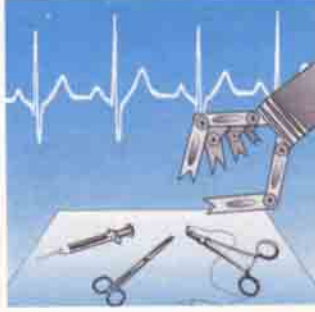


# Elektronik ve Tıp Dünyası



**T**RANSİSTÖRÜN üretilmesinden bu yana geçen yaklaşık 50 yıllık süreç içerisinde, elektrik ve elektronik sektörünün her alanında büyük aşamalar kaydedildi. İnsanlar bu gelişmelerin bir çoğunu, yaşantılarının bir parçası olarak benimzediler ve kullanmaya başladılar. Ancak, kaydedilen bu gelişmelerin bazıları, sadece yaşantımıza girmekle kalmamış, yeni bir bilim dalı yaratarak bilim literatürüne adını yazdırmıştır. İşte bu bilim dalı "Biyomedikal Mühendisliği"dir.

Biyomedikal mühendisliğini, elektroniğin tıpla ilgilenen dalı olarak özetlemek mümkündür. Ancak, bu tanıma eklenmesi gereken önemli bir nokta vardır. Biyomedikal mühendisleri elektronikteki gelişmeleri sadece kendi alanlarına uygulamakla kalmaz, yeni teknolojiler geliştirerek, başka alanlardaki araştırmacı ve kullanıcıların hizmetine de sunar.

Tıp alanında yapılan bu tip araştırmaların, yalnızca tam olarak bilinmeyen ya da tanı ve tedavisi oldukça zor hastalıklarla mücadelede etkili olduğu düşünülmemelidir. Tanı ve tedavinin daha modern yöntemlerle gerçekleştirilmesinin önemli etkenlerinden biri de ekonomik kaygılardır. Örnek vermek gerekirse, geçtiğimiz yıl, Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan sağlık harcamaları 100 milyar doları bulmuştur. Bu miktarın içinde, ameliyat masrafları ve çeşitli giderler yanında, ameliyat sonrası hastanede geçirilen süre boyunca yapılan masraflar da vardır. Daha gelişmiş teknolojiler kullanılarak yapılan tedaviler sayesinde hem hastanın hastanede kalma süresi kısaltılabilir, hem de bir an önce işine geri dönmesi sağlanarak iş gücü kaybı azaltılır.

Bugün, tıp teknolojisi geliştirmek için, yaklaşık 650 000 kişi çalışmaktadır. Bu insanların bir bölümü yeni teknolojiler üretmekle görevlendirilmişlerdir, ama önemli bir bölümü de, şu anda

kullanılan cihazların daha ucuz, daha etkili ve daha küçük olmasına çalışmaktadır. Tıbbi cihazların ne kadar ucuz ve etkili olması sağlanırsa, o oranda yaygın ve sonuç verici sağlık hizmetleri sunmak mümkün olur. İşte elektroniğin önemi de, burada ortaya çıkar.

Elektroniğin tıpta en çok kullanıldığı aşama, "tanı" aşamasıdır. Son 30 yıldır, tanımlama tekniklerinde, patlama denebilecek gelişmeler sağlanmıştır. Bu sayede, yeni tekniklerin kullanımını da oldukça yaygınlaştırmıştır. Bilgisayarlı tomografi, dijital radyografi, manyetik rezonans (MR) ve ultrason (ultrasound) bunların bazılarıdır. Bu arada, fiber optik teknolojisinin geliştirilmesi, eskiden çok büyük çabalar harcanarak yapılan maliyeti yüksek bazı operasyonları, ucuz ve kolay uygulanabilir hale getirmiştir. Üretilen değişik özelliklerdeki fiber optik sensörler (algılayıcı) de, sadece laboratuvarlarda yapılabilen birçok testi kolaylıkla uygulanabilmesini sağlamıştır. Saatler süren pek çok işlem, birkaç dakika içerisinde, üstelik eskiye oranla çok daha düşük maliyetle yapılabilmektedir.

## Fiber Optik Sensörler

Fiber optik sensörlerin belki de en önemlisi "glikoz sensörü"dür. Dünya nüfusunun yaklaşık %0,5'i, şeker hastalığının (diyabet) pençeleri arasındadır. Şeker hastalarının büyük bir çoğunluğu da, beklenmeyen değişikliklere karşı önlem almak üzere, sürekli kan şekeri kontrolü yapmakta veya yaptırmaktadır. Bu yüzden, kandaki şeker düzeyini kontrol eden bir sensörün üretimi, uzun süredir araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. Örnek olarak üretilen sensör, 0,3 mm yarıçapındaki bir diyaliz tüpü ve bu tüpün bir ucuna bağlanan fiber optik kablodan oluşur. Tüpün iç yüzeyine, Canconavalin A (Con A) adlı karbonhidrat reseptörü yerleştirilir ve tüp, yüksek molekül ağırlığı olan ve "dextran" adı verilen karbonhidratla doldurulur. Kandaki glikoz miktarına göre Con A, ya glikozla ya da dextranla birleşerek tepkimeye girer. Kandaki glikoz miktarını ölçmek için, tüpün yüzeyinde bulunan floresans renk değiştiricisi aktif hale geçirmek üzere kullanılan, belirli dalga boyundaki ışık, fiber optik kablodan diğer ucundan gönderilir ve floresans yüzeyde gerçekleşen ışımaya gözlenir. Sensör, 24°C'de, 7 dakika içinde sonuç vermekte ve uzun süreli

kullanılabilmektedir. Ancak, daha güvenilir sensörlerin üretimi için çalışmalar sürmektedir.

Bir diğer önemli sensör de "sıcaklık sensörü"dür. Elektromanyetik alandan etkilenmeyen ve kendi elektrik izolasyonuna sahip olan bu sensörler, çok hassas sıcaklık ölçümleri yapabildikleri gibi, bazı dokuların belirli sıcaklık düzeyinde tutulmaları için de kullanılmaktadır. Özellikle kanserli dokuların tedavisinde kullanılan mikrodalga ve radyasyon tedavilerinde, bu sensörler, önemli rol oynamaya başlamıştır.

Bu iki tip sensörden başka, kandaki değişik gazların oranını (oksijen, karbondioksit gibi) ölçen gaz sensörü, hidrojen iyonu miktarını ölçen pH sensörü ve kan basıncını (tansiyon) ölçen basınç sensörü gibi değişik algılayıcı uygulamaları da bulunmaktadır.

## Lazer Uygulamaları

Hem tanı, hem de tedavi amacıyla kullanılan önemli araçlardan biri de lazerdür. Lazerin tıbbi amaçlarla kullanımında göz önüne alınması gereken dört önemli nokta vardır: Lazer-doku etkileşim mekanizması, lazerin etkili olup olmayacağı, lazerin dokuya ne derinlikte

uygulanması gerektiği ve gerekli dalga boyundaki lazerin iletileceği fiberin bulunup bulunmadığı. Ancak bu dört soruna da gerekli yanıtlar verildikten sonra hastaya lazer tedavisi uygulanabilir. Hastalığın niteliğine göre, lazerin hangi güçte ve ne kadar süreyle verileceğine, yine gerekli ön araştırmalar yapıldıktan sonra karar verilmelidir.

Lazer demeti, doğrudan göz, retina ve deriye basit bir fiber optik kablo yardımıyla birçok organa ve yine çok basit bir operasyon sonucu yerleştirilen fiber optik kablo kullanılarak beyin dahil olmak üzere pek çok karmaşık dokuya ulaşabilmektedir. Ancak bugünkü lazer teknolojisi, her alanda kullanılabilecek özelliklere sahip lazer ışını üretimini ve iletimini olanaksız kılmaktadır. Teknolojinin ne kadar hızlı ilerlediği göz önüne alınırsa, yakın bir gelecekte, vücudun tüm bölümlerine ulaşabilecek yeterlikte, gerekli dalga boyuna ve yeterli güce sahip lazer ışınları üretilebileceğini düşünmek hiç de yanlış olmayacaktır.

## Bilgisayar ve Tıp

Bilgisayarlar, her alanda olduğu gibi, tıp alanında da büyük bir kullanım sahasına sahiptir. Bütün cihazları, bir bilgisayar kontrol ünitesiyle birlikte üretmek mümkündür. Ancak, bilgisayarın kontrol amacıyla kullanılmamasından daha önemli bir uygulama şekli vardır. "Üç boyutlu görüntüleme" yöntemi. Genel olarak, çeşitli teknikler kullanılarak elde edilen bilgilerin bilgisayara aktarılıp, vücudun istenilen bölümünün üç boyutlu görüntüsünün elde edilmesi anlamına gelir. Bu işlem aslında, bir hesaplama dizisinden başka bir şey değildir. Bilgisayara aktarılan bilgiler, istatistik olarak biriktirilir ve çeşitli hesaplama teknikleri kullanılarak bunların bir bütün oluşturmasını sağlarlar. Genellikle özel bir donanım gerektirmez, genel amaçlı bir bilgisayar ve tasarım amaçlı bir yazılım yeterlidir. Ancak bazı uygulamalarda, örneğin lazer ışını kanser tedavisinde, elde edilen şekline, aşılmı neredeyse aynı olması sağlanmalıdır. Aksi halde, diğer dokulara zarar vermek söz konusu olabilir. Üç boyutlu görüntüleme yöntemi, fazladan bir donanıma ihtiyaç duymadan, yalnızca manyetik rezonans gibi sadece bu amaçla üretilmiş herhangi bir cihaz kullanılarak da yapılabilir. Ancak, bu cihazların mikroışlemcileri, diğer bilgisayarlar gibi gelişmiş hesaplama ünitelerine sahip olmadıkları için, ay-



rıntı gerektiren işlemlerde, bunlardan sadece gözlem aracı ve bilgi kaynağı olarak yararlanılmaktadır. İki boyutlu ekranda, üç boyutlu bir görüntüyü anlamlı bir şekilde gözlemlemek, gerçekten bir sorundur. Bu sorun, üç boyutlu şeklin ince dilimlere ayrılması ve bu dilimlerin değişik renklerle gösterilmesi sayesinde bir ölçüde aşılabılır. Burada önemli olan, her dilim ayrı ayrı incelendiğinde, hiçbir bilginin kaybolmamasını sağlamaktır. Geniş kapsamlı yazılımlar, hem bu özellikleriyle, hem de uzaklık, açılı, hacim gibi rakamsal bilgi hesaplamalarındaki düşük hata oranlarıyla büyük önem kazanmışlardır.

Elde edilen detaylı görüntüler tedavinin her aşamasında kullanılabilir gibi, üç boyutlu modellerin yapımında da kullanılabilir. Bu modeller, eğitim amaçlı, ameliyat öncesi incelemeye yönelik ya da daha önemlisi yapay organ yapımında kullanılmak üzere üretilmiş olabilir.

## Gelecekte Elektronik ve Tıp

Geleceğin tıp teknolojisinde robotların çok önemli bir yeri olacağı, tartışma götürmez bir gerçektir. Ancak, diğer endüstriyel uygulamaların aksine, robotların tıp alanında tamamiyle insan faktörünü ortadan kaldırması mümkün görünmemektedir. Bunun en önemli nedeni, insan vücudu ne kadar iyi tanımlanır tanımlansın, bazı durumlarda, anlık karar verme gerekliliğinin ve bazen sadece hissederek duruma müdahale etme zorunluluğunun bulunmasıdır. Robotların tıp alanında kullanımını, özellikle insan becerilerini aşan durumlarda, onları yönlendirerek, az hata yapan, ince yeteneklerinden yararlanmak esasına dayanır.

Robotların tıpta kullanımı, temel olarak, iki ana alanda göze çarpmaktadır: Rehabilitasyon (yeniden işlev kazandırma) robotları ve operasyon robotları. Rehabilitasyon robotları, amaçları ve çalışma prensipleri net olarak ortaya konulabilmiş ve son birkaç yıldır uygulamalarına başlanmış robot sistemleridir. "Manus Rehabilitasyon Düzenleyi-

ci" adı verilen sistem, bu konunun en önemli örneğidir ve tüm dünyada kabul görmüş bir uygulamadır.

Operasyonlarda robotların kullanılmasına başlanması ise oldukça yeni bir konudur. Ameliyatlarda robotlardan yararlanılması gerçekten karmaşık ve uygulanması zor bir sistemdir. İlginçtir ki bu sorunun en önemli kaynağı robotların ya da kullanılan teknolojinin yetersizliği değil, doktor ve mühendisler arasındaki büyük düşünce farklılıklarıdır. Operasyonlarda robotların kullanılabilmesi için, ilk olarak doktorların, bunların kullanımıyla ilgili eğitilmeleri ve robot sistemlerine tam olarak güven duymaları sağlanmalıdır.

Çözüm gerektiren sorunlar, karmaşık, yüksek teknoloji gerektiren ve dolayısıyla maliyeti yüksek problemler olduğu için, genel amaçlı robotlar yerine, belirli bir konu üzerinde çalışabilen robotların üretilmesi düşünülmüştür. Bu robotların en özelliklerinde olması gerektiği, hangi güvenlik önlemlerinin alınacağı ve en önemlisi robotların tam olarak ne amaçla kullanılacağını açıkça kavuşturmak için, mühendisler ve operatörler biraraya gelerek uzun süreli çalışmalar ve araştırmalar yapmak durumundadır. Ancak bu aşamadan sonra gerçekten yararlı, hatta kullanılması gereken gerekli robotların üretilmesi düşünülebilir.

Tüm bu sorunlar, daha çok "aktif" diyebileceğimiz, operasyonun oldukça büyük bir kısmını tek başına yürüten ve o duruma özgü bilgilerin girilmesiyle uygulamaya doğrudan başlayan robotların kullanımıyla ilgilidir. "Pasif" ve "yarı aktif" olarak adlandırılan robot sistemleri, daha şimdiden uygulama alanına girmiştir. Pasif sistemler, daha çok belli bir bölgeyi ya da aleti sabit tutmaya yarayan ve üzerlerindeki sensör donanımları yardımıyla uygulamanın doğruluğu hakkında bilgiler veren sistemlerdir ve 0,1 mm'ye varan doğruluk oranlarıyla çalışabilmektedirler. Ancak yüksek maliyetler göz önüne alındığında, tek bir uygulama için bu kadar pahalı cihazların kullanılması, kafalarda soru işareti bırakmaktadır. Yarı aktif sistemler ise, hareket stratejileri daha önceden belirlenen, hareket yetenekleri çok

daha yüksek robotlardır. Uygulama, tüm bilgileriyle birlikte robota aktarılır, daha doğrusu "öğretilir". Robot, bu bilgiler ışığında uygulamayı, operatör kontrolünde ama büyük oranda tek başına yapar.

Yarı aktif robotlar, özellikle karmaşık yapıları olan doku ve organlarla ilgili operasyonlarda büyük önem taşımaktadır. Beyin operasyonları bunların başında gelir. Hiçbir şekilde hata kabul etmeyen ve büyük bir süratle gerçekleştirilmesi gereken beyin operasyonlarında, bu tip robotlardan sıkça yararlanılmaktadır. Nedeniye gayet basittir. Bir beyin ameliyan sırasında, yapılan herhangi bir müdahale sonucunda beyin, kafatasında 10 mm'ye ulaşan bir oranda hareket edebilir. Bu, üzerinde uğraşılacak noktanın neredeyse tamamıyla yer değiştirmesi demektir. Bu durumda operasyon, ulaşılacak en yüksek hızda ve tüm bu hareketler gözlemlenerek yapılmalıdır. İşte robotlar, bu anlamda önem kazanırlar.

Robot teknolojisi, doğrudan hasta tedavisinde kullanılabilir gibi, yardımcı cihaz (protez) yapımında da büyük yer tutmaktadır. Tekerlekli sandalye kullanmak zorunda olduğu halde, herhangi bir nedenle bunu yönetme güçlüğü içinde olan hastaların sorunu, kontrol ve yönlendirme sistemleriyle donatılmış bir yarı-robot sandalye kullanılarak çözümlenebilmektedir.

Tüm bu sorunların çözümünde karşımıza çıkan önemli bir nokta vardır ki, araştırmacıları yeni kaynaklar arayışına itmiştir. Bu nokta, büyüklük sorunudur. Mikroelektronik teknolojinin gelişimiyle birlikte, tümleşik devre (Integrated circuits, IC) ve VLSI (Very Large Scaled Integrated circuits) tasarımlarında büyük aşamalar kaydedilmiştir. Boyutları gittikçe küçülen, yük-



sek hızlı, daha çok elektronik eleman kapasiteli ve enerji tüketimi azaltılmış tümleşik devreler, her geçen gün, klasik analog devrelerin yerini almaktadır. İşte bu aşamada akla bir soru gelmektedir. Bu gelişim, acaba element tasarımlarında atomik ölçülere ulaşmamızı sağlayabilecek midir? Gerekli kuantum ölçüleri ve sıcaklık etkileri göz önüne alındığında yanıt, ne yazık ki "hayır" olacaktır. Kullanılan inorganik maddelerin makroskopik özellikleri, bu ölçüde bir gelişime olanak tanımamaktadır. Bunu ortadan kaldırmak için araştırmacılar, inorganik maddeler yerine organik maddelerin kullanılması arayışına girmişlerdir. İşte bu arayış "Moleküler Elektronik" adı verilen, geleceğin bilim dahininin doğmasına neden olmuştur. Moleküler elektronin en büyük uğraşı, çeşitli yöntemlerle üretilen organik molekülleri ve biyomolekülleri ki bunların en önemlisi proteinlerdir, anlamlı bir dize içerisindedir, işlev kazandıracak şekilde elektronik elemanlar yapımında kullanmayı başarmaktır. Şu anda ulaşılan nokta, bunun hiç de olanaksız olmadığını ortaya koymaktadır. Yapay fotosentez hücreleri üretmeyi başaran teknoloji, elbet birgün daha karmaşık sistemlerin üretimini de gerçekleştirebilir. Bu çalışmaların, insanların denetiminde dışında çalışan makineler elde edilmesiyle sonuçlanacağını düşünmek, elbette korkutucudur. Yine de, bu tip organik cihazların üretiminin başlaması, insanlık tarihinin dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. Biyomedikal mühendislerinin en önemli amaçlarının doku ve organları modelleyerek onların elektronik karşılıklarını yapma olduğu göz önüne alınrsa, geleceğin insanların yarı robot yapıya da sahip olacağını varsaymak, çok da havaleci bir yaklaşım olmayacaktır. Gelecek, belki de sadece biyoroobot için gerçekten gelecektir.

Kaynaklar:  
IEEE Engineering in medicine and biology, Mayıs 1995, Ağustos 1995.  
H. Matthias, Kaliten gelen işaretler, 1991.

## Kısa Kısa Elektronik...

Şekilde, kalp atış diyagramının (elektrokardiyogram, EKG) ve kas hareket gerilimlerinin osiloskop ekranında görüntülenmesini sağlayan kuvvetlendirici devre görülmektedir. IC serisi yükselticiler için TL084 entegresi kullanılmaktadır. R1 ve R2 dirençleri, elektrik kaçırma karşı koruma amaçlı kullanılmıştır. Besleme gerilimini IC4 sağlamaktadır. Devre güvenlik

nedenleriyle, sadece pille beslenmelidir! Elektrot olarak, 3 adet, 10 cm'lik bakır parçalar kullanılabilir. Elektrot bağlantısını sağlamak için, 3 kanallı ve her kanalı topraklanmış 2 m'lik mikrofon kablosu kullanılabilir. Kablo'nun toprağı ile kanallardan biri, cihazın top-

rağına (E3) bağlanır. Diğer iki kanal da E1 ve E2 girişlerine lehimlenir. A1 çıkışı da osiloskopa bağlanarak görüntü elde edilmesini sağlar. EKG görüntülenmek için E3 sol bacağın alt kısmına, E2 sol ön kola, E1 de sağ ön kola bağlanır. İletkenliği artırmak için, elektrotların dokunduğu bölgelere tuzlu su çözeltisi sürülerek daha iyi bir sonuç elde edilebilir. Kas gerilimlerinin gözlenmesi, üç elektrodun da istenilen kas bölgesine sırayla dizilmesiyle sağlanabilir. Gözlem yapılırken, osiloskopun hassas bir şekilde ayarlanacağı unutulmamalıdır.

