

# Dokuları Birbirine Yapıştırmak Artık Daha Kolay

Dr. Tuncay Baydemir [ *Bilim ve Teknik Dergisi* ]

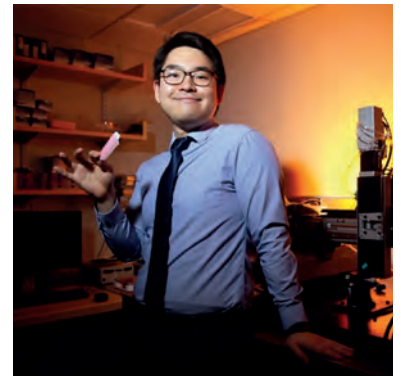
**İ**ki kuru yüzeyi yapıştırma işlemi yapıştırıcı malzemeler yoluyla kolay bir şekilde gerçekleştirilebiliyor. Vücut dokuları gibi ıslak yüzeyler söz konusu olduğundaysa su bu yüzeyler arasında bariyer oluşturarak moleküler etkileşimleri engelliyor ve yapışmanın etkili bir şekilde gerçekleşmesini zorlaştırıyor.

Mevcut kullanımdaki doku yapıştırıcıları, dikiş atmaya ve zımbalamaya göre potansiyel avantajlara sahip olmasına karşın zayıf bağlanma, düşük biyolojik uyumluluk, dokularla zayıf mekanik eşleşme ve yavaş yapışma gibi sınırlamaları da bünyesinde barındırabiliyor. Dokular arasında sızdırmaz bir kapatma gerçekleştirmek oldukça zor çünkü dokuların yüzeyinde bulunan su yapışmanın etkili bir şekilde gerçekleşmesini engelliyor. Mevcut doku yapıştırıcı moleküller, sulu bölgenin içerisinden nüfuz ederek iki doku yüzeyini birbirine yapıştırıyor ancak bu işlem biraz uzun sürebiliyor.

Sıvı ya da hidrojel formdaki mevcut doku yapıştırıcılarının çalışması, yapıştırıcı moleküllerin dokuların polimer ağlarıyla bağ oluşturması prensibine dayanıyor. Burada doku yapıştırıcıları arada kalan su fazını difüzyon yoluyla geçiyor. Bazı canlılarda ise mekanizma farklı bir şekilde gerçekleşiyor.

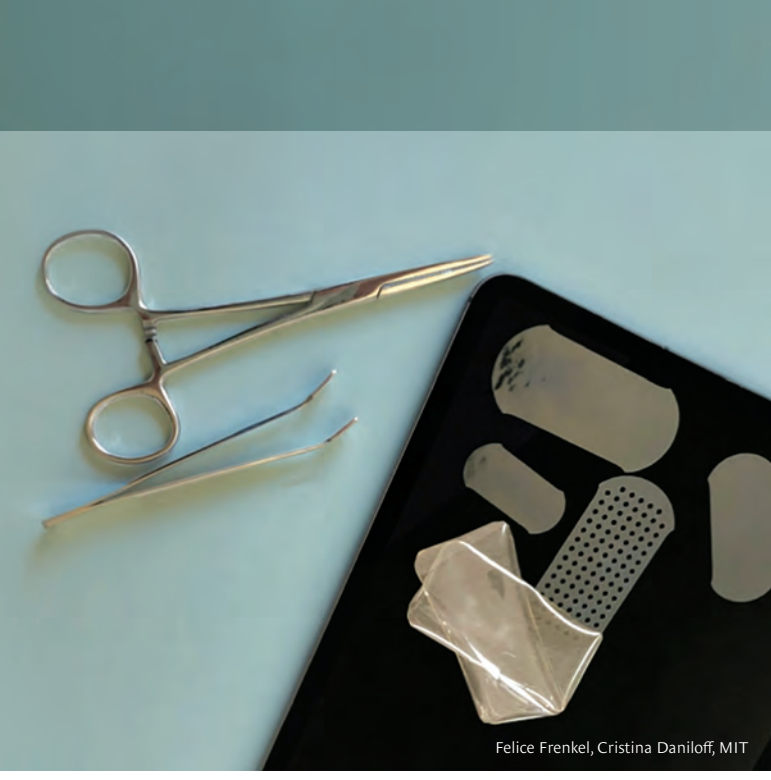
Bu canlılar dokular arası bağlanmayı gerçekleştirmek için yüzeyler arasındaki suyu uzaklaştırmaya yarayan süreçlere sahipler. Doğadaki örneklerden esinlenen araştırmacılar ıslak dokularda yapışmayı sağlayan çift taraflı bir bant geliştirdiler. Bu yeni ürün ıslak yüzeylerde saniyeler içerisinde yapışmayı sağlıyor ve tıbbi uygulamalarda kullanılabilir.

Massachusetts Institute of Technology (MIT) mühendislerinden Hyunwoo Yuk ve arkadaşları yaptıkları araştırmalar sonucunda dokuları hızlı bir şekilde birbirine yapıştırabilen çift taraflı bant tasarladı ve çalışmanın sonuçları *Nature* dergisinde yayımlandı.



Hyunwoo Yuk

MIT araştırma grubu dokulardaki yapışma işlemini daha hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmek için bir süredir çalışmalar gerçekleştiriyordu. Ekip daha önce bazı midye türlerinin kaya ve gemi yüzeylerine yapışmak için kullandıkları yöntemlerden esinlenerek hidrojel süper yapıştırıcı gibi



MIT mühendislerinin tasarladıkları çift taraflı bant dokuları birbirine yapıştırmak için istenilen şekil, boyut ve özellikte üretilebiliyor.

çeşitli yeni yapıştırıcılar geliştirdi. Araştırmacılar, iki ıslak yüzeyi hızla birbirine yapıştırmak için geliştirdikleri çift taraflı bantta ise örümceklerin avlarını ıslak koşullarda yakalamak için kullandıkları yapışkan salgıdan ilham aldılar. Örümceklerin kullandığı yapıştırıcı, içinde bulunan yüklü polisakkaritler yardımıyla, böceğin yüzeyinde bulunan suyu hızlı bir şekilde emebiliyor ve yapışkanın çalışabileceği kuru bir alan yaratıyor. Bu sayede yapışma etkili bir şekilde gerçekleşebiliyor.

Bu süreci taklit etmek isteyen araştırmacılar önce ıslak dokulardaki suyu emen, sonrasında iki dokuyu birbirine yapıştıran bir malzeme tasarladılar. Yüzeyde bulunan suyu emmesi için poliakrilik asit kullanıldı. Dokulara bant uygulanır uygulanmaz su emiliyor ve poliakrilik asit her iki doku yüzeyi ile zayıf hidrojen bağları oluşturuyor. Bu hidrojen bağları ve diğer zayıf etkileşimler ile bant ve dokular geçici olarak yerlerinde tutunurken poliakrilik asitin içine gömülmüş NHS (N-hidroksisüksinimid) esterleri dokudaki proteinlerle 5 saniye gibi kısa bir süre içerisinde oldukça kuvvetli kovalent bağlar oluşturuyor.

Canlı hayvanlar üzerinde gerçekleştirilen doku yapıştırma testlerinde, akciğer ve bağırsaktaki dokuları 5 saniye gibi kısa bir sürede birbirine sıkıca bağlamayı

başaran araştırmacılar, tüm dokularda yeterli derecede iyi çalışmayan ve bazı durumlarda komplikasyonlara yol açabilen cerrahi ipliklerin yerine geliştirdikleri bandın geçmesini bekliyorlar.

Geliştirilen çift taraflı bant dokulara tıbbi implantların tutturulması için de kullanılabilir, ayrıca doku yapıştırıcı malzemelerden daha hızlı bir şekilde bağlanma sağlandığı gibi bu yapıştırıcıların vücudun diğer bölgelerine damlama riskini de ortadan kaldırıyor.

Bantların vücudun içinde daha uzun süre dayanmasını sağlamak için jelatin ve kitosan gibi polimerler kullanan araştırmacılar, böylece yapıştırıcı malzemenin bütünlüğünü istenilen sürelerde korumayı başardılar. Uygulamanın yapıldığı bölgeye bağlı olarak, kullanılan malzemelerin yoğunluklarının değiştirilmesiyle bandın vücuttaki bozunma hızı ihtiyaca göre ayarlanabiliyor.

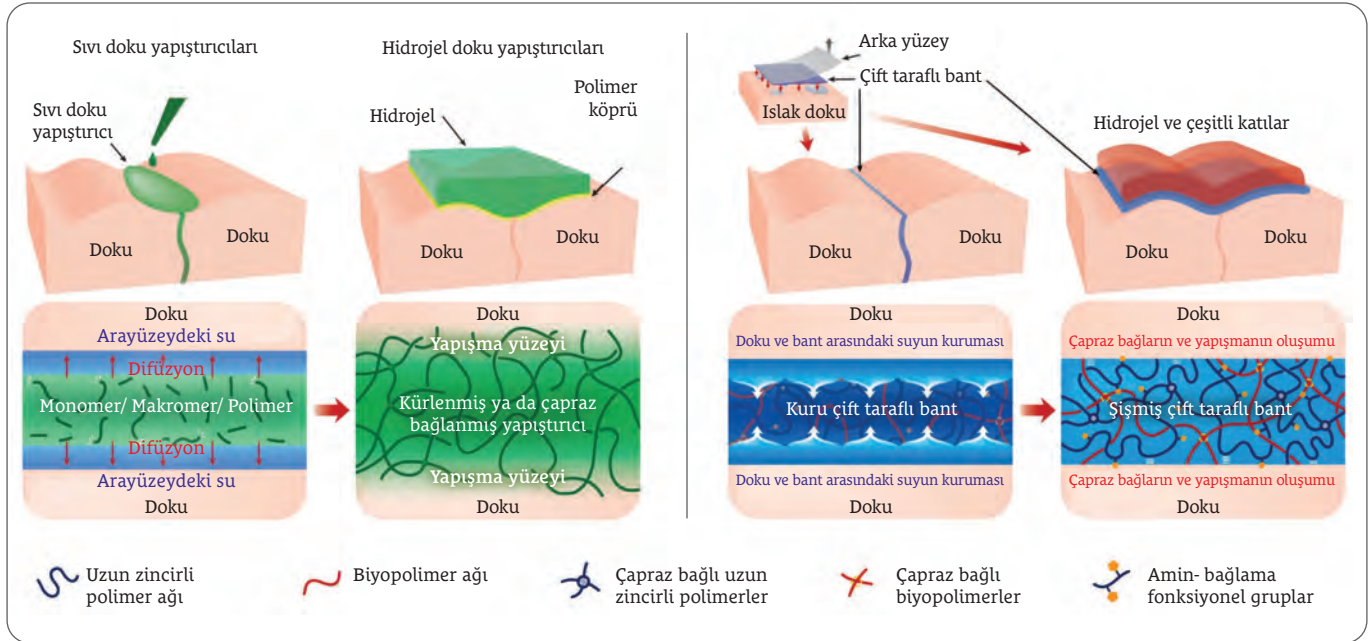
Dünyada yılda 230 milyondan fazla tıbbi operasyon gerçekleştiriliyor ve bu operasyonların çoğunda yarayı kapatmak için dikiş atılması gerekiyor. Yapılan bu müdahaleler ne kadar profesyonelce gerçekleştirilirse gerçekleştirilsin dokularda strese neden olabiliyor ve enfeksiyon, ağrı ve yara izleriyle sonuçlanabiliyor. Geliştirilen doku bandı ile hızlı bir şekilde uygulamalar gerçekleştirilip bu komplikasyonların önlenebileceği belirtiliyor.

Araştırmacılar geliştirdikleri ürünle yalnız hızlı bir şekilde yara kapatma işlemini gerçekleştirmediklerini aynı zamanda akciğer ve trake gibi dikilmesi oldukça zor olan hassas dokuları da kolaylıkla birleştirebildiklerini yaptıkları canlı hayvan deneyleri ile ispatladılar. İyileşmenin daha hızlı bir şekilde gerçekleşmesi ve cerrahi prosedürlerden kaynaklı komplikasyonların önlenmesi geliştirilen ürünün en önemli getirileri olarak öne çıkıyor.

Tasarlanan çift taraflı bant bazı tıbbi cihazların vücuda yerleştirilmesi görevini de başarıyla gerçekleştirebiliyor. Araştırmacılar farelerin kalbine poliüretan kalp yaması uygulamasını başarıyla gerçekleştirdi. Oldukça karmaşık ve zor bir uygulama, yamaya birkaç saniye boyunca az miktarda basınç uygulanarak kolaylıkla gerçekleştirilebildi. Araştırmacılar çift taraflı bantla dokulara silikon, hidrojel ve titanyum malzemeler de tutturabiliyor. Araştırma grubu geliştirilen yapıştırıcıların ek uygulamalarını belirlemek için doktorlarla birlikte daha fazla test ve canlı hayvan deneyleri gerçekleştiriyorlar.

Çift taraflı bant cilt, ince bağırsak, mide, kas, kalp ve karaciğer dâhil çeşitli ıslak dokulara uygulanabiliyor ve istenilen mukavemeti ve esnekliği gösterebiliyor. Ayrıca ıslak dokular ile hidrojel, silikon, titanyum, polidimetilsiloksan (PDMS), poliimid ve polikarbonat gibi çeşitli mühendislik katları arasında yapışmayı sağlamak için de kullanılabilir.

Çalışmayla, doğadaki mekanizmalardan esinlenerek ıslak dokularda başarıyla uygulanabilen bir ürün ortaya kondu. Bu ürün mevcut doku yapıştırıcıları ve sızdırmazlık malzemeleriyle karşılaştırıldığında hızlı yapışma oluşumu, sağlam yapışma performansı, esneklik, uzun raf ömrü ve kullanım kolaylığı gibi avantajlara sahip. Ürün ayrıca destek malzemesi, kontrollü ilaç dağıtım malzemesi, giyilebilir ve vücuda takılabilir cihazlar alanlarında da kullanım şansı bulabilir. Islak yüzeylerin yapışması için geliştirilen bu mekanizma sayesinde su altı gibi ortamlar için yeni yapıştırıcı tasarımları da geliştirilebilir. ■



Sıvı veya ıslak hidrojel formundaki mevcut doku yapıştırıcıları tarafından yapışma oluşumu çoğunlukla monomerlerin, makromerlerin veya polimerlerin dokulara doğru difüzyonuna dayanıyor.

Çift taraflı bantların çalışma mekanizması kuru haldeki bantın hidrasyon ve şişme yoluyla ara yüzeydeki suyu kurutması ile başlıyor. Bunu takiben önce geçici çapraz bağlanma ve sonrasında çift taraflı bant ile dokulardaki amin grupları arasında kovalent bağların oluşumu gerçekleşiyor.

#### Kaynaklar

Yuk, H., Varela, C.E. ve ark., "Dry double-sided tape for adhesion of wet tissues and devices", *Nature*, Cilt 575, s. 169-174, 2019.

<http://news.mit.edu/2019/double-sided-tape-tissues-could-replace-surgical-sutures-1030>.