

Cerrahide Teleoperasyon, Robotlar ve Sanal Ortam

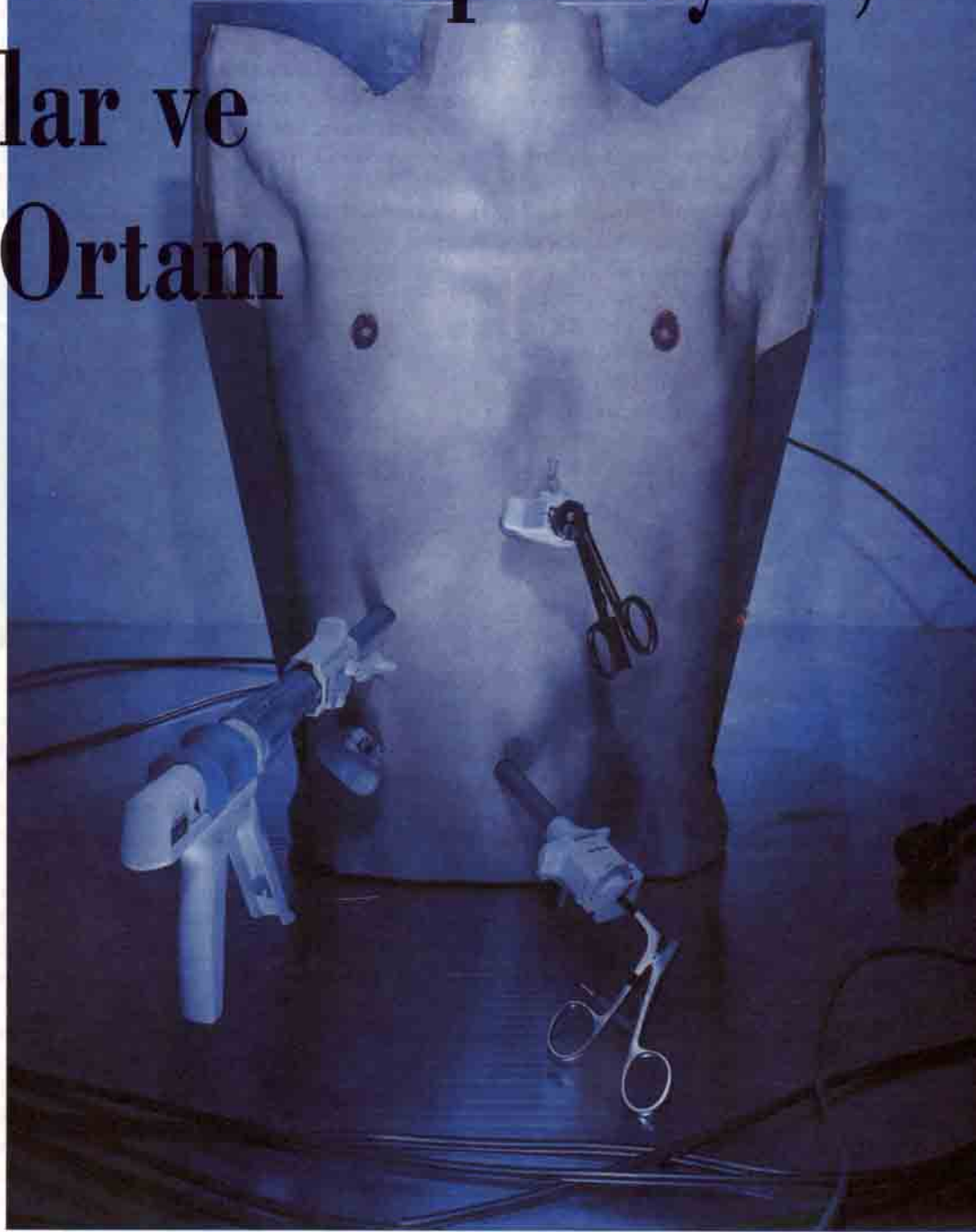
Cerrahi dünyası hızla gelişen "minimal invazif" tekniklerle bir devrim yaşamaktadır. Bu gelişmelerden en çok etkilenen dallardan biri, kuşkusuz gastrointestinal (mide- barsak sistemi) cerrahidir. Ameliyat travmasını azaltan ve ameliyat sonrası iyileşme dönemini kısaltan laparoskopik cerrahi, gastrointestinal cerrahiye yepyeni bir boyut getirmiştir.

Yaman Tekant
İÜ, İstanbul Tıp Fakültesi

BU TEKNİKTE ameliyat, eskisi gibi karında geniş kesilerden yapılmak yerine, çapları 0.5 ila 1 cm arasında değişen birkaç küçük delikten içeri yerleştirilen aletler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Cerrah göbekteki delikten karına ilerletilen 1 cm çapındaki laparoskop dediğimiz bir kameradan televizyon ekranına yansıyan görüntüye bakarak karın içindeki girişimini uygulamaktadır. Açılan yaraların çok küçük olması sayesinde ameliyat sonrası ağrı, yara ve akciğer enfeksiyonu riski azalmakta ve hasta çok kısa sürede evine ve işine dönebilmektedir.

Örneğin en sık yapılan ameliyatlardan biri olan safra kesesi ameliyatı, laparoskopik cerrahi olanağı olan merkezlerde artık hemen hemen yalnızca bu yöntemle yapılmakta ve hasta ertesi gün taburcu edilmektedir. Bu teknik, henüz safra kesesi ameliyatlarındaki kadar yaygın uygulanmamakla birlikte ülser, apandisit, fıtık gibi ameliyatlarda kullanılmakta ve henüz araştırma safhasında olmasına karşın daha pek çok cerrahi girişimde yavaş yavaş yerini almaktadır.

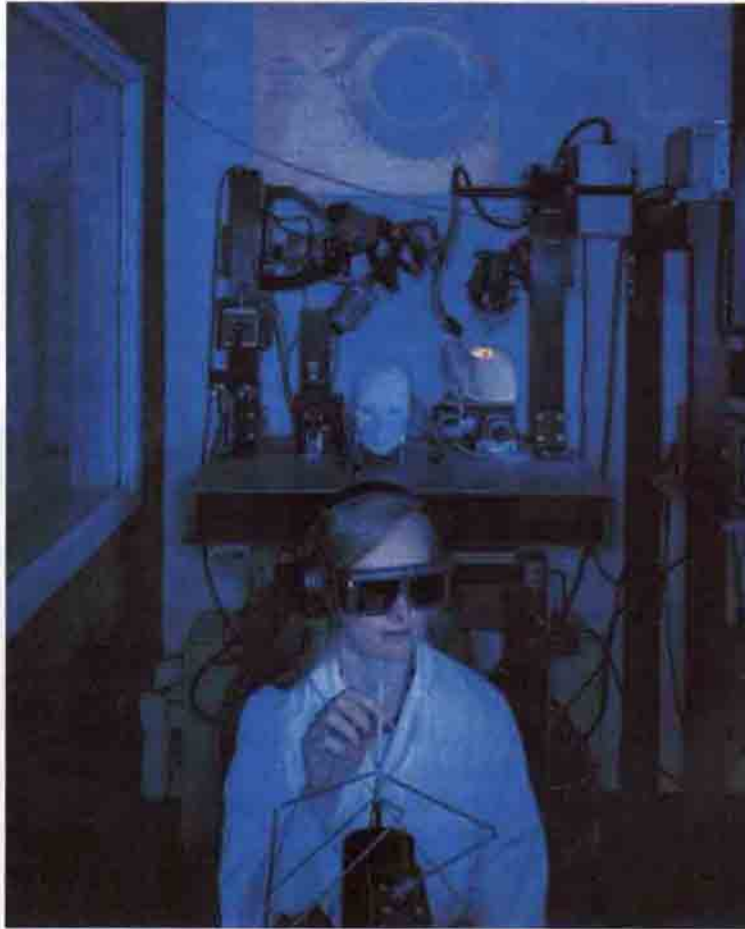
Yeni gelişen bu teknoloji, hastaların ameliyat sonrası dönemlerini rahatlatmak ve "bıçak" korku-



sunu yenerek cerrahiye duyulan antipatiyi azaltmakla birlikte cerrahın işini önemli ölçüde güçleştiren gelişmelerdir. Herşeyden önce cerrah, klasik eğitiminden edindiği birçok alışkanlığı değiştirmek durumundadır. Geleneksel açık cerrahide cerrah, büyük ölçüde ellerini kullanarak dokular ve organların değerlendirmesini yapmakta ve hastalığın boyutlarını inceleyerek uygulayacağı ameliyat hakkında karar vermektedir. Oysa minimal invazif cerrahi dediğimiz endoskopik cerrahide parmaklarla dokunma hissi mümkün olmamaktadır. Bir başka önemli fark, televizyon ekranındaki görüntünün iki-boyutlu olması nedeniyle stereoskopik görüntünün kalmaması ve derinlik hissinin azalmasıdır. Görüntünün ameliyat alanından farklı bir alanda olması ve ameliyat alanını gösteren kameranın genellikle asistanlardan biri tarafından yönlendirilmesi, cerrahın tam olarak odaklamak istediği görüntü ve uzaklık ayarının her an istediği gibi olmamasına neden olabilmektedir. Tüm bu faktörlere bir de parmak hareketlerinin aletin ucuna açık cerrahidekinden farklı şekilde yansması da eklenince, ameliyatın hatasız bir şekilde tamamlanması güçleşmektedir. Bu da, gerek uzun süreli eğitim ve gerekse teknolojik gelişmelerle aşılabilecek bir durumdur.

İşte minimal invazif cerrahi tekniklerinin uygulanabilirliğini artırmak ve hata payını azaltmak amacıyla cerrahi aletlerin geliştirilmesi için yapılan araştırmalar hızla sürmektedir. Bu amaca ulaşabilmek için özellikle robotların kullanılması üzerine çalışmalar, dünyanın bazı gelişmiş merkezlerinde yürütülmektedir. Bugün mevcut olan teknolojik düzeyde elbetteki robotların cerrahın yerini alması düşünülemez. Ancak bilindiği gibi şimdiden değişik tıp dallarında bazı basit, fakat titizlikle yapılması gereken birkaç girişim robot-

lar tarafından gerçekleştirilebilmiştir. Yine son zamanlarda robotlar üretral yolla prostat ameliyatını yapabilecek şekilde programlanmışlar veya bazı kemik kırıklarını çivilerle kaynaştırabilmişlerdir. Böyle matematik olarak hesaplanabilen girişimler, robotun bilgi işlem merkezine programlanabilmektedir. Peki robotlar bu nispeten basit girişimlere ne kazandırmaktadırlar? Robotlar, matematiksel hesap gerektiren fiziksel parametrelerin bulunduğu girişimleri insanlardan çok daha doğru ve istikrarlı bir şekilde yapabilmektedirler. Örneğin belli bir noktada lazer yanığının derinliğini veya uyluk kemiği başına çakılacak çivinin açısını hesaplama-



da insanların programlanmış bir robot kadar net olmaları güçtür. Ancak hemen belirtmek gerekir ki karın cerrahisindeki girişimlerin çoğunda matematiksel kesinlikten çok, cerrahın anatomik bulgulara ve o andaki verilere göre karar verme ve hareket etme yeteneği daha önemlidir; bunun da bir robota programlanması çok daha güçtür. Dolayısıyla robotların karında endoskopik cerrahi uygulaması, ulaşılması çok daha güç bir gelişmedir.

Endoskopik cerrahide robotlardan faydalanma, öncelikle robot asistanlar geliştirilmesi çalışmaları ile başladı. Böyle bir aletin laparoskop ve kamerayı tutan asistanın yerini alması ve cerrahın çalıştığı ameliyat alanını odaklaması hedeflendi; çünkü kameramanın sürekli yüksek bir konsantrasyon içinde bulunması ve kendi görüşü ne olursa olsun cerrahın emirlerini yerine getirmesi gerekmektedir. Bu da yetişmiş bir cerrah yerine robot için daha uygun bir görevdir. Bu konuda geliştirilebilecek en basit düşünce elle ayarlanarak istenen pozisyona sabitlenebilen bir mekanik alet idi. Bu tür pek çok robot asistan şimdi piyasada satılmaktadır. Üzerinde çalış-

malar süren ikinci nesil ise, gerçek bir robotik kol olup, elektronik olarak hareket eden ve cerrah tarafından kontrol edilebilen bir alettir. Singapur'da bir grup araştırmacı tarafından üzerinde çalışılan model, bir PUMA (sınıf 1) robotik kolun bir laparoskopu tutabilecek şekilde geliştirilmesi ve programlanmasıdır. Bu robot önceden koordinatları belirlenmiş alanda hareket edebilecek ve ani hareketlerle organlara zarar vermeksizin saniyede 5 mm ilerleyebilecek ve hareketleri bir ayak pedalı veya "joystick" aracılığıyla kontrol edilebilecektir. Bu modelin daha ileri şekli ise sesle harekete geçirilebilecektir. Böylece robot kameraman ile fiziksel iletişimi sonucu, cerrahın dikkatinin dağılması en-

gellenmiş olacaktır. Bu robot "sol", "sağ", "yaklaş", "geri" ve "dur" gibi bazı sesli komutları algılayarak hareket edecektir. İngiltere'de bir grup, bu modelin hareket için daha fazla eklemi olan daha karmaşık bir şekli üzerinde çalışmalar sürdürmektedir. Sonraki evrelerde geliştirilebilecek akıllı robot, asistanlara ne yapmaları gerektiği bile söylenmeden, cerrahın çalıştığı bölgeyi takip ederek görüntüyü odaklayabilecektir. Bunun elde edilebilmesi için cer-



kontrol panelinden gerçekleştirilebilecektir. Elektronik bağlantı, telefon kablosu, uydu veya modemlerle sağlanabilir. Bu uzaktan kumandalı ameliyata kısaca "teleoperasyon" denmektedir ve burada amaçlanan, cerrahın yeteneklerini ve yapabileceklerini geliştirmektir. Ameliyatın kontrolü tamamen cerrahıdır ve hiçbir zaman robotun insiyatifinde değildir. Geliştirilmekte olan bu sanal ortamda cerrahın, kumanda tablosu önünde hastanın vücudunun üç boyutlu görüntüsü içine doğru yaptığı manipülasyonlar bilgisayarlar aracılığıyla gerçek hastanın bulunduğu ameliyathanede robotların elindeki aletlere milimi milimine yansıtacak ve ameliyat gerçekleştirilecektir.

rahın kullandığı aletlerin ucuna ultrasonik dalga yayacak cihazlar yerleştirilerek bu dalgaların laparoscopa monte edilmiş bir algılayıcı tarafından algılanarak odaklanacak noktayı robota iletmesi ve robotun aletlerin çalıştığı bölgeyi izlemesi sağlanabilir. Kesin olan birşey varsa o da, bir asistanın yapabileceği işleri robota yaptırabilecek teknolojinin mevcut olduğu ve kısa zamanda daha da gelişeceğidir. Bu gelişmeler sonucunda cerrah, örneğin bir safra kesesi ameliyatını robot asistanların yardımıyla tek başına gerçekleştirebilecektir.

Minimal invazif cerrahide aletlerin karın açılmadan karının içinde manipülasyonları gerekmektedir. Bugün için bu işlem karın içine küçük deliklerden ilerletilen ve ucu karın içinde, ancak kontrolleri karın dışında olan ince uzun aletlerle yapılmaktadır. Bu nedenle de ergonomik oldukları söylenemez. Bu güçlüğü ortadan kaldırmak için ameliyat alanı ile kontrol mekanizması arasına bir robot yerleştirmenin pek çok avantajı olacaktır. Herşeyden önce robot bugünkü ergonomik olmayan aletlere oranla çok daha ince hareketler yapabilir; sonra kontrol mekanizmasının kullanımı da cerrah için çok daha kolay olabilir. Herşeyden önemlisi bu sistem, gerçek uzaktan kumandalı ameliyat için bir basamak olacaktır. Bu sistemde cerrahın ameliyat sırasında hastanın yanbaşıyla olması gerekmeyecek; ameliyatı ister ameliyathanede, ister evde, uçakta veya başka bir şehirde olsun, önündeki bir

Cerrahide sanal ortam ve teleoperasyonun düşünce babası California'da bir askeri endoskopik cerrah olan Rick Satava'dır. Satava'ya göre, bu teknolojinin zamanı artık gelmiştir. Bu gelişme, bilgisayar teknolojisi ile robotların, fiberoptik iletişimlerin, sanal gerçeğin, yüksek teknoloji görüntüleme araçlarının ve cerrahinin birleşmesidir. Cerrahin el hareketinden, dokunduğu dokudan aldığı duyuya ve karının görüntüsüne kadar gerekli herşey elektronik bilgi halinde bilgisayara yüklenerek istenen herhangi bir yerde tekrar oluşturulabilir.

Satava'nın California'da SRI Uluslararası Araştırma Laboratuvarı'nda bir elektrik mühendisi olan Green ile birlikte geliştirdikleri bir robot manipulator, neşter tutarak kesi yapabilmekte, bir iğneden iplik geçirebilmekte ve dikiş atabilmektedir. Bu robot halen minimal invazif cerrahi içinde uyarılanmakta olan bir teleoperasyon sisteminin uç noktasını oluşturmaktadır. Ameliyat

sahası üç-boyutlu bir kamera tarafından görüntülenmekte ve bir başka mekanda bulunan cerraha mikروفon ve algılayıcılar aracılığıyla duyuşal "geri besleme" verilmektedir. Cerrah bu robota uzaktan kumanda ederek dokuları tutabilmekte, dokunma hissini kendi eliyle tutuyormuşçasına alabilmekte ve yine açık cerrahide olduğu ölçüde büyük bir rahatlık ve çabukluk içinde, adeta ameliyatı doğrudan kendisi yapıyormuşçasına gerçekleştirebilmektedir. Bu oldukça etkileyici prototipin minimal invazif cerrahiye uyarlanacak robotik manipulatorü üzerinde çalışmalar sürmektedir. Sonunda kompleks laparoskopik girişimler dahi, cerrah adeta ameliyathanede hastasını ameliyat ediyormuşçasına, açık cerrahideki hareket rahatlığı içinde tüm motor, görsel ve dokunma duyularını canlandıran teleoperasyon çalışma merkezinden gerçekleştirilebilecektir. Green ve Satava'nın geliştirdiği iki çalışma modülünden biri gerçek ameliyatın yapıldığı ve robotik manipulatorün bulunduğu modül, diğeri ise çarpıcı ölçüde gerçekçi sanal ortamın bulunduğu operatör modülüdür. Cerrah, sanal çalışma ortamına uzanarak ameliyatı adeta hemen önünde yapıyormuşçasına, gerçek gibi gördüğü ve hissettiği cerrahi aletleri tutmakta ve ameliyatı rahat ve güvenli hareketlerle yapmaktadır. Burada cerrahın



gerçekte tuttuğu aletler sadece elle tutacak bölümlerinin bulunduğu yarım aletlerdir ve cerrah aletlerin devamını hemen önündeki konsolda hastanın karnında görmekte ve hissetmektedir. Minimal invazif cerrahide robotik uygulamalar ve sanal ortam teknolojileri üzerine araştırma programlarının sürdürüldüğü bir başka merkez ise Roma Üniversitesi Cerrahi Kürsüsü. Bu merkezin Milan Politecnico ile ortak yürüttüğü bir programda, teleoperasyon sistemlerinin geliştirilmesi üzerine çalışılmaktadır. 1992 yılında Roma'da yapılan bir cerrahi toplantısında, aralarında 600 km olan bu iki şehir arasında yapılan deneyde, Milano'da bulunan cerrahi teletransmisyon ile Roma'da bir denek üzerinde 1 cm'lik küçük bir cilt kesisi yapılabildiği görülmüştür. Robot kesiyi yaptıktan sonra, tekrar eski pozisyonuna dönmüştür. Her iki çalışma merkezinde kullanılan cihazlar şöyle idi: Milano'daki kumanda merkezinde bir bilgisayar, modem, monitörler ve kumanda tablosu; Roma'daki ameliyat odasında ise bilgisayar, modem, üç kamera, monitör, robot (IBM SCARA) ve robot kontrol cihazı.

Cerrahide sanal ortamın birçok yan gelişmeye de olanak sağlayacağı açıktır. Bunların en önemlilerinden biri cerrahi eğitimin kolaylaştırılmasıdır. Cerrahlar kadavra ve insan yerine bilgisayarlar tarafından geliştirilecek sanal kadvralar üzerinde cerrahi simülasyonlar aracılığıyla pratik yapabilecek ve yeteneklerini geliştirebileceklerdir. Bu, tıpkı bir pilotun uçuş simülasyonunda uçuşu öğrenmesi gibi bir şey; daha açık bir ifadeyle cerrahiyi kimsenin hayatını riske atmadan öğrenmek. Massachusetts Institute of Technology'den Ian Hunter, böyle bir sanal gerçek cerrahi eğitim sistemi üzerine çalışmaktadır. Bu sistemde cerrah, bilgisayardan çıkan üç-boyutlu, renkli görüntüler üzerinde defalarca ameliyat



yapabilecektir. Hatta Satava'nın dediğiyle, ileride radyografi, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüler gibi tanısal enformasyon da bu bilgisayar programına eklenerek istenen ananotomi ve hastalığa özel model geliştirmek mümkün olacaktır. Böylece cerrahlar yapacakları ameliyattan önceki gece sanal hastaları üzerinde ameliyatı gerçekleştirebilir, ertesi gün de gerçek hasta üzerinde uygulayabileceklerdir.

Makrorobotların cerrahide uygulama alanına girmelerinden belki de çok daha heyecan verici bir gelişme, mikrorobotların kullanılmasıdır. Mikrorobotlar birçok yeni gelişmeye olanak sağlamaktadırlar. Bu minyatür robotlarla insan vücudunun daha önce kimsenin ulaşamadığı noktalarına ulaşılabilir. Uygulama alanları ise dolaşım sistemi için algılama cihazlarından ilaç uygulama sistemlerine, yardımcı pompalara, toplardamar ve hatta kalp kapakçıklarına, kendini yenileyen filtrelerle ve hareketli, tanıya ve tedaviye yönelik endoskoplara kadar gidebilir. Gastrointestinal cerrahlar açısından en ilginç ve yakın gelecekte gerçekleşmesi en olası gelişme robot endoskop olacaktır. Bu konudaki çalışma 1991 yılında Singapur Ulusal Üniversitesi Cer-

rahi Kliniği'nden Dr. Peter Goh önderliğinde bir ekip ile Nanyang Teknik Üniversitesi Elektronik ve Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden Dr. Krishnan'ın işbirliği ile başlatılmıştır.

Geleneksel endoskoplar, 1-1,5 m uzunluğunda ve yaklaşık 1 cm genişliğinde bükülebilir tüpler olup gastroskop dediğimiz endoskop ile ağızdan girerek yemek borusu, mide ve onikiparmak barsağı, kolonoskop ile ise makat yoluyla kalın barsakları inceleme ve bazı tedavi edici girişimler yapma olanağı bulunmaktadır. Ancak özellikle kolonoskopide cer-

rah ve gastroenterologlar halen aşılması gereken bazı problemlerle karşı karşıya bulunmaktadır. Her şeyden önce işlem, gerekli ilaçlar kullanılmasına rağmen, bazen hastalar için ağrılı olabilmektedir. Bazı hastalarda kalın barsaklar daha uzun ve kıvrımlıdır; incelemesi güçtür, bu da işlemin uzamasına neden olmaktadır. Endoskopistin yetiştirilmesi için uzun süreli eğitime ihtiyaç vardır ve en tecrübeli ellerde bile çok az da olsa barsak delinmesi riski mevcuttur. Robotik endoskopi ile bu problemlerin pek çoğu çözülebilir. Her şeyden önce geleneksel kolonoskopide dışardan manipülasyon ve itirmeden ötürü kalın barsaklarda gerilme sonucu ortaya çıkan ağrı yaklaşık 4 cm uzunluğunda ve 2 cm eninde olacak minik robotun ilerlemesi sırasında oluşmayacak; böylece de hastanın sedasyonuna gerek kalmayacaktır. Robot makata yerleştirildikten sonra hasta üstünü örtüp kitap okuyabilir veya televizyon seyredebilir. Ayrıca makatin işlem boyunca açık kalması gerekmeyecek ve hasta için psikolojik olarak rahatsız edici bir durum daha ortadan kalkacaktır. Endoskopist de işlem sürerken zamanını başka bir iş için değerlendirebilir ve videoya çekilmiş görüntüleri daha sonra izleyebilir. Yapay



zekaya sahip olacak robot endoskop, hastalıklı bölgeleri tespit edip olası tanıları da sıralayacaktır.

Singapur'da robot ve bilgisayar teknolojisinin tanısal kolonoskopiye uyar-

lanmasıyla geliştirilmekte olan proje için dört aşama öngörülmüştür. Tamamlanmış olan ilk aşamada, robotun teorik modeli geliştirilmiş ve kalın barsaklar içindeki seyiri için bilgisayar simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bunun için CAD (bilgisayar yardımıyla çizim) ile kalın barsakların üç-boyutlu bilgisayar modeli ve CAM (bilgisayar yardımıyla üretim) ile de fiziksel modeli geliştirilmiştir. Bunlar "software"nin programlanması ve deneysel aracın test edilmesi için kullanılmıştır. İkinci aşamada ise değişik şekil ve materyal kullanılarak aracın fiziksel prototipleri geliştirilmiştir.

Aracın baş kısmında yüksek-performans CCD çip kamera bulunmaktadır ve başlangıçta tünel konfigürasyonunu arayarak boşluğa doğru ilerlemesi için programlanacaktır. Ultrason ve kızılötesi

algılayıcılar aracılığıyla obstrüksiyonları tespit edecek veya bilgisayar görüntüsü kullanarak kıvrım ve köşeleri algılayacaktır. Üzerinde ayrıca ışık ve güç kaynağı bulunacak, aspirasyon, irrigasyon ve hava verme yetenekleri olacaktır. Bu olanakların bir bölümü dışarıdan ince elastik kablolarla sağlanacaktır. Bu kablo aynı zamanda aracın herhangi bir nedenle barsak içinde bozulması durumuna karşı geri çekilebilmesi için de bir emniyet mekanizması olacak, ayrıca kendi başına geçmekte zorlanabileceği güç bir dönüş veya köşe olduğu durumlarda robotun dışarıdan manipülasyonuna da olanak verecektir. Robotun boyutunu saptamada belirleyici faktörlerden biri, motorun ve pillerin boyutudur. Son zamanlarda Massachusetts Institute of Technology'de Anita Flynn tarafından geliştirilen elektrostatik ve piezoelekt-

Geleceğin Cerrah Robotları mı Olacak?

Metin Çakmakçı
HÜ. Tıp Fakültesi

Birkaç yıl öncesine kadar robot cerrahlar ancak bilimkurgu romanları ve filmlerine konu olabilecekti, bugün "geleceğin cerrah robotları mı olacak?" sorusunu ciddi olarak düşünmek gerekiyor. Bugün, laboratuvarlarda da olsa, robot cerrahlar ile yapılan, oldukça ileri uygulamalar olduğu bir gerçek; henüz kendi başlarına ameliyat yapmıyorlar, ama neredeyse yapacaklar.

Makinelerin yaptığı ameliyatlara bir örnek gerçek bir cerrahın denetimindeki bir makinenin ameliyatı gerçekleştirmesidir. Hastadan binlerce kilometre uzaklıkta, bir kumanda aygıtının içinde oturan "insan-cerrah", ellerini, daha doğrusu parmaklarını birtakım özel, hareketli yuvalara sokup önündeki üç boyutlu ekran(lar)ı bakıp hastayı "görünürde" ameliyat edecek; asıl işi, daha doğrusu komutların aynısını da gerçek hastanın üzerinde çevirmen bir bilgisayar yardımıyla ötedeki "demir-cerrah" yapacaktır. Bu iş artık bir varsayım değil; insanda denenmek için gün sayıyor. İnsanoğlu bu özellikteki makineler yapmayı, aradaki iletişim sistemlerini kurmayı ve gerekli bilgisayar teknolojisi ile bunları ilişkilendirmeyi öğrenmiş durumda. Bununla birlikte gelecekte, başta ameliyathaneler olmak üzere hastanelerin mimari yapıları, örgütlenmeleri, teknik altyapı ve donanımlarında, hatta genel olarak hastane kavramlarında çok önemli değişimlerin gerçekleşeceği kesin. Cerrah ve diğer sağlık personelinin

eğitimi ve bunlardan beklenen beceriler de çok farklı olacak. Bir tarafta görüntü sistemleri ve cerrahi el aletlerindeki gelişme ve değişim, diğer tarafta robot sistemler ve mikromakinelerdeki gelişim, robot cerrahisinin temellerini oluşturacaktır. Başlangıçta, üçüncü boyutun bu tür telemekanik sistemler ile yitiriliyor olması önemli bir eksiklik oluştururken, bugün iki kamera sistemi ve gerekli optik yansımalar kullanılarak gerçek cerraha üç boyutlu sanal bir görüntü sağlamak olanaklı. Hatta mekanik cerrahın "kollarına" yerleştirilen pozisyon ve güç alıcılarla ile ameliyat yapan insana görüntüdeki dokunun yumuşaklığı, sertliği, yüzey yapısı gibi, dokunun ancak ele alındığında duyulabilecek birtakım özelliklerini yansıtmak da olanaklı. Hatta, karşılıklı bilgi alışverişine ses iletişimini de eklerseniz, kumanda aygıtının içindeki cerrah, kendini hastanın yanında bile sanabilecektir. Bu kadar ayrıntılı bilgi, görüntünün sunulması ve ince iş yapılabilmesine karşın, her ameliyatın planlandığı gibi gitmediği, hatta pek az ameliyatın öngörülmüş olduğu şekliyle sonuçlandığı bir sorun olarak ortada durmaktadır. Ameliyat sırasında farkedilen sürpriz bulgular ve ortaya çıkabilecek komplikasyonlar ile uzaktan başedilebilecek mi? Ya iki kameraya da kritik bir anda kan sıçarsa ve görüntü kaybolursa ya da robotun kolundaki devre tam açılmış olan barsağı dikecekken yedeği ile birlikte yanarsa...

Yukarıda tanımlanan ve "uzaktan cerrahi" de denilebilen bu teknoloji, ulaşılamayacak yer ve uzaklıktaki hastalardaki cerrahi girişimler

için gerekli olabilir. Bu sayede ana merkezlerdeki cerrahlar, hizmetlerini uzak yerleşim yerlerindeki hastalara, yıllar süren uzay yolculuklarının personel ve yolcularına ya da savaşta yaralanan cepheadaki askerlere sunma olanağına kavuşabilirler.

Kuşkusuz, bu teknolojiyi anlamlı olarak kullanmak için mutlaka uzakta olmak da gerekemeyecek, robot cerrahisinin amacı yalnız uzaktaki insanları sağlığına kavuşturmak değil. Bugün için insan elinin beceremediği, gözünün seçemediği duyarlılıktaki ve bu nedenle yapılamayan çok ince girişimler için de bu tür robot yardımcıları işe yarayabilecektir. Halen kullanmakta olduğumuz ameliyat mikroskopları bize hastalıklı organ ya da dokunun oldukça ayrıntılı bir görüntüsünü verebilmektedir. Ama, bu ayrıntılı görüşle cerrah kendi elini ve küçük de olsa eli ile tuttuğu aletleri kullanarak ameliyat yapmaktadır. Elinin küçücük titremesini mikroskopun okülerinden ya da monitörün ekranından deprem oluyormuşçasına seyretmektedir. Bu durumda, arada, cerrahın el hareketlerini de orantılı olarak küçülten ve titreşimleri emebilen bir elektromekanik düzenek olsa ameliyatın daha kolaylaşacağı, bugün yapılamayan bazı göz, iç kulak ya da beyin ameliyatlarnın yapılabileceği varsayılabilir. Bu konudaki deneysel uygulamalar hızla ve somut adımlarla gerçeğe dönüşmektedir.

Cerrahi eğitim de robot sistemlerden yararlanabilecektir. Cerrahi asistanı ilk finik ameliyatını gerçek bir hasta üzerinde yapmaktansa

rik ultrasonik mikromotorlar yeni olanaklar sağlayabilir. Bu motorların 1 mm den küçük olan boyutları en büyük avantajlarıdır ancak itici güçleri yeterli olmayabilir. Araştırmanın üçüncü aşaması robotun büyükbaş denek hayvanlarında denenmesi ve son bölümü de insanlarda uygulaması olacaktır.

Tabii ki robotların ve teleoperasyonun günlük hayatımızı etkilemesi için daha çok araştırma ve zamana ihtiyaç vardır. Örneğin deneysel olarak sanal ortam ve teleoperasyon ile henüz bir tek ameliyat bile baştan sona gerçekleştirilmiş değildir. Ya da robot kolonoskop henüz bir denek hayvanının kalın barsağı-

nı bir uçtan bir uca katetmiş değildir. Ancak geleceğin bu teknolojilerinin ülkemiz koşullarında da getirebileceği birçok kolaylık vardır. Ülkemizin birçok ücra köşesinde ve küçük illerinde bazı özel eğitim gerektiren ameliyatlari yapabilecek cerrah bulunmamaktadır ve bu konularda eğitim ver-

geliştirilmiş ve - kimi yalnızca deneysel ortamda da olsa - kullanılmıştır.

Bunlar güzel de, gerçekten "robotların" kendi başlarına ameliyat yaptığını göreceğ miyiz? Yani, işlemin denetiminin bir insan - cerrahın dışına çıktığı, makinenin karar verip duruma göre ameliyatı yönlendirebildiği işlemler gerçek olabilecek mi? Kimbilir!

"gerçekte yapıyormuşcasına" bir cerrahi simülatöründe aynı işi yapabilir. İsteddiği kadar yeniden deneyebilir, yanlışları düzelterip yeniden yapabilir, cerrahiyi hastaya gerek kalmadan ve kimseye zarar vermeden öğrenebilir. Deneysel bir cerrah ise, zor ve olağandışı bir hastada hastalığın tomografisini, sintigrafik, manyetik ve henüz bilmediğimiz başka üç boyutlu radyolojik görüntülerini ve yanında anatomik kesitleri kullanarak ekranda önce en kolay yaklaşımı seçip, hastalığa nasıl ulaşacağını belirleyecek ve ameliyatın yapılabilirliğini sınayabilecektir.

Bugün için hastalanmış safra kesesinin karnı geniş olarak açmadan alınması, erkeklerdeki prostatın transüretal (idrar yollarından girerek) çıkarılması için, kalça protezi konmadan önce kemiklerdeki yuvaların açılması, orta kulağa girmek için kafatası kemiğindeki pencerenin açılması ve benzeri birkaç cerrahi işlemin tümü ya da bir kısmı için robot sistemler

Küçük mikrorobotların vücudumuzun hastalıklı hücrelerini onarıp dışarı çıkabilecekleri konusunda deneysel uygulamalar artık laboratuvarlarda var. Yine de düşünün; bütün bu teknolojik dev adımlara karşın, siz olsaydınız bir makineye, üstelik kendi kendine karar verebilen "akıllı" bir makineye ameliyat olur muydunuz? Eh bir de bu ortamda anesteziğin de - cerraha oranla yapımı ve uygulama rutinleri daha kolay olacağından - kolları demirden, kafası 80X86'lardan oluşan bir makine olacağını da hesaba katın. Tam derin anesteziye dalmak üzereyken size mutlaka güzel şeyler de söyleyecektir; hatta o zamana kadar sesindeki metalik ton da düzeltilmiş olabilir. "İnsan" yanlışlar yapmayacaksa da bütün bu sistem, yeterince güvenilir olabilecek, doğru kararlar verebilecek mi? Bakalım gelecek ne gösterecek; ama şimdilik bırakalım onlar hemcinslerini onarsın, biz de bizimkileri ameliyat edelim.



menin de güçlükleri ortadadır. Cerrahiyi enformasyon çağının bir parçası haline getirecek bu gelişmelerle uzmanlık bu yörelerdeki hastaların ve doktorların ayağına, uzmanı oraya taşımadan, getirilebilir. O yörelerde çalışan cerrahlar da gerektiği anda konunun uzmanı ile temasa geçip, onu ameliyathanesine getirebilir. Aynı şekilde travmalarda birçok yaralının büyük bir merkeze taşınması sırasında yolda öldüğü bilinmektedir. Periferik merkezlerde bulunabilecek teleoperasyon imkanı, birçok yaralıyı kurtarabilir. Ayrıca ülkemizde de tıp öğrencisi ve asistan eğitimini kolaylaştırabilir, anatomi derslerinde kadavra sıkıntısını ortadan kaldırabilir. Endoskopi imkanı ülkemizin ancak büyük şehirleri ile belli başlı fakültelerinde mevcuttur ve eğitim imkanları son derece kısıtlıdır. Robot kolonoskop, hizmeti yaygınlaştırabilir. Elbette bu tür olanakların yaygınlaşabilmesi için öncelikle maliyetlerinin hastanelerin alabileceği düzeye inmesi gerekecektir.

Tüm bu teknolojik fantezilerin gerçekleşip gerçekleşmeyeceği, bütün gelişmelere karşın, tartışma konusudur. Ancak bilgisayar ve robotik teknolojinin bu derece hızlı geliştiği günümüzde bugün hayal olan birçok şey, kısa süre sonra gerçeğe dönüşebilir. Unutulmamalı ki minimal invazif cerrahinin bugün ulaştığı düzey de bundan on yıl kadar önce sadece bir fantezi idi.

Kaynaklar

- Besant, C., Ristic, M., Griffiths, A., B., et al., "Camera Control For Laparoscopic Surgery By Speech Recognizing Robot: Constant Attention And Better Use Of Personnel", Abstracts of the Third World Congress of Endoscopic Surgery, 5, 1992.
- Flynn, A., M., Tavrow, L., S., Mart, S., F., et al., "Piezoelectric Micromotors And Microrobots", Journal of Microelectromechanical Systems, sayı 1, 1992.
- Goh, H., Tekant, Y., Krishnan S., M., "Future Developments In High-technology Abdominal Surgery: Ultrasound, Stereo Imaging, Robotics", Bailliere's Clinical Gastroenterology, Aralık 1993.
- Green, P., Satava, R., Hill, J., Simon, I., "Telepresence: Advanced Teleoperator Technology For Minimally Invasive Surgery", Abstracts of the Third World Congress of Endoscopic Surgery, 704, 1992.
- Krishnan, S., M., Goh, P., "Computer-aided Geometric Modeling Of The Large Intestine As Visualized During Colonoscopy", Abstract Book of Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons (SAGES) Scientific Meeting, Washington, D.C., April 1992.
- Krishnan, S., M., Goh, P., Tekant, Y., Rauff, A., "Design Considerations Of A New Generation Endoscope Using Robotics And Computer Vision Technology", Abstracts of the Third World Congress of Endoscopic Surgery, 276, 1993.
- Taubes, G., "Surgery In Cyberspace", Discover, Aralık 1994.