girişimlerin çoğunda matematiksel kesinlikten çok, cerrahın anatomik bulgulara ve o andaki verilere göre karar ve hareket etme yeteneği daha önemlidir; bunun da bir robota programlanması çok daha güçtür.”

O halde, karın cerrahisinde “en az doku hasarı” nasıl sağlanabilir? Bunun için geliştirilen ilk yöntem, “kansız ameliyat” diye bilinen laparoskopik cerrahidir. Laparoskopik cerrahide üst dokulara (cilt, cilt altı, kas, karın zarı) klasik karın ameliyatlarındaki kadar büyük bir kesi yapılmadan birkaç küçük delik açılır ve bunlardan birine “laparoskop”, diğerlerine de öbür cerrahi aletler yerleştirilir. Böylece, cilt ve kas gibi, hastalıkla ilişkisi olmayan sağlam doku en yüksek oranda korunarak içerideki hastalıklı bölgede ameliyat gerçekleştirilir. Torakoskopik cerrahi göğüs ameliyatlarının da aynı şekilde yapılmasına olanak sağlar.

Ameliyat edilecek olan alan vücudun neresinde olursa olsun, genel olarak bu tekniklerin hepsine, iç alanın bir cihaz aracılığıyla görünür hale getirilerek ameliyat edilmesi anlamında, *endoskopik cerrahi* denir. Endoskopik cerrahi, en az doku hasarına yol açan cerrahi anlamındaki *minimal invaziv cerrahi* kapsamında sınıflandırılır.

Laparoskopik cerrahi, karın cerrahisine büyük gelişmeler getirmekle birlikte, doku hasarı sorununu tam olarak çözemiştir; çünkü bu kez de ameliyat bölgesi ile cerrah arasına dokunsal ve görsel dolaşımın girmesi, uygulamalardaki hata payını artırmaktadır. Cerrah, doğrudan dokunma ve görme duygusu yerine, kendisine bir cihaz aracılığıyla yansıtılan “duyu” larla çalışmak zorunda kalmaktadır; bu da beklenmedik hatalara yol açabilir. Bu nedenle “minimal invaziv cerrahi teknikle-

rinin uygulanabilirliğini artırmak ve hata payını azaltmak amacıyla cerrahi aletlerin geliştirilmesi için yapılan araştırmalar” halen bütün hızıyla sürmektedir.

Minimal invaziv cerrahi teknikleri, aslında, bazı hastalıklarda kesin tanı koyabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Bunun en iyi bilinen örneği, yalnızca endoskopi olarak tanınan *özofagogastroduodenoskopi* ve *kolonoskopi*dir. Birincisinde yemek borusu (özofago-), mide (-gastro-) ve onikiparmak bağırsağının (-duodeno-); ikincisinde ise kalınbağırsağın (kolono-) iç yüzeyi görülerek (-skopi) incelenir ve anormal oluşumlar aranır. Gerekliğinde bu oluşumlardan doku örneği (biyopsi) alınabilir veya, örneğin bir kanama varsa, bunu durdurucu tedaviler uygulanabilir; şikayete yol açan polipler kesilerek (polipektomi), bazı yabancı cisimler de yakalanarak çıkartılabilir. Akciğerlerdeki bronşlar (bronkoskopi) ve mesane (sistoskopi) de bu teknikle incelenebilir, gerektiğinde tedavi uygulanabilir. Ancak, incelenecek organa ulaşılmasını sağlayan doğal bir açıklık bulunmadığında, diğerlerine benzer bir düzeneği içeri sokabilmek için, vücudun o bölgesine küçük bir kesi yapmak gerekir. Örneğin, tıpkı laparoskopide karın içinin laparoskopla görülebilmesi gibi, küldoskopide döl yoluna kesi yapılarak leğen bölgesindeki (pelvis) organlar, torakoskopide kaburgaların arasından girilerek göğüs boşluğu ve akciğerlerin yüzeyi incelenebilir ve bazı küçük girişimsel tedaviler yapılabilir. Bu tanı teknikleri, daha sonra geliştirilen yöntemler ve aletlerle büyük cerrahi girişimlerde de kullanılabilir hale getirilmiştir.

Bütün bu işlemlerde kullanılan sistemlerin ilkeleri aynıdır. İçeri ince bir boru sokulur; bu borunun ucu aydınlatma

düzenegi ve merceklerle donatılmıştır; gerektiği takdirde biyopsi ya da tedavinin uygulanabilmesi için aynı boru içinden bir tür tel ile bağlanmış başka bir düzenek geçirilebilir. Borunun dışarıda kalan ucunda ise, incelemeyi yapacak olan göz vardır.

Cerrahi bilim dallarındaki minimal invaziv cerrahi kavramı gibi, tanısal (diyagnostik) tıpta da noninvaziv ve invaziv tanı teknikleri kavramı gelişmiştir. Doku bütünlüğü bozulmadan, yani yara açılmadan uygulanan tanı tekniklerine *noninvaziv*, tersine ise *invaziv* tanı denir. İşte ağız, anüs, bronş gibi doğal açıklıklardan yapılan skopi işlemleri noninvaziv, kesi ile yapılanlar ise invaziv tanı teknikleri içinde sayılır.

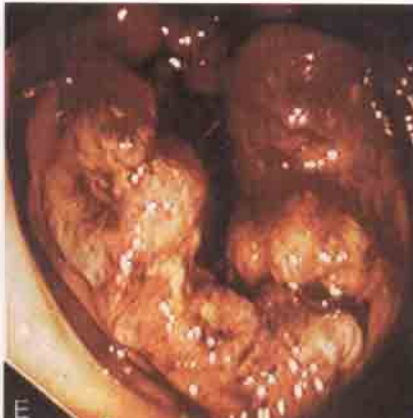
Vücudun anatomik yapısını gözününe alarak düşününce olursak, doğal açıklığı bulunan organlar dışında, cerrahide noninvaziv bir tekniğe ulaşmak mümkün görünmemektedir.

Bu nedenle günümüzün ulaştığı teknoloji düzeyinde ancak minimal invaziv cerrahiden sözedilebilmekte ve bunu daha da aza indirmek amacıyla çalışmalar yürütülmekte olup, daha ileri teknoloji tasarımları yapılmaktadır.

Bu ileri teknoloji tasarımlarından olan robotlara değinmeden önce, tanısal endoskopi ve endoskopik cerrahiyle, sağlığa ilişkin ve ekonomik kazanımlara kısaca göz atalım. Herşeyden önce tanıda hız ve doğruluk kazanıldı. Ağır kanama gibi acil durumlarda (örn. özofagus varis kanaması), daha tanı aşamasındayken müdahale etme fırsatına kavuşuldu. Oysa, daha önceleri hasta, kanamadan dolayı genel durumu son derece bozuk olduğu halde, acil olarak ameliyat ediliyor ve ameliyat sonrasında düzelmesi oldukça fazla zaman alıyordu. Endoskopinin, tanı ve küçük gi-



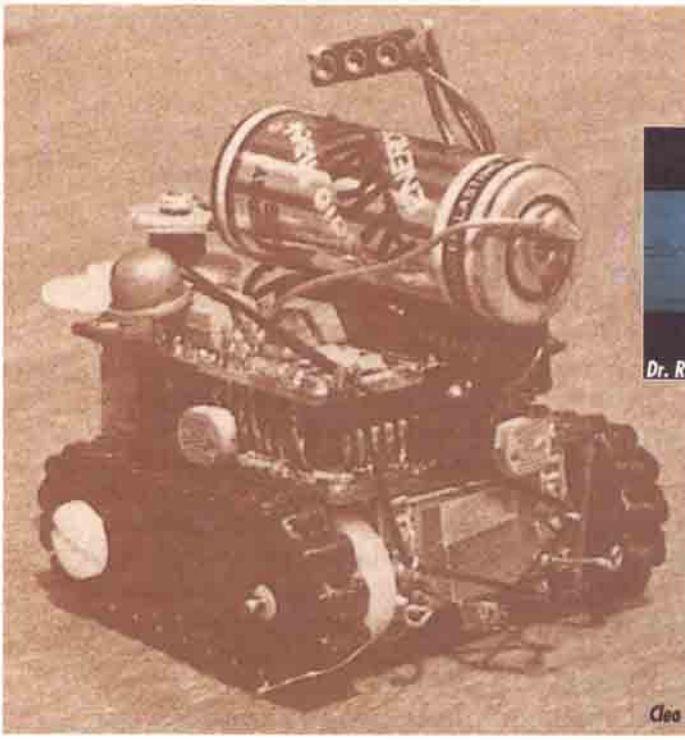
Kalınbağırsak polipinin kolonoskopik görüntüsü.



Kalınbağırsak kanserinin kolonoskopik görüntüsü.



Normal bir bronşun bronkoskopik görüntüsü.



Dr. Rick Satava

dalları çeşitlenmeyi sürdürmektedir.

Aslında, cerrahinin tarihi de bu çeşitlenme ve diğer bilim dallarıyla ilişkilene açısından oldukça ilginç. Tarih öncesi çağlarda kafatasında delici bir aletle delik açarak kötü ruhların çıkıp gitmesini amaçlayan

cerrahi, Babil ve Mısır döneminde yara ve apseleri tedavi etmeye başlar. O sıralarda Hindular büyük atımlar yaparak cerrahi aletleri geliştirirler. Örneğin, Eski Hindu-ların en ünlü cerrahlarından biri olan Suşruta, *suşruta-samhita* adlı yapıtında, bir cerrahın, 20 kesici (bıçak, makas, testere, iğne, trokar gibi) ve 101 kesici olmayan (spekulum, tüp, kaldıraç, forseps, kanca gibi) aletle çalışması gerektiğini belirtir. Kol ve bacak kesme (ampütasyon), göğüs kafesini açma, kırık ve çıkıkları onarma, kan alma gibi birçok cerrahi yöntem, Eski Yunan'da Hipokrat tarafından tanımlanır. Ardından, Eski Roma ve Ortaçağ'ın başlarında Arap ve İranlı cerrahlar gelir. Ekdüslü Arap cerrah Ebu'l-Kasım Zehrâvi, bu döneme kadar hekimlik kadar yüce bir meslek olarak kabul edilmeyen ve ondan ayrı tutulan cerrahiye bir bilim dalı düzeyine yükseltir. O yüzyılın en büyük cerrahlarından biri olan Guy de Chauliac, yüzyıllar boyunca cerrahiye derinden etki-

leyecek olan *Chirurgia Magna* (Büyük Cerrahi) adlı yapıtını yazar. 16. yüzyıla gelindiğinde, anatomi hızla gelişmiş ve cerrahi de, bundan payını alarak birçok yanlışını düzeltmiştir. Bu dönem, cerrahide devrim yaratan hekim Ambroise Paré'nin yükselişine tanık olur. Art arda dört Fransa kralının cerrahlığını yapan ve "çağdaş cerrahinin babası" olarak anılan Paré, 30 yıl süren ordu cerrahlığı görevinde ağır top yaralarını tedavi ederken cerrahiye tıpla bütünleştirmekle kalmamış, tıbbın en onurlu dallarından biri haline getirmiştir. Fransa'daki bu gelişmelerle birlikte, İngiltere de hareketlenir ve ilki *Berber-Cerrahlar Derneği* olmak üzere, çeşitli dernekler ve cerrah okulları kurulur. Ancak cerrahi, girişimlerdeki ağrının önlenememesi nedeniyle, 19.yüzyılın ortalarına dek beklenen düzeye ulaşamaz. Bu sıralarda, Massachusetts Genel Hastanesi'nde eter anestezisiyle gerçekleştirilen bir ur çıkarma ameliyatı "ağrısız cerrahi" döneminin başlangıcı olur. Yine

önemli sorunlardan biri olan cerrahi yara enfeksiyonlarına Lister'in anti-sepsi yöntemiyle çözüm yolu açılır. (Ancak, ağrı ve enfeksiyon halen cerrahinin sorunlarından biri olarak durmaktadır). Yüzyılın sonun-



da Röntgen'in x-ışınlarını bulması, cerrahide de bir dönüm noktasıdır ve cerrahi girişimin başarı şansı artar. Çünkü, böbrek ve safra taşlarının, vücuttaki mermi ya da yabancı bir cismin, urların yerleşimi önceden belirlenerek, kesi yeri daha doğru bir biçimde saptanır hale gelir. Bu buluş, biyolojik bilimlerle fizik bilimlerinin ilk buluşmalarından biri olmakla birlikte, hasta ile hekim arasına ilk teknolojik dolayımın girmesini de temsil eder. 1. Dünya Savaşı'yla yara tedavisi ve plastik cerrahi hızla gelişmeye başlar; deri nakilleri gerçekleşir. İki Dünya Savaşı arasında, göğüs cerrahisinde önemli aşamalar kaydedilir. Cerrahinin bir ekip çalışmasına dönüşmesi ve uzmanlık dallarına ayrılması 2. Dünya Savaşı sonrasında rastlar. Organ ve sistem cerrahileri gelişir. 1950-60'lı yıllarda organ nakilleri ile yaşanmaya başlanan altın çağ, günümüzde gelinen endoskopik ve robotik cerrahi dönemiyle sürdürmektedir.

Dilimize Arapça'dan geçen "cerrahi" ve "cerrah" sözcüklerinin Yunanca (*cheirergon* ve *cheirourgos*) ve Latince'deki (*chirurgia* ve *chirurgus*) kökenbilimsel anlamına baktığımız-

rişimsel tedaviye girmesiyle, ekonomide insan gücü açısından kaynak tüketimi biraz daha önlenebilir duruma geldi. Zamanla uygulamaya konan endoskopik cerrahi bu tüketimi daha aza indirdi. Örneğin, basit bir açık karın ameliyatından sonra en az 15 gün işine dönemeyen hasta, artık 1 hafta kadar kısa bir süre içinde yeniden üretime katılabilir. Sonuçta daha hızlı, daha doğru tanı ve tedavi fırsatı yakalanarak, gereksiz ameliyatlara ve ilaç tüketimi önlenebilir oldu.

Cerrahi alanında en az doku hasarı hedefine ulaşmak üzere yapılan araştırmalarda, yüzyılımızın en ileri aşaması sayılan robotlar üzerindeki çalışmalar her geçen gün biraz daha ilerlemekte, yavaş yavaş tasarımlardan üretime geçilmekte ve uygulamaya başlanmak üzeredir. Bununla birlikte, halen çözülmesi gereken daha birçok sorun vardır. Cerrahi, katettiği yolda, çözümleri tek başına aramayı çoktan bırakmış ve fizikle işbirliği içine girmiştir (Bu durum, yalnızca cerrahiye özgü olmayıp, tıbbın diğer alanları için de geçerlidir). Artık, bir cerrah ile bir elektrik mühendisi birlikte çalışmaktadır. Aslında bütünsel olarak bakıldığında, çeşitli bilim dalları kendi içlerinde daha incelikli uzmanlık alanlarına ayrılırken, farklı alanların birbirleriyle ilişkilenecek tek bir obje üzerinde çalışmaya başladıkları görülebilir. Tıpkı iç hastalıklarının bir dalı olan gastroenterolojinin, genel cerrahinin bir dalı olan gastrointestinal cerrahlarla birlikte çalışması gibi. İlgili objeleri ayrıştıran sınırlanırken, aynı obje üzerinde çalışan bilim



British Museum'da bulunan, Helenistik dönemden kalma cerrahi aletler

da da, bu tarihsel aşamaları görmek mümkün. Arapça'da "ufak tefek yaraları tedavi eden alaylı kişi" anlamında olan cerrah, Latince ve Yunanca'da "el becerisiyle çalışan" anlamında kullanılır. Bu kökenleri biraraya getirecek olursak, 19. yüzyılın sonlarına kadar gelen cerrahı, "el becerisiyle ufak tefek yaraları tedavi eden alaylı hekim" şeklinde tanımlayabiliriz. Savaşlardaki hayat kurtarıcı etkinliğiyle hekimlik mertebesine ulaşan cerrah, 16-17. yüzyıllarda açılan cerrah okullarıyla alaylılıktan kurtulmuştur. Ancak, yaralanma ve apseler dışında kalan birçok hastalıkla uğraşması için, aradan üç yüz yıla yakın bir zaman geçmesi gerekmiştir. Yirminci yüzyılın sonuna geldiğimiz bu günlerde ise, artık "el becerisi" kavramı da neredeyse tanımdan çıkmak üzeredir; hatta belki de çoktan çıktı. Uzun zamandır bütün dillerde "cerrah" yerine pratik olarak "işleten, çalıştıran" anlamına gelen "operatör" sözcüğü kullanılmakta. Bu günün teknolojisi ne kadar gelişmiş olursa olsun,

şimdilik robotların cerrahın yerine geçmesini düşünmüyoruz ama, cerrahın sağ kolunun da ötesine geçebileceğini hayal edebiliyoruz. Bu gidişle, cerrahının tanımı tamamen değişeceğe benziyor. Hastalıkların tedavisini robotik operasyon teknolojisi ile yapan biyofizikomedikal bilim dalı... "Kimbilir!"

Ameliyathanelerin çehresi de giderek değişiyor bu arada. On yıl kadar önce bir mühendisi ameliyathanede ancak ameliyat masasında düşünebilirken, bugün cerrahla birlikte hasta başında ameliyat halinde görebiliyoruz. Eğer geleceğin cerrahı robotlar olacaksa, belirli insan etkinliklerini üstlenen otomatik bir makine olan robot (*robota*, Çekçe zorunlu emek anlamına geliyor), bir gün tek başına girebilecek ameliyathaneye. Hatta bir gün, cerrahın kendisi bile, komutları kendisi vermek üzere, bir robota ameliyat ettirecek kendisini. Fantezi de zaten gerçekle az ya da çok tutarlı imgelem değil mi? Fantezinin gerçekleşmesi gerçeklikle sınırlı olsa bile, kendisi gerçeklikle sınırlanamıyor, "... cerrahının bugün ulaştığı düzey de bundan on yıl kadar önce bir fantezi

idi." O halde fantezi, artık , ha oldu, ha olacak hayallerdir belki de. Ya da insan, en azından teknoloji düzeyinde, hiçbir zaman olamayacak şeyleri düşlememektedir. O halde, geleceğin cerrahı pekâlâ robotlar olabilir. Ama ne olursa olsun, biz burada duralım ve aşağıda anlatacağımıza "Fantastik Bir Yolculuk" başlığını atalım.

Haber, aslında dergimize ilk kez giriyor. Şubat 1995 sayısında da konuyu "Cerrahide Teleoperasyon, Robotlar ve Sanal Ortam" başlığıyla geniş yer verilmişti. Bu nedenle, burada, o yazıda ayrıntı



*Skenografik kesitlerin senteziyle elde edilen sanal iç kulak ortamı. Cleo, belki de bu sanal ortamda dolaşacak günün birinde!*

tı olarak anlatılan gelişmelerden hiç söz etmeyip, nokta konulan yerden devam edeceğiz ve biraz da okurun hoşgörüsüne sığınarak, "nükte" katmaya çalışacağız işin içine.

Robotik cerrahi henüz pratik, yani "ameli" olarak uygulan(a)mıyor; ama yarın ameliyathanelerin kapısına kilit vurduracak bir ameliyat halinde karşımıza çıkması, hiç de uzak bir olasılık değil. Zira, son günlerde gelen haberler, akıllı mikrorobotların bize doğru bir hayli mesafe katettikleri yolunda.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) Yapay Zekâ Laboratuvarı'nda çalışan araştırmacılar, daha önce hiç kimse-nin ya da hiçbir şeyin ayak basmadığı yerlerde dolaşmayı, kıpır kıpır kıpırdanan, karanlık bir tünelde dört başı mamur bir gezintiye çıkmayı düşünüyorlar. Yüzyıl önce çıplak gözle görülüp, elle dokunularak keşfedilen ve kalınbağırsak (kolon) adı verilen içimizdeki upuzun tünelin en ücre köşelerine ulaşmayı tasarlıyorlar. Kuşkusuz, kurgusal bir teknolojiyle insanlı uzay gemilerini küçültüp de, sonu bi-



*Küçük bir teleoperasyon*

linmeyen bir yola çıkmak değil niyetleri. Zihinlerimizde gerçeklikle fantezi arasında gidip gelen bu yolculuğu, Cleo adını koydukları 7 mm çapında ve 17 mm boyunda bir mikrorobotla yapmayı planlıyorlar. İmgelemleri kalınbağırsakla da sınırlı kalmıyor; yola çıkmışken, dur durak tanımadan vücudumuzun neredeyse her yerinde gezinmeyi hayal ediyorlar. Tıpkı bağırsakta çözünen aspirin gibi yutulabilecek

bir mikrorobotun, endoskopun ulaşamadığı, hatta Cleo'nun bile ulaşma ihtimali bulunmayan incebağırsakta dolaşabileceğini öngörüyorlar; hem de hiç sindirilmenden. Hatta uygun adım yürüyerek kulaklarımızda, basit bir alet yardımıyla sokularak bronşlarımızda veya enjeksiyonla damarlarımızda... Bunun bir bilim-kurgu hikayesi olmadığını kavramak, artık mümkün.

"Her zaman küçük şeylerden hoşlandım" diyen, 22 yaşındaki bir genç tarafından, MIT Yapay Zekâ Laboratuvarı'nda geliştirilen Cleo, daha çok, minyatür bir askeri tanka benziyor. Bugün yürüyen askeri tankların en küçüğü ama en akıllısı olabilir. Engeller arasında yolunu bulabiliyor, ışığa doğru hareket edebiliyor ya da ışıktan uzaklaşabiliyor, tepeleri aşıyor, minicik pençeleri ile objeleri yakalayabiliyor. Yapabildiği bütün bu hareketler, bağlantılı olduğu "joystick" in başına oturmuş bir operatör tarafından kontrol edilebiliyor. Aslında, Cleo, kendi kendine de hareket edebiliyor. Henüz gerçek bir kalınbağırsağa gir(e)medi ama,



plastik bir bağırsak taklidi içinde yolunu kendiliğinden bulabiliyor. Örneğin, engelle karşılaştığında geri gidiyor ve yönünü hafifçe değiştirerek yoluna devam edebiliyor.



Cleo, yaratıcısı McLurkin'in yaptığı "karınca"lar içinde dördüncü ürün. Bu proje, uzun vadede, ameliyatları uzaktan yönetmeyi (teleoperasyon) amaçlayan İleri Araştırma Projeleri Ajansı (ARPA) tarafından desteklenmiş, Savunma Bakanlığı'na bağlı çalışan bir kuruluş olan ARPA, dünyadaki tüm Amerikan askerlerinin bir gün, evinde oturan ABD'li cerrahlar tarafından uzaktan kumandalı manipulatorlerle (robot kollar) ameliyat edilebilmesini amaçlıyor. İster Afganistan'da olsun, ister Bosna'da, ister hemen yanımızdaki eyalette... Daha yakın bir vadede ise, Cleo'nun hemen uygulanabileceği alanlar olarak kalınbağırsak incelemeleri ve ameliyatlarını tasarlıyorlar. "Asıl dürtü, kanser taramaları gibi tanısal bir işlev" diyor, ARPA bünyesinde çalışmalarını sürdüren askeri cerrah Richard Satava.

Aslında, gerek kolonoskopi gerekse kolonoskopik cerrahide bugünün ileri teknolojisiyle üretilen kolonoskoplarla yapılan her şeyi, Cleo ile de yapmak mümkün. "O halde neden Cleo?" diyeceksiniz belki de; çünkü Cleo ile, hasta için son derece rahatsızlık ve acı verici bir işlem olan kolonoskopiden çok daha rahat koşullarda çalışılabilir. "Mikrorobot gibi küçük bir aracın kolonoskopiden çok daha az ağırlı ve çok daha az tehlikeli ol-

ma kapasitesi var" diyor Satava. Kolonoskopi, noninvaziv tanısal bir teknik olmasına rağmen, deneyimli ellerde bile olsa, her zaman organı delme riskini de taşıyor çünkü. Satava, Cleo gibi bir mikrorobotla yapılabilecek kalınbağırsak ameliyatlarının 5-10 yıl içinde gerçekleştirilebileceği tahmininde bulunuyor ardından.

Robotik cerrahi, bugün dalından koparılmış tazelikte bir teknik değil; minimal invaziv cerrahi ağacının bundan önceki meyvelerinden. Koparıldığından beri yeterince soğukta saklanarak, parça parça kullanıma çıkarılmış ve cerrahi denen kokteyle azar azar katılmış. Örneğin, 'Robodoc' adı verilen robotlar, bugün kalça kırığı ameliyatlarında kullanılıyor. Yeniden yerleştirme anlamındaki 'replasman' operasyonlarında, yapay parçanın yerleştirileceği kemikte uygun deliğin açılmasında "Robodoc" çoktan sahneye çıkmış bile. Ayrıca, beyin tümörlerinin tam yerinin saptanmasında da robotlardan yararlanılabiliyor. Fakat, Cleo'nun ayrıcalığı var; çünkü insan vücudu içine girerek dolaşabilmesi için tasarlanmış ilk robotlardan biri. Ancak, bu gezintinin gerçekleştirilmesi için, daha bir sürü meselenin halledilmesi gerekiyor. Örneğin, Cleo'nun kalınbağırsak gibi ıslak, elastik ve hareketli bir ortamda, bir yerden bir yere nasıl hareket edebileceği (lokomotif hareketi), uygulamadaki başlıca sorunlardan biri olarak duruyor. Sert girinti, çıkıntı, kavis ve dönemeçlerden oluşan kaygan bir ortamda dolaşmak, avuca alınmış da kaba hareketlerle sallanan parça parça pelte üzerinde minyatür bir pilli bebek oynatmaya benziyor. Cleo'nun motorunun modeli, titreşimli sinyal cihazlarından (vibrating beeper device) alınmış ve bugün üretilen en küçük motor olarak değerlendiriliyor. Teknoloji kalınbağırsakta dolaşmanın yolunu bulduktan sonra, henüz bunu bir kez bile canlı üzerinde deneye(mese) de, gözlerini incebağırsağa diyor; ancak bunun için daha da küçük bir motor gerekiyor. McLurkin, çalışma arkadaşları Anita Flynn ve Dean Franck'in geliştirdiği, kuartz gibi piezoelektrik malzemelerden yapılan ultrasonik mikromotorlarla incebağırsağa ve daha başka vücut boşluklarına ulaşılabilmesine inanıyor. Tabii, bu boyutlarda bir mikrorobotun üretimini başarabilirse... Belki o zaman, hap şeklinde bir mikrorobot yutmak mümkün olacak.



Endoskopik bir ameliyat

Tasarlanan bu milimetre küplük "tatarcık" robotlar, varılabilecek en son nokta gibi duruyor şimdilik. "İçimde küçük bir tank dolaşacak" gibi bir fikir, çoğumuz için ürktütücü olabileceği kadar bizi daha tuhaf düşüncelere de itebilir. Hatta, paranoyak hezeyanlara bile yol açabilir. Biz yine de "akıl yolu birdir" diyelim ve Satava'ya kulak verelim: "Uyutuluyorsunuz ve karnınız tamamen açılıyor. Böyle ameliyat edildiğiniz ana cerrahi operasyonlarından daha fazla endişe verici değil."

Satava, bizleri robotlara ameliyat ettirmekte kararlı görünüyor. Bir sabah bir mikrorobot yutup da işe gitmemiz an meselesi neredeyse. Hatta Satava bile, bu cerrah mikrorobotlardan birini yutup kendisini ameliyat ettirirken, mikrorobotu yutmayı reddeden bir hastasını ameliyat ediyor olabilir! Böyle bir tabloyu, hayalimizde de olsa canlandırmak akıllara sığmaz bir düşüğe değil.

Uzak değil, yakın bir gelecekte komşuda pişen bize de düşecek gibi duruyor. Cleo, iki dirhem bir çekirdek girecek bir gün ameliyathanelere! O zamana kadar, biz de "bizimkileri ameliyat etmeyi" sürdürelim.

Ayşe Nur Köküöz



Robotik kol

Kaynaklar  
Ana Britannica Ansiklopedisi, 1993.  
Çakmakçı, M., "Geleceğin Cerrahi Robotları mı Olacak?" Bilim ve Teknik, 327, Şubat 1995.  
Nadis, S., "Fantastic Voyage: Traveling the body in microrobotic style", Discover, Ocak 1995.  
New Webster's Dictionary, 1984.  
Püsküllüoğlu, A., Arkadaş Türkçe Sözlük, 1994.  
Tekant, Y., "Cerrahide Teleoperasyon, Robotlar ve Sanal Ortam", Bilim ve Teknik, 327, Şubat 1995.