



Biyonik Çağ Başlıyor

Jules Verne'in 1865 tarihli *Aya Seyahat* romanında, savaş sırasında kollarını, bacaklarını ve çeşitli uzuvlarını kaybeden savaş gazilerinden oluşan Baltimore Silah Kulübü üyelerinin giriştikleri macera anlatılır.

Savaş yıllarını yeni ve ölümcül silahlar yaparak geçiren bu grup, tahta bacaklı, protez kollu, el yerine çelik kancalar kullanan, parçalanmış çeneleri plastikten, kafatasları gümüşten, burunları platinden yapılmış gazilerden oluşmaktadır.

Jules Verne'in romanına ilham veren Amerikan İç Savaşı'nda sakat kalan, çeşitli uzuvlarını kaybeden 60.000 askeri tedavi etme çabaları modern protez çağının başlamasını sağladı.

Bilinen İlk Protez Bir Ayak Parmağı

Aslında ampute insanlar için binlerce yıldır çeşitli formlarda protezler yapılıyor. Araştırmalara göre bilinen en eski protez Eski Mısır'daki 3.000 yıllık bir mummyada bulunan, ahşap ve deriden yapılmış bir ayak parmağı. İlkçağ ve Ortaçağ'da da savaşçılar ahşap ve demirden yapılmış kollar ve bacaklar kullanıyordu¹.

16'ncı yüzyılda yaşayan Fransız cerrah Ambroise Paré modern ampütasyon ve protez çağını başlattı. Paré sayesinde deri ve kâğıt gibi daha hafif malzemelerden yapılmış, daha işlevsel protezler kullanılmaya başlandı². Ancak ilerleyen yıllardaki gelişmelere rağmen, savaş, kaza ya da hastalık sonucu kollarını ve bacaklarını yitiren insanlar uzun yıllar boyunca tasarımları pek değişmeyen, işlevleri sınırlı kalan protezler kullanmak durumunda kaldı.

"Akıllı" Uzuvlara Sahip Olmak Mümkün

Son dönemde ise bu alanda adeta bir devrim yaşanıyor. Mekatronik, nanoteknoloji ve malzeme bilimlerindeki gelişmeler sayesinde hem görünüm hem de işlev bakımından gerçeğini aratmayan, hatta kimi durumlarda gerçek kol ve bacaklardan çok daha işlevsel olan kol ve bacaklar üretilebiliyor. Bu protezler uzuv kaybının yarattığı sıkıntıları ortadan kaldırmakla kalmıyor, aynı zamanda da kullanıcıya ilave beceriler kazandırıyor. Bir anlamda "biyonik çağ" başlıyor.

1 <https://www.premierprosthetic.com/02/history-of-prosthetics/#:~:text=Ancient%20Greece%20and%20Rome%20through,Ages%20saw%20only%20limited%20progress.>

2 <https://synergypo.com/blog/a-short-history-of-prosthetics/>

Protez teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde “akıllı” uzuvlara sahip olmak mümkün. Bu alandaki gelişmelerin temelinde karbon fiber kompozit materyallerin yaygınlaşması yatıyor. Uzay çalışmaları için üretilen bu materyaller, mühendislerin daha hafif, daha güçlü ve daha dayanıklı protezler tasarlamasına olanak tanıyor. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve yapay zekâ da protez bacaklardaki akıllı yazılımların, kullanıcının yürüme hızını öğrenmesini ve farklı zeminlere göre uyum sağlamasını mümkün kılıyor. Kullanılan jiroskop sensörleri kullanıcının niyetini anlıyor ve güvenli bir şekilde hareket etmesini sağlıyor³.

Kol protezleri bacak protezlerine oranla nispeten yavaş bir gelişim sergiledi. Bunun çeşitli nedenleri var: Nedenlerden biri kol ve el kaybının bacak kaybı kadar yaygın olmaması. Kolların daha küçük olması, hareket alanının ise bacaklara oranla daha geniş olması da bir başka neden. Bu ikinci neden gerçek bir kolun hareketlerini gerçekleştirebilecek bir protezin yapılmasını güçleştiriyordu. Ancak teknolojinin gelişmesi ve parçaların küçülmesiyle bu engel de aşılmış durumda.

Miyoelektrik Protezler

Bu alandaki ilk önemli gelişme miyoelektrik kollar oldu. Miyoelektrik kollarda her bir parmak barındırdığı motorlar sayesinde bağımsız bir şekilde hareket edebiliyor. Bu sistemlerde, kullanıcının vücuduna yerleştirilen sensörler kaslardan gelen sinyalleri yakalayarak proteze iletiyor. Kullanıcılar kaslarını belirli şekillerde kasarak önceden belirlenmiş bazı el hareketlerini gerçekleştirebiliyor⁴.

Miyoelektrik protezler birçok kişinin hayatını kolaylaştırır da birtakım olumsuzlukları da barındırıyor. Bunların başında sudan etkilenmesi, sık sık şarj gerektirmesi, ağır olması ve tamirinin güç olması geliyor.

Son dönemde, bu sorunların aşılmasını sağlayan ve protez teknolojisinin “doruk noktası” olarak adlandırılan biyonik kollar devreye giriyor. Dünyada insan ve makine arasındaki en yüksek etkileşimli arayüzlerden biri olan biyonik kollar sayesinde protezle gerçek kol arasında adeta hiç fark kalmıyor.

Biyonik kolların temelinde beynin gönderdiği sinyalleri harekete dönüştürme fikri yatıyor. Normalde kolumuzu hareket ettirmek istediğimizde beynimiz kaslara sinyal gönderir ve kaslar da kolumuzu hareket ettirir. Bu uzuvlar kesildiğinde beyin hareket etmeye yönelik sinyaller göndermeye devam eder. Ancak bunlara tepki verecek kaslar artık yerinde değildir. Biyonik kollarda beyinden gelen bu sinyaller biyonik cihaza aktarılır ve kolun hareket etmesi sağlanır⁵.

İlk Biyonik Kol 1998’de Takıldı

Dünyanın ilk biyonik kolu sağ kolunu kaybeden Robert Campbell adındaki kişiye takıldı. Edinburgh’daki Princess Margaret Rose Ortopedi Hastanesi Ar-Ge ekibi tarafından geliştirilen sistem omuz, dirsek, bilek ve parmaklardan oluşuyordu. Elektronik mikro sensörler tarafından kontrol edilen sistem 1,8 kg ağırlığındaydı. BBC televizyonu, Ağustos 1998’de bunun dünyanın ilk tamamen hareketli biyonik kolu olduğunu ilan ediyordu⁶.

O tarihten bu yana araştırmacılar ve şirketler biyonik kolları geliştirme konusunda bir yarışa girmiş durumda. Bu yarış şifirilebilir robotik ellerden, beyin tarafından kontrol edilen biyonik kollara dek uzanan farklı ürünleri ortaya çıkarmış durumda.

3 <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/terry-fox-and-the-development-of-running-prostheses>

4 <https://www.armdynamics.com/upper-limb-library/introduction-to-myolectric-prostheses>

5 <https://bionicsforeveryone.com/bionic-arms-hands/>

6 <https://lifestyle.livemint.com/smart-living/innovation/when-bionic-technology-offers-a-helping-hand-111646980494246.html>

Araba Kullanmak Mümkün Oldu

Örneğin, Robo Bionics tarafından geliştirilen “Grippy”, kullanıcıya dokunma hissi veriyor. Sadece 650 gram ağırlığındaki kol gündelik işleri yapmaya, şişe kapaklarını açıp kapatmaya, kapı kollarını açmaya, çanta taşımaya ve hatta araba kullanmaya olanak tanıyor⁷.

Bir diğer dikkat çekici örnek ABD’den. Esper Bionics şirketinin geliştirdiği sistemde, kullanılan beyin-bilgisayar arayüzü beyindeki sinyalleri tespit ederek biyonik kolu harekete geçiriyor. Bu sayede kullanıcı araba kullanmak, mutfak aletlerini kullanmak ya da akıllı telefon ekranına tıklamak gibi eylemleri gerçekleştirebiliyor. Bu sistemin ürettiği veriler bulut bazlı bir platformda toplanarak analiz ediliyor. Böylece sistem, kullanıcının hareketlerini öğreniyor ve ileride yapacağı hareketleri öngörebiliyor⁸.

“Öğrenen” Sistemler

Cleveland Clinic araştırmacıları tarafından geliştirilen sistemde ise beyinden aldığı sinyalleri biyonik kola aktaran sensörler, ortamdaki verileri de tekrar sinirler yoluyla beyne iletiyor. Bu sayede kullanıcı dokunduğu yere dair verileri değerlendirebiliyor, daha isabetli kararlar vererek hatalarını düzeltebiliyor.

Bu noktada bir parantez açmak gerekiyor. Doğal kollara sahip insanlar sabah uyku sersemi olsa bile, masadaki kahve kupasını doğru düzeyde güçle kavrar ve kahvesini yudumladıktan sonra masaya tekrar doğru zamanda ve doğru hızda bırakarak kahvenin dökülmesini engeller. Bunu kaslarımızın, beynimizin yaptığı seçimlere otomatik bir şekilde tepki vermesiyle, yani bir nevi refleksle başarırız. Protez kolu olanlar ise bütün bu hareketleri otomatik bir şekilde değil, manuel modda yapmak durumundadır. Bu yüzden bir kahve kupasını masadan almak ve tekrar masaya bırakmak büyük bir dikkat ve çaba gerektirir⁹.

Ancak şimdi biyonik kollar beyne aktarılan veriler sayesinde “öğrenebiliyor” ve birçok hareketi doğallıkla yapabiliyor. Sistem ayrıca barındırdığı minik robotların kullanıcının duyuşal sensörlerini uyarması sayesinde kullanıcıya dokunma hissi de veriyor. Uzmanlar kullanıcıların doğal bir kola sahipmişçesine hareket etmesine olanak verdiğini belirtiyor¹⁰. Araştırmacılar bu hissin kullanıcıların kendilerini eksiksiz hissetmesini sağladığını, bu sayede özgüvenlerini artırdığını ve sosyal ilişkilerini iyileştirdiğini ifade ediyor¹¹.

Düşünce Gücüyle Hareket

İnsanın hayal gücünü zorlayan projeleriyle adını duyuran iş insanı Elon Musk’ın kurduğu Neuralink şirketinin çalışmaları ise belki de bu alanda varılabilecek nihai noktayı teşkil edecek. Musk, beyne yerleştireceği bir çiple ya da elektrotlarla insan beynini dijital ortama aktarmayı hayal ediyor. Bu sayede insanların düşünce gücüyle internete bağlı herhangi bir şeyi kontrol etmeleri mümkün olabilecek¹². Şirket bu yolla felçli insanlardan Parkinson hastalarına kadar birçok kişiye çözüm sağlamayı hedefliyor. Hafıza kaybı, işitme kaybı, körlük, depresyon ve uykusuzluk gibi sorunlar da bu sayede ortadan kalkabilir.

Neuralink projesinin bir diğer kullanım alanı da protez kolların düşünce gücüyle kontrol edilmesidir. Bu yolla kolunuzu hareket ettirmek yerine sadece masadaki suyu almayı “düşünerek” suya uzanabileceksiniz¹³. Ancak bu çalışmaların şu an itibarıyla beklenenden yavaş ilerlediğini belirtmek gerekiyor.

7 <https://lifestyle.livemint.com/smart-living/innovation/when-bionic-technology-offers-a-helping-hand-111646980494246.html>

8 <https://www.dezeen.com/2022/02/24/esper-bionics-human-prosthetic-arm-mind-control/>

9 <https://www.cnet.com/science/futuristic-bionic-arm-helps-amputees-feel-the-sensations-of-touch-and-movement/>

10 <https://newsroom.clevelandclinic.org/2021/09/01/cleveland-clinic-researchers-develop-bionic-arm-that-restores-natural-behaviors-in-patients-with-upper-limb-amputations/>

11 <https://bigthink.com/the-present/bionic-arm/>

12 <https://thinktech.stm.com.tr/tr/elon-musk-ve-neuralink>

13 <https://onezero.medium.com/a-scientist-and-engineer-explain-everything-elon-musks-neuralink-can-and-can-t-do-68e7f5325e09>

6 Milyar Dolarlık Pazar

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre 2022 yılı itibarıyla dünya nüfusunun yüzde 15'i, yani 1 milyar kadar insan engelli. Yaşanan iki dünya savaşı ve bölgesel savaşlar, teröre karşı devam eden savaşlar, artan nüfus, hızlanan mobilite ve sanayileşmeyle birlikte artan kazalar ve yaygınlaşan hastalıklar amputelerin sayısını artırdı.


Dünyada 57 milyon ampute insan bulunuyor. 2050 yılı itibarıyla damar hastalıkları nedeniyle ampute sayısının iki katına çıkması öngörülüyor. Bu da küresel protez pazarının 6 milyar dolarlık bir sektör hâline gelmesini sağlamış durumdadır¹⁴. Grand View Research şirketinin araştırmasına göre, 2030 yılı itibarıyla küresel protez pazarı 9,31 milyar dolara ulaşacak¹⁵.

Günümüzde dünya genelindeki amputelerin sadece yüzde 5'i protez kullanma olanağına sahip. Bunların büyük kısmı da geleneksel protezler kullanıyor ve biyonik kollar protez pazarının henüz küçük bir kısmını oluşturuyor.

Biyonik kolların yaygınlık kazanmasının önündeki en büyük engel yüksek maliyetleri. Özelliklerine bağlı olarak, bir biyonik kolun fiyatı 100 bin doları bulabiliyor. Bu nedenle biyonik kollara erişimde sıkıntılar yaşıyor.

Kendi Kolunu Kendin Yap

Ancak bu teknolojiyi çok daha ucuza mal eden şirketlerin sayısındaki artışla birlikte biyonik kollar da yaygınlaşmaya başlıyor. Örneğin Easton LaChapelle tarafından 2014 yılında, henüz 18 yaşındayken kurulan Unlimited Tomorrow şirketi, beyin kontrollü biyonik kolların maliyetini 8.000 dolara kadar düşürmüştür¹⁶.

2020 yılında bir grup araştırmacı tarafından sadece üç boyutlu yazıcı, bir kamera ve birkaç mekanik parça ile üretilebilecek biyonik kollara dair bir makale yayınlandı. Bu sayede evde kendi biyonik kolunuzu üretmeniz bile mümkün olabilecek¹⁷. 

¹⁴ <https://spectrum.ieee.org/bionic-hand-design>

¹⁵ <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-prosthetics-orthotics-market>

¹⁶ <https://www.freethink.com/series/challengers/prosthetic-arm>

¹⁷ <https://engrxiv.org/preprint/view/1526/>