

Nanotıp ve Biyomateryal Kullanımı

Zülfü TÜYLEK¹

Inonu University, Malatya, Turkey

^[1] zulfu.tuylek@inonu.edu.tr

Özet: 21. yüzyılda, büyük gelişmelerin olduğu bir bilim dalı da Biyomalzeme Bilimi' dir. Biyomateryaller, insan vücudundaki canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek amacıyla kullanılan doğal veya kompozit malzemelerdir. Kompozit malzemeler, belirli bir amaca yönelik olarak en az iki farklı malzemenin bir araya getirilmesiyle meydana gelen malzeme grubudur. Üç boyutlu nitelikteki bu bir araya getirmede amaç, bileşenlerin hiç birinde tek başına mevcut olmayan bir özelliğin elde edilmesidir. Diğer bir deyişle, amaçlanan doğrultuda bileşenlerin daha üstün özelliklere sahip bir malzeme üretilmesi hedeflenmektedir. Biyomateryaller, sürekli olarak veya belli bir süre için vücut içindeki sıvılar ile temas halindedir. Canlı vücudunun, bu malzemelere karşı verdiği tepkiler son derece farklıdır. Biyoyumluluk, kullanım sürecinde malzemenin, vücut sistemine uygun cevap verebilme, vücutla uyusabilme, kendini çevreleyen dokuların normal fonksiyonlarına engel olmama ve iltihaplanma oluşturmama yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda, biyomateryal-doku etkileşimleri üzerine önemli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ışığında, vücudun doğal dokularını yeniden yapılandırmaya yönelik biyoyumlu malzemelerin geliştirilmiş olduğu görülmüştür. Kullanılmakta olan biyoyumluluğu yüksek biyomateryaller, metalik biyomateryaller, biyoseramikler, polimer biyomateryaller ve biyokompozitlerdir. Yaşamda aldığı büyük yer nedeniyle biyomateryallerin fizikokimyasal özelliklerini belirlenmesinde yeni yaklaşımların ortaya konulması ve biyoyumluluklarının tesbitinde yeni metodların geliştirilmesi, tıp alanında yeni biyomateryallerin kullanıma sunulması için son derece önemlidir. Nanoteknoloji, tıbbi görüntüleme, farmakoloji, mikrobiyoloji, yara iyileşmesi, dokuların yenilenmesi, bazı kronik hastalıkların tedavisi, aşı ve genetik alanında uygulamaya girmiştir. Bu alandaki çalışmalar insanlığın yönünü değiştirecek bir teknolojik anahtar vazifesi görecektir. Bu çalışmada, tıp dünyasında biyomateryal seçiminde bulunacak ortopedistlere - uygulayıcılara, protez ve implant imalatçılarına, biyomateryallerin biyoyumluluk ve mekanik özellikleri hakkında bilgiler verilmektedir.

Anahtar Kelime: Biyomateryal, Biyosensör, Nanoküre, Nanorobot, Nanotıp

Nanomedicine and Biomaterial Usage

Abstract: In the 21st century, a branch of science occurring in the great developments is biomaterial science. Biomaterials, which are used for supporting or performing the functions of live tissues in human bodies, are natural or composite materials. Composite Materials, are material groups which result from combination of at least two different materials for a certain purpose. The purpose of this combination in three-dimensional character is to obtain a feature that normally does not exist in none of the component. In other words, it is aimed to produce a material which has more outstanding features for a aimed direction. Biomaterials are touched on the fluids inside the body for a definite period or continually. Reactions, which are occurred in the living body to these materials, are extremely different. Biocompatibility is defined as the harmony to the body system of material in the usage of process, insensible with body, not to hinder normal functions of tissues surrounded itself and the capacity of not to becoming inflamed. In recent years, important studies have been done upon the influences to biomaterial-tissue. In the light of these studies, It appears that biocompatible materials have been developed for restructuring the body's natural tissues. As being used, biomaterials with high biocompatibility are metallic biomaterials, bioceramics, polymer biomaterials and biocomposites. Due to the role biomaterials play in human life, to introduce new approach in finding out their physical properties and to develop new methods improving biocompatibility are very important for the utilization of the new biomaterials in medicine. Nanotechnology has entered applications such as medical imaging, pharmacology, microbiology, wound healing, tissue regeneration, the treatment of certain chronic diseases, genetic and vaccines. Work on this area will serve as a technological key to change the direction of humanity. In this study, research informations are being given about the mechanical characters and biocompatibility of biomaterials to the orthopedists and the manufacturers.

Keywords: Biomaterials, Biosensors, Nanocure, Nanorobot, Nanomedicine

GİRİŞ

21. yüzyıl teknolojisi incelendiğinde, ilerleme kaydedilen bilim dallarından birinin de biyomalzeme (biyomateryal) bilimi olduğu görülmektedir. Bu bilimin amacı, biyolojik sistemlerle uyum sağlayabilecek yeni malzemelerin geliştirilmesi ve çoğaltılmasıdır. Yapılan çalışmalar sayesinde ortopedik protezler, oftalmik sistemler, kataterler, dental implantlar, nöral implantlar, kardiyovasküler implantlar, plastik ve rekonstrüktif implantlar, insülin pompaları gibi ilaç veren cihazlar, suture, adhesifler ve kan yerine geçen sıvılar gibi genel cerrahi sistemlerde biyomateryal kullanımı çoğaldı.

Biyomateryaller, insan vücudundaki canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek ve desteklemek amacıyla sürekli veya belli aralıklarla vücut akışkanlarıyla (kan) bir arada bulunan doğal veya sentetik yapılardır. Biyomateryal bilimi yeni bir alan olmasına rağmen, uygulama açısından kullanımı çok eski zamanlara dayanmaktadır. Biyomateryal biliminin ilk uygulamaları arasında yapay göz, burun ve dişler (altın elementinin diş hekimliğinde kullanımı) bulunmaktadır. Biyomateryaller, yalnızca implant olarak değil, vücut dışına yerleştirilen ama vücutla etkileşim halinde bulunan cihazlarda, çeşitli eczacılık ürünlerinde ve teşhis kitlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyomateryaller, hücre teknolojisinde destek malzeme olarak, atık su arıtılmasında adsorban malzeme olarak, biyosensörlerde, biyoayırma işlemlerinde, enzim, doku, hücre gibi biyoaktif maddelerin immobilizasyonunda ve biyoçiplerdeki kullanımları mevcuttur. Zarar görmüş sert dokuların cerrahi bir ameliyat sonucu sentetikleri ile yer değiştirmesi, pratikte uygulaması olan bir yöntemdir. Bölgelere göre dentaller, yerleştirildikleri yer ve yapacakları işlevler, kullanılan diz, kalça, omuz, dirsek, el bileği ve parmak eklemi protez malzemenin özelliklerine göre farklılık gösterir [1].

Günümüzde, yüzlerce firma tarafından çok sayıda biyomateryal üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak, hala

biyomateryalden kaynaklanan aşılammamış sorunlar mevcuttur. Nanoteknoloji, bilişim teknolojileri ve üretim yöntemleri gibi alanlarda elde edilen gelişmeler sayesinde daha mükemmel uyuma sahip biyomateryal kullanımı hedeflenmektedir. Biyomalzemeler veya cihazlar, herhangi bir hastalık veya sakatlıkla kaybedilmiş bir fonksiyonu yerine getirebilir, geliştirebilir veya değiştirebilir. Tabii ki hiçbir zaman bu fonksiyon orijinal olarak yerine konulamaz [4]

1. BİYOMATERYAL NEDİR?

İnsan, doğası gereği sağlık sorunları ile mücadele eden canlı bir organizmadır. Koruma, önleme sistemleri, iyileşme özellikleri olsa da insan vücudunun hastalık yapan bazı organizmalara karşı savunmasız kaldığı zamanlar vardır. İşte bu nedenle insanoğlu doğası gereği zayıflıklarını gidermenin yollarını sürekli aramış, kaybettiği bir dişi, bacağı, kolu yerine tekrar koymak istemiştir. Bunu yaparken de biyolojik yapıya en yakın sentetik malzeme kullanmayı hedeflemiştir. Aradan geçen zaman içerisinde biyomateryallerin yapısı ve etkileşimleri daha iyi anlaşılmış ve bilimsel alanda ciddi ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu alandaki en önemli hususlardan birisi beklenen gereksinimleri karşılayacak uygun biyomalzeme seçimidir. Bu amaç doğrultusunda Tablo 1 göz önünde bulundurulur.

Malzemelerin Uygulama Alanları	Malzeme Türleri
Duyu Organları	
Göz içi lensler	PMMA, silikon kauçuk, hidrojel
İç kulak kanalında	Platin elektrotlar
Kontakt lensler	Silikon-akrilat, hidrojel
Kornea bandajı	Kolajen, hidrojel
İskelet Sistemi	
Diş implantları	Titanyum Titanyum, Alümina, Kalsiyum Fosfat
Eklemler	Titanyum, Titanyum-Alüminyum-Vanadyum alaşımları
Kemik dolgu maddesi	Poli (metil metakrilat) (PMMA)
Kemikte oluşan şekil bozukluklarının tedavisinde	Hidroksiapatit
Kirik kemik uçlarını tespit için kullanılan ince metal levhalar	Paslanmaz çelik, kobalt-krom alaşımları
Yapay tendon ve bağlar	Teflon, poli (etilen tereftalat)
Kalp / Damar Sistemi	
Kan damarı protezleri	Poli (etilen tereftalat), teflon, poliüretan
Kalp kapakçıkları	Paslanmaz çelik, karbon
Kataterler	Silikon kauçuk, teflon, poliüretan
Organlar	
Yapay kalp	Poliüretan

Tablo 1. Doğal / sentetik biyomedikal malzeme kullanımı [2]

Canlı bir dokunun görevini üstlenen, destekleyen veya sistemin bir parçası olarak görev alan sentetik veya doğal malzemelere biyomateryaller denir. Biyomateryaller, vücut sıvılarıyla sürekli veya belirli bir süre temas halinde bulunurlar. Diyaliz makineleri, diş implantları, yapay eklemeler, ameliyat iplikleri, plastik cerrahi, kontakt lensler aslında günlük hayatımızda sıkça karşılaştığımız biyomateryal kullanım alanlarıdır. Ayrıca, ortopedik uygulamalarda eklem protezi ve kemik yenileme malzemesi olarak, yapay kalp parçalarında, kalp kapakçığında, kateter, fiksator malzemesi olarak, bel kemiği enstrümantasyonlarında, metal parçalarda, vidalarda, vida pullarında, delikli vidalarda, çivilerde, fiksator tellerinde, anatomik plaklarda, kalça plaklarında, açılı plaklarda ve vücuda yerleştirilebilir cihazlarda vb. yerlerde de karşılaşılmaktadır [6].

Metaller dayanıklı, kolay şekil alabilen, aşınmaya karşı mukavemetli olmaları nedeni ile biyomalzeme olarak tercih edilmektedir. Metallerin biyoyumluluklarının düşük olması, vücut sıvılarında korozyona uğramaları, dokulara göre çok sert olmaları ve alerjik doku reaksiyonlarına sebep olmaları dezavantajlarıdır.

1900'lerin başında implant malzemesi olarak saf metal kullanımı yaygındı. Bu malzemelerin başarısı 1930'larda gelişen ameliyat teknikleri sayesinde daha da arttı ve titanyum gibi alaşımların kullanımı ortaya çıktı. Bilim insanları metallerin aşınma problemlerinden dolayı kemik dokusuna bağlanabilecek çeşitli cam ve seramik malzemeler üzerinde çalışıyordu. Bu alanda çalışan Larry Hench 1969'da biyoaktif cam veya biyocam malzemeleri geliştirildi. Bu malzemeler biyoyumlulukları yüksek ve korozyona dayanıklı olmalarına karşın sert, kırılabilir olmaları, zor işlenen, mekanik özellikleri düşük ve yoğunlukları yüksek malzemelerdir. Bu nedenle ortopedik ve diş implantları metalik biyomalzeme ve biyoseramiklerden yapılırken, kalp-damar sistemi ve genel plastik cerrahi malzemeleri polimerlerden yapılır. Manyetik özellik taşımayan polimer kompozitler, manyetik rezonans ve tomografi

gibi modern sistemlerle uyumlu çalışır. Seramikler ve metal alaşımlar radyo-opak özelliğe sahip olduklarından X-ışınları radyografisinde problem oluştururlar. Oysaki kompozit malzemelerde radyo-şeffaflık ayarlanabilir. Hafif olan ve üstün mekanik özellikler sergileyen kompozitler görüntüleme cihazlarının yapısal bileşenleri olarak son derece uygundur [12].

Polimer teknolojisi 21. yüzyıldaki gelişmeler sayesinde diş hekimliği ve kalp-damar cerrahisi gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Örneğin katarakt tedavisinde PMMA gibi polimer malzemelerin kullanımları halen mevcuttur. Polimerler vücut sıvıları ile temas etmeleri sonucu şişebilir veya işlenmesi sırasında özelliklerinde değişimler olabilir. Etkin maddelerin difüzyonla, çözücünün sisteme girmesine bağlı olarak gelişen ozmotik etki veya şişmeyle, pH ve hidrolize dayalı kimyasal enzimlere bağlı biyolojik etkiler sonucu polimerin parçalanması veya ilacın polimerden kimyasal olarak ayrılmasıyla sistemde salımı gerçekleşir. Metaller, polimer malzeme dayanıklılığının zayıf kaldığı alanlarda, sağlamlıkları ve dirençleri nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak metallerin düşük biyoyumlulukları, korozyona uğramaları veya doğal dokudan çok daha sert olmaları dezavantajlarındandır. Yüksek biyoyumluluğa sahip titanyum gibi metallerin yanında zehirleyici etkiye sahip polimerler de mevcuttur. Doku veya kan ile temas eden materyaller, sağlık açısından potansiyel bir risk taşıyan bazı reaksiyonlara sebep olduğu için sistemlerin avantaj ve dezavantajları uygulamaya geçilmeden önce çok iyi kıyaslanmalıdır (Tablo 2).

Materyaller	Avantaj	Dezavantaj	Uygulama Alanı
POLİMERLER - Silastic® kauçuğu Teflon® - Dacron® - Nylön®	Esnek ve düşük dansitedir. Materyal üretiminde fabrikasyon zorluğu yoktur.	Mekaniksel güçleri düşük olduğundan zamanla parçalanırlar.	Cerrahi iplikler, arterven, damarlar, tendonlar, burun, kulak elmacık kemiği
METALLER - Vitalyum - Titanyum Alaşımın - 316, 316L, S, S	Genime dirençleri yüksek olduğundan dayanıklı materyallerdir.	Biyoyumlulukları düşüktür ve dansiteleri yüksektir. Vücut içerisinde korozyona uğrarlar	Ortopedik birleştiriciler (tabaka, çivi vb.), diş implantları.
SERAMİKLER - Alüminyum Oksitler - Kalsiyum Alüminatlar - Titanyum Oksitler - Karbonlar	Biyoyumluluk iyidir ve inerttirler. Korozyon ve fazla sıkıştırmaya dayanıklıdır.	Düşük mekanik güvenirliliği nedeniyle esneme özelliği yoktur. Yüksek dansite nedeniyle fabrikasyon zorlukları vardır	Kalça protezleri, dişler ve derinli sistemleri
KOMPOZİTLER - Seramik ve Karbon kaplı metaller	Biyoyumluluk iyidir, inerttirler, korozyona dayanıklıdır ve genime dirençleri yüksektir	Materyal üretiminde fabrikasyon zorlukları vardır.	Kalp kapakçıkları, diz kapağı ve implantları.

Tablo 2. Sentetik materyallerin uygulanaşı, avantaj ve dezavantajları [16]

İdeal biyomateryalleri elde etmek için birbirine paralel olarak gelişen teknolojiler sayesinde metal, seramik, polimer ve kompozit malzemeler gerek vücut içinde gerekse vücut dışında pek çok görevi üstlenecek şekilde kullanıldı ve kullanılmaya devam ediliyor.

Doku mühendisliğindeki gelişmeler sayesinde, klasik biyomateryallerden farklı olarak içlerine canlı hücrelerin katıldığı ve vücuda yerleştirildikten sonra hastanın kendi dokusuyla bütünleşerek hasarlı bölgenin iyileştirilmesi hedef alınmaktadır. Biyoteknoloji alanında kullanılan biyomateryaller hasarlı dokunun değiştirilmesi, tedavi edilmesi, iyileşmenin desteklenmesi veya bir sorunun teşhis edilmesi gibi çeşitli amaçlara sahiptir. Biyoteknolojide, atıkların arıtılmasında, endüstriyel biyolojik üretimde ve kaçınılmaz olarak ilaç sektöründe kullanılan biyomateryallerin hala aşılamayan eksiklikleri bulunmaktadır. Bu anlamda biyomateryal bilimi tıp, doku mühendisliği, biyokimya, fizik gibi alanlarla iş birliği içerisinde ilerleyen çok yönlü gelişen ve gelecek vaat eden bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 1. Biyomateryal biliminin diğer bilim dallarıyla ilişkisi

Biyomateryaller dolgu maddesi, diş implantı

ve diş dokusu gibi malzemelerin yeniden oluşturulmasında etkinler. Diş çürükleri veya travmatik nedenlerle zarar görmüş diş dokularını onarmak için, çeşitli dolgu malzemeleri kullanılır. Arka dişlerin restore edilmesi esnasında dolgu malzemesi olarak çoğunlukla amalgam alaşımı tercih edilir. Amalgam, yüz yılı aşkın bir süredir dolgu malzemesi olarak diş hekimliğinde kullanılmaktadır. Bakır, gümüş, kalay ve çinko'dan oluşan amalgam tozu civa ile karıştırıldığında sert ve dayanıklı amalgam alaşımı elde edilir. Estetik olmaması ve civa içermesi bu alaşımın başlıca olumsuz yanlarıdır. Bu alanda son yıllarda, dişin doğal rengine uygun estetik dolgu malzemelerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Bu türün geliştirilen ilk malzemesi, Bis-GMA (Bis fenol A-glisidil dimetakrilat) esaslı organik matris içerisine cam-esaslı doldurucu parçacıkların katılmasıyla hazırlanmış olan kompozit rezin'dir. Kompozit malzemelerde geleceğe yönelik en önemli hedef, büzülme göstermeyen, hatta genişleyen monomerlerin geliştirilmesidir. Polimerizasyon büzülmesinin az olduğu dolgu malzemesi olarak ormoser adı verilen organik seramiklerdir. Ormoser kompozit, inorganik-organik kopolimerler ve inorganik silahlanmış doldurucu parçacıklar içerir. Estetik kompozit rezinler günümüzde ön ve arka dişlerin restore edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozit malzemelerin diş minesine yaptığı bağ, oldukça dirençlidir. Mineye bağlanması sırasında sergilediği başarıya karşın, organik içeriğinin fazla olması ve su içermesi nedeniyle dolgu malzemelerinin bağlanması için çok elverişli bir doku değildir. Bu alandaki en son gelişme, dentin ve mine dokusuna asit ön uygulaması yapmaksızın doğrudan asidik içerikli yapıştırıcıların uygulanmasıdır. Bu uygulama işlem basamaklarını azalttığından giderek daha fazla yaygınlaşmaktadır. Kompozit malzemeler düşük elastikiyet modülüne ve yüksek dayanıma sahip olduklarından, ortopedik uygulamalarda kullanımları yaygındır için öngörülmüyorlar. Ayrıca kompozit malzemenin bileşimi değiştirildiğinde, implantın vücut içindeki mekanik ve fizyolojik şartlara uyum sağlaması

kolaylaşır. Bu nedenle kompozit malzemeler, homojen malzemelere oranla, yapısal uyumluluğun sağlanması açısından daha avantajlıdır [12].

2. METALİK BİYOMATERYALLER

Kristal yapıları ve sahip oldukları güçlü metalik ilişkileri nedeniyle üstün mekanik özellikler sergileyen metal ve metal alaşımlar biyomateryal alanında büyük bir kullanım imkânına sahiptir. Ortopedik uygulamalarda eklem protezi ve kemik yenileme malzemesi olarak, yüz ve çene cerrahisinde veya kalp-damar cerrahisinde yapay kalp parçaları, kateter, vana, kalp kapakçığı olarak kullanım sahaları mevcuttur. Biyomedikal cihaz teknolojisinde teşhis ve tedavi amaçlı üretilen cihazların metalik kısımları biyomateryal malzemelerden yapılır. Demir, bakır, krom, kobalt, nikel, titanyum, tantal, molibden ve vanadyum gibi metallerin uygun miktarlarda birleştirilmeleri sonucu biyomateryaller üretilir. Biyomedikal alanda en uzun geçmişe sahip olan ve insan vücudunda kullanılmak üzere geliştirilen ilk metal Vanadyum Çeliği'dir. Kemik kırıklarında plaka ve vida olarak kullanılmıştır. 1960'lara kadar kullanılan bu protezler, vücut içerisinde korozyona uğraması ciddi tehlikeler oluşturduğundan sonraları kullanımdan vazgeçilmiştir [10].

Üretimi gerçekleşen biyomateryaller vücuda uyumluluk göstermek zorundadır. Metallerin biyolojik ortama uygunluğu vücut içerisinde korozyona uğramasıyla ilişkilidir. Korozyon, metallerin çevresiyle istenmeyen kimyasal reaksiyona girmesi sonucu oksijen ve hidroksit gibi bileşikler oluşturarak özelliğini kaybetmesi sonucu oluşur. İnsan vücudundaki akışkan, su, çözünmüş oksijen, klorür ve hidroksit gibi iyonlar biyomateryaller açısından oldukça korozif bir ortamdır. Bu ortamlarda bulunan malzemeler korozyon sonucunda zayıflar veya oluşan korozyon ürünler doku içerisindeki hücrelere girerek zarar verir. Ayrıca ortopedik uygulamalarda farklı metaller birbirleri ile temas ettiğinde vücut sıvısı içerisinde galvanik pil oluşur. Bu ortamda bulunan cerrahi paslanmaz çelik tel, kobalt veya titanyum alaşımdan yapılmış femur

parçaya temas ederse galvanik pil oluşur ve galvanik korozyon meydana gelir [3]. Ortopedik malzemelerin kullanılacağı yerler, kişinin ağırlığı, günlük aktivitesi, mekanik özelliği ve mekanik yükler dikkate alınarak seçilir. Canlılar, günlük aktiviteleri sırasında kemiklerde 4 MPa, tendonlarda ise 40–80 MPa değerinde gerilme etkisi gösterir. Kalça eklemine oluşan ortalama yük, vücut ağırlığının 3 katına kadar çıkmaktadır. Sıçrama işlemi esnasında bu değerler vücut ağırlığının 10 katına kadar çıkabiliyor. Günlük aktivite (ayakta durma, koşma, oturma) sırasında vücuttaki gerilmeler gün boyunca tekrarlanır. Bu tekrarlı hareketler biyomalzemelerin yorulmasına, çatlamasına ya da plastik deformasyonuna neden olabilir [6].

Ortopedik malzeme seçiminde, şekil verilebilirlik, üretilebilirlik, kullanım esnasında maruz kalınacak gerilmelere karşı dayanım, biyoyumluluk, toksik etki ve vücut sıvılarının korozif etkileri gibi özellikler dikkate alınır. Kullanılan malzemelerden uzun süreli korozyon dayanımı göstermesi beklenir. Biyomateryaller, korozyon açısından kullanılacak olan yerin biyolojik yapısına uygun seçilmelidir. Bunu sağlayabilmek için vücut sıvılarından alınan numuneler ve buna çok yakın bileşimde hazırlanan çözeltiler kullanılarak biyomateryallerin uygunluk testi yapılmalıdır. Biyomateryal uygulamasına geçmeden önce, kişinin ortopedik malzemelere karşı alerjik yapısı dermatologlar tarafından çeşitli alerji testleri kullanılarak (Patch Testi gibi) araştırılmalıdır. Biyoyumluluk göstermeyen biyomateryaller, implantların ve protezlerin üretiminde kullanılacak olan malzemeler açısından tehlike arz etmektedir. Son yıllarda, biyomalzeme/doku etkileşimleri üzerinde yapılan çalışmalar sayesinde vücudun doğal dokusuyla uyumlu biyomalzemeler geliştirilmiştir [7].

3. BİYOSERAMİKLER

Ateşin keşfinden sonra kil'in seramik çanak çömleğe dönüştürülmesi, insanların göçebe hayat tarzından yerleşik tarımsal yaşama

geçmesinde büyük rol oynamıştır. Seramiklerin insan hayatında oluşturduğu en büyük gelişme, vücudun zarar gören veya işlevini yitiren kısımlarının onarılması, yeniden yapılandırılması veya yerini alması için özel tasarlanmış seramiklerin geliştirilmesi ve kullanılması sonucu gerçekleşmiştir. Özel olarak tasarlanarak üretimi gerçekleştirilen seramiklere biyoseramikler denir. Biyoseramikler, polikristalin yapıları seramik (alümina ve hidroksiapatit), biyoaktif cam, biyoaktif cam seramikler veya biyoaktif kompozitler (polietilen–hidroksiapatit) şeklinde kullanıma hazırlanır. Yüksek yoğunluk ve yüksek saflığa sahip alümina, yüksek dayanımı, korozyon direnci ve iyi biyouyumluluk özelliğinden dolayı, diş implantlarında ve kalça protezlerinde yaygın olarak kullanılır. İri tane yapısına sahip polikristalin alfa-Al₂O₃'ün, 1600-1700°C sinterlenme sıcaklığında alümina elde edilir. Alümina, 20 yılı aşkın süredir ortopedik uygulamalarda kullanılmaktadır. Zirkonya (ZrO₂), kimyasal kararlılık, sertlik ve aşınma dayanımı açısından iyi bir performans gösterir. Zirkonya da, alümina gibi bulunduğu fiziksel ortam üzerinde atıl etki gösterir. Çok daha yüksek çatlama ve bükülme direncine sahip olan zirkonya, uyluk kemiği protezlerin de başarıyla kullanılır. Ancak fizyolojik sıvılar nedeniyle zamanla gerilme direncinin azalması, kaplama özelliklerinin zayıf oluşu ve potansiyel radyoaktif malzemeler içermesi gibi dezavantajları vardır. Zirkonya içerisinde yarılanma ömrü çok uzun olan radyoaktif elementler (uranyum, toryum, vb) bulunur. Bu elementleri yapıdan ayırmak çok zor ve pahalı işlemler gerektirir. Radyoaktivite alfa ve gama etkileşimi olarak ortaya çıkar ve alfa parçacıkları, yüksek iyonlaştırma kapasitesine sahip olduklarından, yumuşak ve sert doku hücrelerini tahrip etme olasılığına sahiptir. Radyoaktivite düzeyi düşük olduğundan bu etkinin uzun süreli sonuçlarının incelenmesi gerekir.

Ozellikler	Alümina	Zirkonya
Elastikiyet Modülü (GPa)	380	190
Eğme Dayanımı	> 0,4	1.0
Sertlik (Mohs)	9.0	6,5
Yoğunluk (g / Cm ³)	3,8 – 3,9	5,95
Tane Boyutu (µm)	4,0	0,6

Tablo 3. Alümine ve Zirkonya'nın mekanik özellikleri [13]

İnorganik malzemelerin önemli bir grubunu oluşturan seramikler, sağlık alanında çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Doku kültür kapları, gözlük camları, teşhis cihazları, termometreler, endoskopide kullanılan fiber optikler, bu uygulamalar arasında sayılabilir. Ayrıca çözünmez gözenekli camlar, enzim, antikor ve antijen taşıyıcı olarak sağlık alanında kullanılır. Seramiklerin mikroorganizmalara, çözücülere, sıcaklığa, pH değişimine ve yüksek basınca gösterdiği direnç uygulama sırasında büyük avantaj sağlıyor. Yapısal işlevlerine göre seramiklerin üç türünden söz edilir.

3.1. Oksit Seramikleri: Bunlar atıl yapıda olan ve oksijen iyonlarının oluşturduğu düzlemde metal iyonlarının dağılması sonucu oluşan polikristalin seramiklerdir.

3.2. Kalsiyum-fosfat seramikleri: Kalsiyum ve fosfat atomlarının çoklu oksitleri şeklindeki yapılarıdır. Bu seramiklerin, ortopedik kaplamalar ve diş implantlarında, yüz kemiklerinde, kulak kemiklerinde, kalça ve diz protezlerinde kemik tozu şeklinde kullanımları mevcuttur. Tüm kalsiyum fosfat seramikleri değişen hızlarda biyolojik bozunmaya uğrarlar.

3.3. Cam ve cam-seramikler: Silika (SiO₂) temelli seramiklerdir. Cam seramikler Lityum/Alüminyum veya Magnezyum/Alüminyum kristaller içeren yapılara sahip camlardır. Biyoseramikler özellikle iskeletteki sert bağ dokusunun tamirinde veya yenilenmesinde kullanılırlar. İlerleyen yaşla ilişkili olarak bu malzemelere olan gereksinimler ortaya çıkmaktadır. Biyoseramiklerin kullanımını sınırlayan en önemli nedenler, bazı klinik uygulamadaki yavaş ilerleyen çatlaklar, yorulma ve değişik

darbe ve basınçlara dayanımlarının tam olarak bilinmemesi sayılabilir.

4. POLİMERİK BİYOMATERYALLER

Biyolojik olarak üretilen ve benzersiz işlevsel özelliklere sahip olan yapılara doğal polimerler denir. Proteinler (kollajen, jelatin, elastin, aktin, vb), polisakkaritler (selüloz, nişasta, dekstran, kitin, vb) ve Polinükleotidler (DNA ve RNA) başlıca doğal polimerlerdendir. Canlı organizmalarında karmaşık yapılarının bulunması yeni ürün sentezlenmesi esnasında zorluklarla karşılaşılmasına neden olur. Sentezleme işleminin zorluğu üretim maliyetlerini yüksektir ve yeter miktarlarda üretim yapılmasını engeller. Nanoteknolojide ve biyomimetik (doğayı taklit eden) malzemelerin sentezlenmesinde anahtar rolü oynayan doğal polimerler kullanılarak lipid tübüller ve protein lateksler gibi biyopolimerik yapıların geliştirilmesi sağlanır. Doğal polimerler, sahip oldukları işlevsel özellikleri sayesinde çok farklı kullanım alanlarına sahiptir. Kalınlaştırıcı, jel yapıcı, bağlayıcı, dağıtma ajanı, kayganlaştırıcı, yapıştırıcı ve biyomateryaller bunlardan sadece birkaçıdır. Fermentasyon ve saflaştırma teknolojileri kullanılarak doğal hammadde temin edilmesi, sentetik polimerlerin yerine doğal polimerlerin tercih edilmesine sebep olur. Vücudun biyolojik ortamında bulunan makromoleküller, benzer veya aynısı olan doğal polimerlerle temas ettiğinde zehir etkisi ve iltihaplanma gibi istenmeyen reaksiyonlar göstermez. Elde edildikleri kaynağa bağlı olarak bileşimlerinin değişmesi, yüksek sıcaklık altında bozunmaları, şekil verilme esnasında karşılaşılan güçlük ve immünojenik (bağışıklık tepkisine yol açma) olmaları önemli dezavantajlarıdır.

Sentetik polimerler, küçük ve tekrarlanabilen yapıların oluşturduğu uzun zincirli moleküllere denir. Sentetik polimerler, yapı taşları olan monomerlerden farklı özellik gösterir. Bu nedenle, kullanılacağı alana yönelik olarak uygun biyomateryal seçimi biyotıp sektöründe dikkatlice yapılmalıdır. Polimer yapısı uzun hidrokarbon zincirine sahip olan monomerler, karbon ve hidrojen atomlarından oluşur.

Kullanımda olan en basit monomer ise etilen'dir. Oluşturduğu polimer ise polietilen olarak adlandırılır. Işık geçirgenliği, sertliği ve kararlı yapısı nedeniyle göz içi lens ve sert kontakt lens üretiminde yaygın olarak kullanılır. Tıbbi uygulamalarda yüksek yoğunluğa sahip olan polietilen tercih edilir. Çünkü alçak yoğunluklu polietilen sterilizasyon (otoklavlama, etilen oksit, Co radyasyonu) esnasında uygulanan sıcaklığına dayanamaz. Polietilenler, tüp formundaki uygulamalarda ve kateterlerde, çok yüksek molekül ağırlıklı olanı ise yapay kalça protez uygulamalarında tercih edilir. Polietilen malzeme sertliğinin iyi olması nedeniyle yağlara karşı dirençlidir. Polipropilen, polietilen'e benzer, fakat ondan daha sert bir yapıya sahiptir. Kimyasal direnci yüksek ve çekme dayanımı oldukça iyi olmasından dolayı, polietilen'nin yer aldığı uygulamalarda polipropilen de rahatlıkla kullanılabilir. Polivinilklorür (PVC) ise kan nakli, diyaliz ve beslenme amaçlı olarak tıbbi uygulamalarda tüp formundaki uygulamalarda kullanılır. Polivinilklorür, sert ve kırılabilir bir malzeme özelliğine sahip olmasına karşın, yapısına plastikleştirici ilavesiyle yumuşak ve esnek hale getirilir. Mükemmel esneklik ve kararlılık sergilemesi nedeniyle parmak eklemleri, kalp kapakçıkları, kan damarları, göğüs implantları, dış kulak, çene ve burun implantları gibi çok sayıda protez uygulamalarında kullanılır. Poliüretanlar, yumuşak ve sert segmentlerden oluşur. Kanla uyuma özellikleri çok iyi olduğundan kalp-damar uygulamalarında tercih edilirler.

Polimerlerin kullanım şekli	Polimerlerin kullanım yeri
Çözelti / Jel	Biyoprotezlerin kaplanması İlaç salınım sistemleri Kozmetik Kozmetik deri defektlerinde enjekte edilebilir Üç boyutlu hücre kültürü
İnce içi boş tüp	Hücre kültür matrisi Sinir hücre rejenerasyonu Tübüler doku malzemesi
Küre / Mikroküre	Hücre kültürü için taşıyıcı İlaç salım sistemi
Membran	Bel kemiği cerrahisi Diyaliz membranı Doku rehberli rejenerasyon Kornea koruyucusu Yara örtü materyali Yamalar
Sünger	Hemosolütik ajan İlaç salım sistemi Üç boyutlu hücre kültürü Yara ve den örtü materyali
Toz / Rijit form	İlaç salım sistemi Kemik dolgu ve onanımı Kemik onanımı

Tablo 3. Doğal polimerlerin kullanım alanları [15]

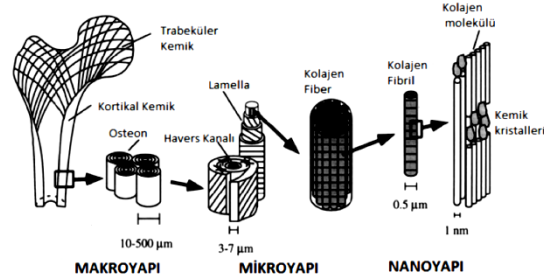
5. NANOTIP NEDİR?

Nanotıp, nanoteknoloji uygulamalarında en çok ilgi çeken, potansiyel kullanım alanı oldukça geniş olan, biyoteknoloji ve biyomedikal alanlardaki gelişmelere bağlı olarak gelişim gösteren bir bilim dalıdır. Gelişimin temel nedenlerinden biri, biyolojik bilgi taşıyan ve çeşitli işlevleri olan protein, DNA gibi yapıların fiziksel boyut bakımından nano ölçeklerde olmasıdır. Diğer bir nedeni ise analizi yapılacak olan biyolojik moleküllerin çok zahmetli işlemlerden sonra sınırlı miktarlarda elde edilebilmesi. Modifikasyon işlemlerinde biyolojik moleküllerin analizinde kullanılan sistemlerin küçük boyutlu olması gerekir. Nanoteknoloji ilk olarak gündeme geldiğinde, biyoloji ve tıp alanlarında ne tür gelişmelerin olabileceği hakkında farklı fikirler vardı. İşte bu fikirler bugün bize nanotıp ve nanorobot teknolojilerinin kapılarını araladı. Nano kelime olarak çok küçük anlamına gelmektedir. Nanotıp ise hastalıkların ve yaralanmaların çok küçük ölçeklerde teşhisi ve tedavi edilmesi olarak tanımlanır. Nanotıp, nanokürelerle ilaç salımından, doku yapılanmasını gerçekleştirecek nanoteknolojik tasarıma dayalı doku iskelelerine, hatta teşhis ve tedavi amaçlı nanorobotlara kadar farklı uygulamaları kapsıyor. Sergiledikleri cazip özellikler sayesinde inorganik ve organik peptit ve protein nanoyapılar tıp, sanayi, teknoloji ve endüstri alanlarında kendine birçok uygulama imkânı bulmuştur. Artmış ilaç çözünürlüğü, parçalanmaya karşı koruma, toksik etkilerin azalması, uzatılmış etki, biyoyararlanımın geliştirilmesi, farmakokinetik ve dağılım özelliklerinin düzenlenmesi, hedefleme (hücre/doku) gibi birçok avantaja sahiptir.

Nanobiyoteknoloji, biyolojik materyallerin, biyomimetik veya biyolojiden ilham alınan, inorganik, organik moleküllerin nanoteknolojik cihazlarda biyolojik işlemlerin kontrol ve görüntüleme amacıyla kullanılması demektir. Nanobiyoteknoloji, materyal ve cihazların fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmek veya geliştirmek amacıyla uygulanan bir bilim dalıdır. Nanoteknoloji moleküler, hücresel ve genetik özelliklerin manipüle edilmesiyle tıptan

tarıma birçok alan için yeni ürün ve hizmetler geliştiren biyoteknoloji bilim dallarının birleşmesi sonucu oluşan, biyolojik sistemleri taklit etmek veya bu sistemlerin elektronik sistemlerle uyumlu çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılan bir bilim dalıdır [5].

Hücrelerden oluşan vücudumuzda, tüm hastalıklar ve fiziksel bozukluklar moleküler düzeyde gerçekleşir. Bu nedenle tıp alanında kullanılan tekniklerin moleküler düzeye inmesi söz konusu değildir. Sağlık alanındaki problemlerin kökten çözümü için nanotıp parlak bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Mikro elektronik teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde, katı malzemelerin ve yüzeylerin biyolojik moleküllerle uyumlu bir şekilde etkileşim içinde bulunması sağlanır. Ayrıca mikro ve nano boyutta kimyasal ve fiziksel özelliklerinin kontrolünü sağlayabilen malzeme üretim süreçlerinin belirlenmesinde de önemli rol oynar.



Şekil 2. Makro yaklaşımdan nano yaklaşıma olan değişim [14]

Nanoteknoloji sayesinde çip-üstü-lab uygulamaları sonucu geliştirilen ürünler her geçen gün artmaktadır. Gen tanımlanması, hastalıkların tespiti ve ilaç geliştirilmesi gibi alanlarda kullanımı olan ve DNA mikroarrayleri olarak bilinen sistemlerin analiz gücünün artırılması yönündeki çalışmalar örnek verilebilir. DNA mikroarrayleri kimyasal olarak aktive edilmiş cam yüzeylere, gen dizilimi bilinen DNA moleküllerinin kontrollü bir şekilde sabitlenmesi sonucu oluşturulur. Oluşturulan bu gen bankaları daha sonra analiz edilecek olan hastalıklı, ilaç yüklenmiş veya gen dizilimi hiç bilinmeyen DNA örnekleriyle reaksiyona sokularak, DNA hibritleşmesi sonucu birçok farklı genetik ve biyolojik bilgi elde etmek mümkün olabiliyor.

Malzeme biliminin ve nanoteknolojinin bu çalışmadaki yeri, DNA moleküllerinin cam yüzeylere uygun formda ve verimli olacak şekilde sabitlenmesi ve bunu artıracak yöntemlerin geliştirilmesi şeklindedir. Nano gözenekli yapısı sayesinde yüzey alanı kontrollü bir şekilde artar ve DNA sabitlenmesine yardım edecek kimyasal gruplarla aktive edilmiş silikat esaslı bir cam üstü kaplama, hem analiz ortamlarında daha dayanıklı olması, hem de DNA sabitleme kapasitesinin yüksek olması nedenleriyle, analiz duyarlılığı daha iyi olan bir seçenek oluşturur. Araştırmacıların özellikle son yıllarda keşfettiği şey, vücudun kendisi gibi nano boyutta bir yapılanmaya sahip olan yüzeylere verdiği cevabın konvansiyonel malzemelere göre çok daha farklı olmasıdır. İmplantın doğal dokuyla bütünleşmesi teknik olarak osseoentegrasyonu sahip olduğu nano boyuttaki modifikasyonlar sayesinde artar.

Tıp alanında cerrahi müdahale ve ilaç tedavisi gibi yöntemler kullanılır. İlaç tedavisi insan vücudunu moleküler düzeyde etkileyen bir tedavi yöntemidir. Dolaşım sistemi üzerinden vücut içerisine alınan ilaç molekülleri, hedeflenmeyen bölgelerde istenmeyen yan etkilere sebep olabilir. Nanorobotlar ise hastalıklı hücreleri tanıma özelliğine sahip olduğundan bu hücreler nerede olursa olsun bulup onları yok ederler. Kanseri hastalığında ilacın doğru hedefe ulaştırılması, kanserli hücrelerin tümünün yok edilmesi ve bu arada sağlıklı hücrelerin zarar görmemesi açısından önem taşımaktadır. Monoklonal antikorlar, kanser ilaçlarına tutturularak ilacın tümöre hedeflendirilmesi işlemini sağlar. Hastalıkların teşhisinde, tedavisinde, saflaştırma ve ilaç hedefleme işlemlerinde kullanılır. Monoklonal antikorlar, vücuda giren yabancı maddeyi tanıyıp onu zararsız hale getirmek üzere üretilen ve her antijenin yüzeyindeki belirleyicilerden yalnız bir tanesine hedeflenerek kilitlenen büyük protein molekülleridir. İşte bu yaklaşımlar nedeniyle tıp dünyası, süregelen tedavi yöntemlerini bir kenara bırakacak olan nanoteknolojik tıbbi gelişmeleri dört gözle beklemektedir.

6. NANOTIP ALANINDA KULLANILAN SİSTEMLER

6.1. Nanoküreler: İlaç salan sistemlerin en büyük problemi, ilacın vücudun istenilen bölgesine ulaştırılması sırasında yaşanan zorluklardır. Nanoküreler, damara enjekte edildikten sonra genellikle karaciğer veya dalakta parçalanır. Deri altına enjekte edilmeleri sonucu ise makrofajlar (virüs ve bakteri gibi vücuda giren yabancı maddeleri yok etmekle görevli hücreler) tarafından parçalanmaları nedeniyle görevlerini yerine getiremezler. Bağışıklık sistemi hücrelerinin (makrofajların) etkisinden korunmak için ilaç yüklü nanoküreler biyoyumlu bir polimer ile kaplanır. Biyolojik dokularla kaplama malzemesi arasındaki etkileşimi anlamak bağışıklık sistemleri açısından çok önemlidir. Bu nedenle biyolojik deneyler ve bilgisayar modelleri yardımıyla ilacın istenilen hedefe yollanmasını sağlayacak şekilde araştırmalar yapılmaktadır. Saklama sırasında iyi bir stabilite ve uzun yarılanma ömrü sergilemeleri nanokürelerin hedef organ veya dokulara yönelmelerini sağlar. Nanoküreler, ilacın polimer matrikste çözündüğü, hapsediği, enkapsüle olduğu, kimyasal olarak bağlandığı ya da adsorbe olduğu, matriks tipi, katı, koloidal partiküllerdir. İlaç içeren nanoküreler, gönderilmek istenilen bölgeyle ilişkili olarak 20-100 nanometre boyutunda olup oldukça polidispers yapıya sahiptirler [9].

6.2. Nanorobotlar: Nanorobotlar çok küçük boyutlarda olan ve insan vücudunu patojenlere (hastalık yapıcılar) karşı etkili bir şekilde savunmak amacıyla tasarlanan cihazlardır. Nanorobotların yapısı, iç ve dış olmak üzere iki bölüm halinde tasarlanır. Dış yapı, vücudumuzda bulunan çok çeşitli kimyasal sıvılarla temas edebilecek kadar dayanıklıdır. İç yapısı ise tamamen kapalı ve gerekmedikçe sıvı geçişine izin vermeyen bir vakum ortamıdır. Nanorobotlar, akustik sinyaller aracılığıyla mesaj ileterek uzman doktorla iletişime geçebilir ve verilen komutları yerine getirebilir. Görevini tamamladığında, herhangi bir yan etkiye sebep olmadan veya bozulmadan vücut dışına atılır. 1-10 MHz aralığındaki ses dalgaları sayesinde akustik

mesajlar yollanarak kontrol edilebilecek olan nanorobotların fagosite edilmesini önlemek, kısa süreli immün süpresyon ile mümkün olmaktadır [11].

Nanorobotların kullanım alanları içerisinde kozmetik ürünleri örnek verebiliriz. Nanorobot içeren kozmetik kremler, ciltteki tüm ölü hücreleri temizleyebilir, fazla yağları alabilir ve hatta cildin beslenmesi için gerekli olan maddeyi takviye yapabilir. Nanorobotlar, ağız ve diş temizliğinde kullandığımız antiseptik sıvılara eklenebilir, ağızda bulunan hastalık yapıcı bakterileri ortadan kaldırabilir ve plak ve tartarları saptayarak oluşumlarını engelleyebilir.

Kullanım ömürleri kısa olan bu nanocihazlar, biyolojik ortamlarda parçalanabilecek şekilde tasarlanan yapıları sayesinde, zararlı yan ürünler oluşturmadan, bozularak vücuttan atılabilir.

Teknolojideki gelişmeler sayesinde, nanorobot uygulamaları hayata geçirilmektedir. Nanorobot konusu incelendiğinde araştırmaların henüz başlangıç aşamasında olduğu görülür. Bu teknolojinin vaadettiği gelişmeler her geçen gün artmaktadır. Araştırma aşamasında olan bu robotların ileride cerrahların yerini alabileceği düşünülmektedir.

6.3. Biyosensörler: Biyosensörler (biyoalgılayıcılar), bünyesinde biyolojik bir duyurgacı bulunan ve bir fizikokimyasal çeviriciyle birleştirilmiş analitik cihazlar olarak tanımlanmakta. Biyosensörün amacı, analitin (analiz edilecek madde) miktarıyla orantılı olarak elektrik sinyali üretmektir. Biyosensörler üç temel bileşenden oluşur. Bunlar; seçici tanıma mekanizmasına sahip biyomolekül/biyoajan, bu biyoajanın incelenen maddeyle etkileşmesi sonucu oluşan fizikokimyasal sinyalleri elektronik sinyallere dönüştürebilen çevirici ve elektronik bölümler. Genel olarak biyoajanlar, biyoafinite ajanları ve biyokatalitik ajanlar şeklinde iki alt gruba ayrılırlar. Biyoafinite ajanları olan antikolar, hormon almaçları, DNA, lektin gibi moleküller antijenlerin, hormonların, DNA parçacıklarının

ve glikoproteinlerin moleküler tanımlanmasında kullanılıyorlar. Biyokatalitik ajanlarsa, analit üzerinde moleküler değişime neden olmakta ve bu dönüşüm sonucu ortamda azalan veya artan madde miktarı takip edilerek sonuca gidilmekte. Biyosensörlerin, klinik, teşhis, tıbbi uygulamalar, süreç denetleme, biyoreaktörler, kalite kontrol, tarım ve veterinerlik, bakteriyel ve viral teşhis, ilaç üretimi, endüstriyel atık su denetimi, madencilik, askeri savunma sanayi gibi alanlarda yaygın olarak kullanım alanına sahiptir. Kısa sürede sonuca ulaştırması ve uygulama kolaylığı sağlaması biyosensörlerin en önemli avantajlarından [8].

Biyosensörlerin, biyolojik tanıma ajanının bulunduğu tanıyıcı tabaka dışında, en önemli ikinci kısmı da Çevirici (Transducer) bölümüdür. Çeviriciler, biyoajan-analit etkileşmesi sonucu gerçekleşen fizikokimyasal sinyali elektrik sinyaline dönüştürür, daha sonra bu sinyali güçlendirerek okunabilir ve kaydedilebilir bir şekle getirilmesini sağlar. Bu küçük boyutlu olan değişimi en sağlıklı, doğru ve orantılı olarak yansıtan çevirici, en ideal bir şekilde değerlendirme işlemi gerçekleştirir. Ancak, bir tepkime için ideal olan çeviricinin bir başka tip tepkime için uygun olmayabileceği göz ardı edilmemelidir. Biyosensör araştırmaları, analit çeşidini zenginleştirme ve daha düşük derişimlerde ölçüm yönünde ilerlerken, çeviricilerin de daha yüksek, güçlendirilmiş bir sinyal oluşturmak için araştırmalar yoğun bir şekilde sürmektedir.

6.4. Biyoçipler: Biyoçipler, biyolojik olarak kullanılabilen mikroişlemciler olarak tanımlanırlar. Bir biyoçip, ultraminyatürize test tüpleri seti olarak algılanabilir. Bu sistem pek çok testin aynı anda ve hızlı bir biçimde yapılabilmesine imkân sağlar. Tipik olarak bir biyoçipin yüzey alanı bir tırnak büyüklüğünden fazla değildir. Biyoçip binlerce biyolojik tepkimeyi saniyeler içerisinde gerçekleştirebilir. Bilgisayar çipleri fotolitografi tekniği kullanılarak üretilirler. Bu teknik ile katı yüzeyler üzerinde birçok devre kanalları açılır. Biyoçip, biyokimyasal tepkimeler gerçekleştirir. Biyoçip cam veya gözenekli bir

jel veya bir polimer malzeme içerisinde olabilir. Biyoçipler istenilen bir işlevi gerçekleştirmek için tasarlanmış cihazlar ve farklı işlevler için programlanma gibi bir özellikleri yok.

Son dönemde heyecan verici gelişmelere sahne olan biyoçip teknolojisi görme ve işitme duyusunu yitirmiş insanlara bu kayıp yetilerini tekrar kazanmaları için parlak bir umut vaat ediyor. Ancak benzer şekilde implante edilmesi olası kimlik biyoçipleri bazı çevrelerde özgürlüklerin kısıtlanması ve insan haklarına saldırı olarak nitelendirilmekte.

7. Sonuç

Biyomateryallerde gelecek için hedefleri vermeden önce geçmişe ve bugüne bir göz atalım. Geçmişte, bir doku hasar gördüğü veya işlevini yitirdiğinde çözüm, bu dokunun uzaklaştırılması şeklindeydi. Ancak sonraları yeni antiseptiklerin, penisilin ve diğer antibiyotiklerin keşfi, hijyenin sağlanması ve aşılamalara bağlı olarak, farklı uygulama alanları gelişti. Bu durumda, hasarlı dokunun yerine sağlamların yerleştirilmesi önem kazandı. Transplantasyonda (nakil), hastanın kendi dokusu, başka bir insandan veya hayvandan alınan dokuların kullanımı söz konusudur. İmplantların (yerleştirme) ömürleri sınırlıdır. Dokulara biyoaktif olarak sabitlenmesi durumunda ortopedik protezlerin ömrü uzar. Doku yapısının yeniden inşası, doku işlevinin, metabolik ve biyokimyasal davranışların ve biyomekanik performansın yeniden kazanılmasını içeriyor. Biyomateryallerin doku yenilenmesinden farklı yöndeki geleceği ise nanoteknolojiye dayalı uygulamalar. Bu teknolojinin ürünü olarak geliştirilecek nanorobotların bakteri ve virüs enfeksiyonlarını tedavi etmesi, kanser hücrelerini saptayıp yok etmesi, dolaşım sistemindeki zararlı maddeleri temizlemesi, biyoaktif cam jeller, kalsiyum oksitfosfor pentaoksit-silisyum dioksit bileşimine sahip inorganik malzemeler kemik dokusu yenilenmesinde kullanılması, hasarlı dokulara oksijen sağlanması ve çeşitli hastalıkların izlenmesi ve teşhisinde kullanımı hedefleniyor. Bu nedenle, doku yenilenmesi,

biyoloji, genetik mühendisliği, hücre ve doku mühendisliği, görüntüleme teknikleri ve teşhis, mikro-optik ve mikro-mekanik cerrahideki ilerlemelerin ışığında gerçekleşecek. Gözenekli, inorganik-organik hibrid malzemelerden, kontrol edilebilir hızlarda bozunabilen, kontrol edilebilir yüzey özelliklerine sahip doku iskeleleri hazırlanarak doku yenilenmesi sağlanabilir. inorganik ve organik bölümlerin miktarı değiştirilerek, malzeme üzerindeki hücre üremesi ve farklılaşması kontrol edilebilir.

Sonuç olarak biyomühendislik uygulaması olan biyomateryal bilimi biyolojik yapılar ile uyumlu malzemeler üreterek hayat şartlarımızı ve yaşadığımız dünya'yı daha yaşanabilir hale getirme çabasıdır diyebiliriz. Gelecek için biyomateryal konusundaki araştırmalar, vücudun kendini yenileme kapasitesini kullanacak veya artıracak yöne kaymalı ki doğal dokuların yeniden yapılmasını sağlayacak biyomateryaller geliştirilebilsin.

Kaynak

1. Chunxiang C, BaoMin H, Lichen Z, Shuangjin L. "Titanium alloy production technology, market prospects and industry development", *Materials and Design*, 2011: 32, 1684–1691.
2. Cömert, Z.Y. Cömert, I. Bakkaloğlu, A. Toz metalurjisinde kullanılan biyomalzemeler, 11th International Materials Symposium, 2004: 161-165.
3. Corces, A. *Metallic alloys, Medicine Instant Access to the Minds of Medicine, Section 1 of 11*, 2004.
4. Enderle, J.D. Blanchard, M.S. Bronzino, D.J. *Introduction To Biomedical Engineering*, 2012.
5. Fakruddin, M., Hossain, Z., Afroz, H., *Prospects and Applications of*

- Nanobiotechnology: a Medical Perspective, Journal of Nanobiotechnology, 2012: 10, 31
6. Gümüşderelioğlu, M. Tıbbın geleceği biyomalzemeler Bilim ve Teknik Dergisi 2002.
 7. Güven, Ş.Y., Çetin, H., 2007, " Metalik Biyomalzemeler ve İmplantlar", S.D.Ü. 15. Yıl Mühendislik Mimarlık Sempozyumu", 14-16 Kasım, SDÜ, 1989: 175-181
 8. Gooding JJ, Analytica Chimica Acta, 559 2006: 37
 9. Letchford K, Burt H. A review of the formation and classification of amphiphilic block copolymer nanoparticulate structures: micelles, nanospheres, nanocapsules and polymersomes. Eur J Pharm Biopharm 2007: 65:259-269.
 10. Park, J.B. Kim, Y.K. Metallic Biomaterials, The Biomedical Engineering Handbook, Second Edition. CRC Press LLC, 2000.
 11. Şenel F. Nanotıp. Bilim ve Teknik. Nisan 2009:79-83
 12. <http://www.frmtr.com/biyoloji/1002705-biyomalzeme-bilimi.html> (28.04.2017).
 13. <http://www.scribd.com/doc/25023282/Biyoseramik-Malzemeler> (28.04.2017).
 14. http://www.nanott.hacettepe.edu.tr/nanobulten/13/nanobulten13_lr.pdf (28.04.2017).
 15. <http://kimyaca.com/biyouyumlu-polimerik-malzemeler/> (28.04.2017).
 16. <http://documents.tips/documents/biyomateriyaller-ve-kullanim-alanlari-bitirme-tezi.html> (28.04.2017).