




Nanotıp Alanında Kullanılan Sistemler

Systems Used in the Field of Nanomedicine

Zülfü Tüylek¹ 

¹İnönü Üniversitesi Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Biyomedikal Cihaz Teknolojisi, Malatya, Turkey

ABSTRACT

Nanotechnology is production and investigation of miniaturized materials that could be seen by the human eye beyond and working on techniques to exploit them. Growing interest in the future medical applications of nanotechnology is leading to the emergence of a new scientific field that called as nanomedicine. This technology has great potential to provide medical diagnosis, monitor treatment and help in the development of new tools for infectious disease prevention and/or management. The results of these studies are called nanomedicine. Nanomedicine may be defined as the investigating, treating, reconstructing and controlling human biology and health at the molecular level, using engineered nanodevices and nanostructures. This multidisciplinary science, medical and biomedical applications, environmental pollution control, cosmetics, optics, textile, electronics and so on are used.

In this study, nanotechnology and nanomedicine fields are examined. Nanomaterials, nanostructures and nanosystems are the most popular and innovative approaches for medical applications. Clearly nanotechnology, has revolutionized medical diagnosis and treatment, and unprecedented methods and opportunities have come to the forefront.

Keywords: Biochips, biosensor, nanospheres, nanorobotics, nanomedicine.

ÖZET

Nanoteknoloji, insan gözünün görebileceğinin çok ötesinde minyatür materyallerin üretilmesi, araştırılması ve bunlardan yararlanmak için teknikler üzerinde çalışılmasıdır. Nanoteknolojinin geleceğe yönelik tıbbi uygulamalarına artan ilgi, nanotıp olarak adlandırılan yeni bir bilimsel alanın ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu teknoloji, tıbbi teşhis sağlamak, tedavinin izlenmesinde ve bulaşıcı hastalıklardan korunma ve/veya yönetiminde yeni araçlar geliştirilmesine yardımcı olmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmaların sonucuna nanotıp denir. Nanotıp, insan biyolojisi ve sağlığının moleküler seviyede, nanoaygıtlar ve nano yapılar kullanılarak araştırılması, işlenmesi, yeniden oluşturulması ve kontrol edilmesi olarak tanımlanabilir. Bu multidisipliner bilim dalı, tıbbi ve biyomedikal uygulamalar, çevre kirliliği kontrolü, kozmetik, optik, tekstil, elektronik vb. gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, nanoteknoloji ve nanotıp alanları incelenmiştir. Nanomalzemeler, nano yapılar ve nanosistemler, tıbbi uygulamalar için en popüler ve yenilikçi yaklaşımlardır. Açıkçası nanoteknoloji, tıp alanında teşhis ve tedavide devrim yarattı ve daha önce benzeri görülmemiş yöntem ve fırsatları ön plana çıkardı.

Anahtar Kelimeler: Biyoçip, biyosensör, nanoküre, nanorobot, nanotıp.

Giriş

Nanoteknoloji, ekolojik sistemin temel sorunlarını ele alan, nanocihazlarla objeleri moleküler seviyede inceleyen ve artan nüfusa bağlı olarak kendini hissettiren sorunların çözümünde diğer bilim dalları ile birlikte çalışan, bir bilim dalıdır. Bu multidisipliner bilim dalı, tıp ve biyomedikal uygulamalarda, çevre dostu nanomateryal üretiminde, çevre kirliliğinin kontrolünde, kozmetik, optik, tekstil, elektronik gibi birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. İnsan vücudundaki biyolojik yapılar nano boyutta olduğundan, nanopartikül ve nanomateryaller doğal engelleri kolayca aşarak hayati moleküllere, hücre içi organlara, dokulara, hücrelere ve organizmaya ulaşabilirler. Nano boyutlu yapıların yüzey özellikleri, materyallerin kullanımı açısından önemlidir. Materyallere farklı yüzey modifikasyon yöntemi uygulanarak fonksiyonel hale getirildiğinde, biyoyumumluluk özelliği artmaktadır. Günümüzde üretilen biyoyumlu nanomateryaller, nanocihazlar ve nanosistemler incelendiğinde medikal uygulamalar için popüler ve yenilikçi yaklaşımlar içerdiği görülmektedir¹.



Nanoteknoloji, maddenin atomik ve moleküler düzeyde yönlendirilmesi sonucu özelliklerinin değiştirilmesi yoluyla elde edilen yeni yapıların oluşturulması şeklinde tanımlanır. Nanoteknoloji kullanılarak elde edilen materyaller 1-100 nanometre (nm) boyut aralığındaki yapılardır. Yeni materyaller elde etmek için bu aralıkta çalışma yapılması gerekir². Nanoteknoloji, çeşitli disiplinler arasında birçok köklü değişiklikler oluşturan bir bilim dalıdır. En önemli uygulamalarından birisi sağlık alanında karşımıza çıkmaktadır. Nanoteknolojik araştırmalar sayesinde elde edilen tıbbi cihazlar, veri ve uygulamaları genişletmek ve geliştirmek amacıyla kullanıldığında sonuçlara ulaşmak kolaylaşmaktadır. Geliştirilen nano görüntüleme ve teşhis cihazları sayesinde, hastalıkların erken teşhis edilmesi ve kişiselleştirilmiş tedavi yöntemlerinin kolay uygulanabilir olması sağlanmaktadır. Yapılan bu çalışmalar nanotıp olarak karşımıza çıkmaktadır. Nanotıp, patolojik süreçlerin erken saptanması, önlem alınması ve hedefe yönelik tedavilerde tıbbi amaçlar için, doğal ya da sentetik nano ölçekli materyallerin, kimyasal, fiziksel, elektriksel, optik ve biyolojik özelliklerinden yararlanılması sonucu ortaya çıkmıştır³. Sağlık alanında kullanılmak üzere geliştirilen nanoteknolojik yapılar, canlı vücudundaki biyolojik bariyerleri aşarak tanı, tedavi, hastalık ve tedavi yanıtlarının takibinin kolaylaştırmaktadır. Günümüzde malzeme ve biyoteknoloji alanında nanoteknolojinin kullanılmasıyla önemli gelişmelerin yaşanacağı kanısı yaygın bir düşünce olarak karşımıza çıkmaktadır. Nanoteknoloji ve nanotıp birlikteliği sayesinde nükleer tıp teknikleri ile tek foton emisyon tomografi (SPECT, SPECT/BT) ve pozitron emisyon tomografi (PET, PET/BT) görüntüleme, tedavi ve yeni nanopartiküler ilaç taşıyıcı sistemlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir⁴.

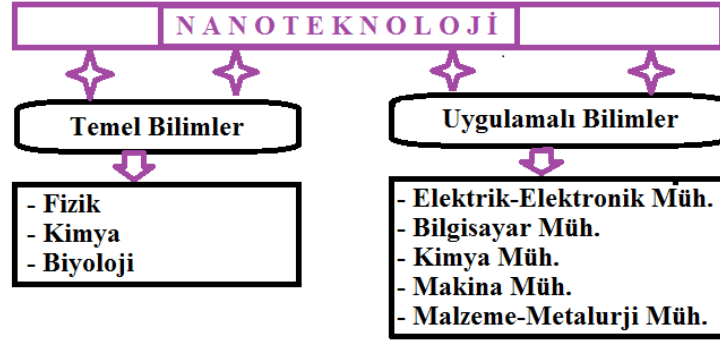
Bu çalışmada nanoteknoloji, nanotıp uygulamaları ve bu uygulamalarda kullanılan sistemler üzerinde durulmaktadır. Klinik uygulamalara yansıyan nanoteknolojik gelişmeler ve gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan uygulamalar ele alınacaktır. Nanobiyoteknoloji ve nanotıp alanında kullanılan yeni tedavi yöntemleri üzerinde durulacaktır.

Nanoteknoloji

Nanoteknoloji sayesinde gerçekleştirilen yenilikler ve değişimler arttıkça önemi daha iyi anlaşılacaktır. Nanoteknoloji gelecek nesiller için teknolojik bir devrim niteliği taşımaktadır. Cüce anlamına gelen nano, teknik açıdan bir ölçü birimidir. Tanımlanan bu nanoölçeğin, Uluslararası Birimler Sistemindeki karşılığı nanometre olarak ifade edilir. Bu tanımlar bir araya getirildiğinde ise bir nanometrenin (nm) metrenin milyarda birine karşılık geldiği görülür. Bilimsel olarak ise ölçülen fiziksel büyüklüğün milyarda biri olarak ifade edilir⁵. Amerikan Foresight Enstitüsü; maddenin yapısının, kullanışlı ve kendine özgü bir özelliğe sahip yeni malzeme ve cihazlar üretmek amacıyla kontrol edilmesi ve geliştirilmesine yönelik bir grup teknoloji olarak tanımlamaktadır⁶. Atom ya da moleküller tek tek alınarak hassas bir şekilde birleştirilmektedir. Birleştirme işlemleri nanoboyutlarda gerçekleşmektedir. Elde edilen nanoürünler, 1-100 nanometre boyutlardaki yapıların işlevsel olarak tasarlanıp üretilmesi sonucu ortaya çıkar. Atom ve moleküllerin dizilişleri üzerinde yapılan değişiklikler sayesinde materyaller nanoboyuta indirgenmiş böylece farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kazandırılmıştır. Araştırmacıların var olanı bulma ya da geliştirme çabaları, atom ve moleküler yapılar üzerinde çalışmalar yapmalarına neden olmuştur. Önce doğadaki mevcut sistemlerin atomik dizilişleri incelenmiştir. Doğada bulunan sistemlerin kendisinde zaten nano yapılar mevcuttur. Nanoteknolojik çalışmalarda elde edilen yapılar, doğanın kısmen ya da mümkün olduğu ölçüde tamamen taklit edilmesi sayesinde gerçekleşir. Nanoteknolojik çalışmalar, doğadaki atomik dizilim ilkesini taklit etme üzerine kurulan bir çalışmadır⁷. Nanoteknolojinin gelişimi esnasında birçok temel ve uygulamalı bilimler bir araya gelmektedir. Farklı bilim dallarının bir arada kullanılmasıyla yediğimiz gıda ürünlerinden giydiğimiz kıyafetlere, kullandığımız ilaçlardan bilgisayarlarımızın gücüne, kullandığımız otomobillerden yaşadığımız evlere kadar hayatımızın her noktası etkilenecektir. Kısacası nanoteknolojiden etkilenmeyen bir endüstri kolunu düşünmek neredeyse imkânsızdır. Şekil 1'de nanoteknolojide kullanılan temel ve uygulamalı bilimler görülmektedir.

Nanoteknoloji kullanılarak üretilmiş çeşitli ürünler günlük hayatımızda kullanılır hale gelmiştir. Bu ürünler içinde kir tutmayan duvar boyaları küvet ve lavabolar, kirlenmeyen ıslanmayan ve ütü gerektirmeyen kumaşlar, bakteri ve mikropları öldüren filtreler ve çeşitli yüzeyler, el ve yüz kremleri, tenis raketleri ve tenis topları mantar ve bakterileri öldüren çoraplar gibi birçok eşya yer almaktadır. Ancak tüm gelişen teknolojilerde olduğu gibi, uzun dönemde ekolojik sisteme olan potansiyel riskler söz konusu olabilir. Burada unutulmaması gereken önemli nokta hiçbir madde yalnızca nano olduğu için diğer madde ya da kimyasal

ürünlerden daha riskli hale gelmiyor. Mühendislik ürünü nano malzemeler ya da nanoteknolojilerin gıdalarda kullanımı söz konusu olduğunda güvenli kullanım için yetkili kurumlar tarafından gerekli değerlendirmelerin yapılması ve onay verilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Yeni gelişen teknoloji olması nedeniyle üretilen nano malzemelerle ilgili bilgi eksikliği bulunmaktadır. Nanoteknolojide nano malzemelerin üretimi, tüketimi ve ekolojik çevreye etkisi gibi konuların güvenliği değerlendirilerek çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir. Nanoteknolojinin diğer alanlardaki kullanımına ilişkin konular, ulusal ve uluslararası seviyelerde dikkatle incelenmelidir.



Şekil.1. Nanoteknoloji alanında kullanılan temel ve uygulamalı bilimler.

Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Alanları

Nanoteknoloji sayesinde malzemelerin atomik ve moleküler boyutlardan başlanarak yeniden inşa edilmesi sonucu daha sağlam ve hafif ürünler elde edilmektedir. Elde edilen bu ürünlerin daha düşük hata seviyeleri ve eşsiz dayanıklılığı sayesinde hali hazırda kullanılan birçok ürünle kıyaslandığında devrimsel nitelikte yenilikler taşıdığı görülmektedir. Bu nedenle günümüzde kullanılan birçok geleneksel ürün yerini nano ürünlere bırakmıştır. Bu gelişmeleri sağlayan etmenleri şu şekilde sıralamak mümkün olacaktır.

- Kullanımda olan tıbbi cihazların fiziki boyutlarını küçültmek
- Kullanımda olan tıbbi malzemelerin yüzey/hacim oranını büyütürük yüzey etkisini arttırmak
- Biyolojik nesnelerin inorganik nanoyapılar içine konması sonucu çeşitli algılayıcılar ve işlevli nanoyapılar oluşturmak
- Elde edilen küçük boyutlu yapılarda yeni özellikler ortaya çıkarmak
- Fizik kanunlarını nanoyapılarda doğrudan tespit edebilmek

Yapılan nanoteknolojik araştırmalar, nano ölçekli yapıların analizi, fiziksel özelliklerinin araştırılması ve anlaşılması, nano boyutlu malzeme üretimi, nano duyarlılıkta cihazların geliştirilmesi, nano ve makro dünya arasında bağlantı kurulmasını sağlayacak yöntemlerin bulunarak geliştirilmesi gibi konuları kapsamaktadır. Elektronik ve yarı iletken teknolojilerinden biyosensörlere, nanotüplerden nanoboyutta boyama işlemlerine, mikro cerrahiden nano robotlara kadar birçok uygulaması bulunmaktadır. Günümüzde nanoteknoloji uygulamaları üç alanda toplanmaktadır. Bunlar, endüstriyel alan, tıp ve sağlık alanı ve bilimsel araştırmalardır. Endüstriyel alanda mikromakineler, mikropompalar, mikrosensörlerin geliştirilmesi, nanoboyutlu kaplamalar, nanoboyutlu elemanlar arasındaki bağlantılar, çip ve CD üretimi gibi sektörler üzerinde çalışılmaktadır.

Nanoteknoloji tıp ve sağlık alanında yaşayan sistemlere moleküler düzeyde müdahale etme imkânı sunabilir. Hastalığın bulunduğu ya da yayıldığı bölgelere ilaç hedefleyerek insan vücudu içinde hareket edebilme imkânı sağlayan cihazların potansiyel uygulamaları bulunmaktadır. Mikro-nano cerrahi, tanısal kitler, hücre, doku ve moleküler hasar tespiti ve onarımı, biyosensörler, nanopartikül yapıları içeren yarı iletkenleri kullanarak antikör ve DNA dedektörleri geliştirme, bu sistemler kullanılarak kan analizlerindeki birçok patojenik ve hasarlı yapıları belirleme, gen tedavisi, ilaç hedeflenmesi ve salınımı gibi uygulamalar bulunmaktadır⁸. Yüzey

karakterizasyonu ve modifikasyonu, nano-litografi, yüzey işlemleri, akıllı moleküllerin geliştirilmesi, atom ve moleküllerin istenilen bölgeye taşınması ya da önce ayrılarak sonra tekrar birleştirilmesi, DNA modifikasyonu, mikroorganizmaların taşınması gibi uygulamalar nanoteknolojide yeni araştırma konuları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu gelişmeler nanoteknolojideki uygulamaların artmasını beraberinde getirmektedir. Nanoteknolojinin gelişimine paralel olarak gerçekleştirilen bazı uygulamalar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo.1. Nanoteknoloji uygulama alanları

	UYGULAMA ALANLARI
N A N O T E K N O L O J İ	<ul style="list-style-type: none"> • Elektronik devre tasarımı (Biyosensör, biyoçip) • Nano elektronik (Nano robot ve nano ölçekli ilaç taşıyıcı sistemler) • Bilgisayar teknolojileri (Manyetik kayıt uygulamaları) • Havacılık araştırmaları (Uçak, helikopter) • Uzay araştırmaları (Uzay istasyonları) • Malzeme ve imalat (Polimerler, fiberler) • Sağlık sektörü (Mikro-nano cerrahi, nanotıp) • Tekstil (Su tutmaz, yanmaz, kırılmaz kumaşlar) • Çevre (Ekolojik sistem) • Enerji sektörü (Enerji üretimi, nakli, tüketimi ve depolanması) • Biyoteknoloji ve tarım (Zirai ilaçlar, gübreler, tohumlar) • Savunma (Askeri giysiler, nükleer savunma sistemler, zehirli biyolojik ve kimyasal gazlar) • Otomotiv sektörü (Küçük boyutlu, güçlü, hafif, uzun ömürlü motor) • İnşaat (Çimento, beton, çelik, kendini temizleyen boya)

Nanoteknoloji, genellikle genel amaçlı bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü nanoteknoloji gerçekleştiği zaman neredeyse bütün sektörler ile toplumun her alanı önemli ölçüde etkilenmektedir. Daha iyi yapılmış, daha uzun süre dayanan, daha temiz, güvenli ve akıllı ürünleri evde, iletişimde, tıpta, ulaşımda, tarım ve endüstrinin her alanında kullanabileceğimiz günler pekte uzak olmasa gerek.

Nanotıp

Bilimin tüm alanlarında kullanılan nanoteknolojinin tıptaki uygulamaları da oldukça geniştir. Genişliğin boyutları ise hayal gücümüzle sınırlıdır. Çünkü her geçen gün yeni gelişmeler karşımıza çıkmaktadır. Örneğin nanobiyosensörler sayesinde hastalıkları görebilme, görüntüleme, nanodiyagnostik, nano-fototermoliz, tedavi gibi tüm alanlarda kullanılabileceği öngörülmektedir. Sağlık alanındaki bu araştırmalar nanotıp olarak karşımıza çıkmaktadır. Nanoteknoloji uygulamalarında en çok ilgi çeken, potansiyel kullanım alanı oldukça geniş, biyoteknoloji ve biyomedikal alanlardaki gelişmelere bağlı olarak gelişim gösteren bir daldır. Gelişim göstermesinin temel nedeni, biyolojik bilgi taşıyan ya da çeşitli işlevleri olan protein ve DNA gibi yapıların fiziksel boyut bakımından nano ölçeklerde olmasıdır. Ayrıca analizi yapılan biyolojik moleküller, zahmetli işlemlerden sonra sınırlı miktarlarda elde edilmektedir. Tanı, tedavi, hastalık ve travmatik yaralanmaların önlenmesi, insan sağlığının korunması ve uygulamaların geliştirilmesi, vücudun moleküler bilgileri, moleküler cihazların kullanılması gibi konular nanotıp kapsamına girmektedir⁹.

Biyolojik moleküllerin analizinde kullanılan sistemlerin küçük boyutlu olması gerekmektedir. Nanoteknoloji ilk gündeme geldiğinde, biyoloji ve tıp alanlarında ne tür gelişmelerin yaşanacağı hakkında farklı fikirler vardı. Bugün bu fikirler, nanotıp ve nanorobot teknolojilerin kapılarını araladı. Nanotıp, nanokürelerle ilaç salımından, doku yapılanmasını gerçekleştirecek nanoteknolojik tasarıma dayalı doku iskelelerine, hatta

teşhis ve tedavi amaçlı nanorobotlara kadar farklı uygulamaları kapsamaktadır. Sergiledikleri cazip özellikler sayesinde inorganik ve organik peptit ve protein nanoyapılar tıp, sanayi, teknoloji ve endüstri gibi alanlarda uygulama imkânı bulmaktadır. Artmış ilaç çözünürlüğü, parçalanmaya karşı koruma, toksik etkilerin azalması, uzatılmış etki, biyoyararlanımın geliştirilmesi, farmakokinetik ve dağılım özelliklerinin düzenlenmesi, hedefleme (hücre/doku) gibi avantajlar sağlamaktadır. Birçok nanotıp uygulama alanı Tablo 2' de verilmektedir.

Tablo.2. Nanotıp uygulama alanları

	UYGULAMA ALANLARI
N A N O T I P	<ul style="list-style-type: none"> • Yapay (Sentetik) bağlanma alanları • Yapay (Sentetik) enzimler ve enzim kontrolü • Biyoteknoloji ve biyrobotikler • BioMEMS (Biyo Mikro Elektro Mekanik Sistemler) • DNA dizimi, manipülasyonu ve tanısı • Hücre içi cihazlar • Hücre uyarımı ve tanısı • İlaç salınımı • Nanomateryaller • Nanoporlar • Nanorobotlar • Nanoterapötikler • Sentetik biyoloji ve nano cihazlar • Tanısal cihazlar, çipler, sensörler • Yüzeylerin kontrolü

Nanobiyoteknoloji, biyolojik materyallerin, biyomimetik ya da biyolojiden esinlenerek, inorganik, organik moleküllerin nanoteknolojik cihazlarda biyolojik işlemlerin kontrolü ve görüntülenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu yapılar nano ölçekte gerçekleştiğinde nanobiyoteknoloji olarak adlandırılmaktadır. Materyal ve cihazların fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmek ya da geliştirmek amacıyla nanoboyutlarda uygulanan işlemleri kapsamaktadır. Nanoteknoloji moleküler, hüresel ve genetik özelliklerin manipüle edilmesiyle tıptan tarıma birçok alanda yeni ürün ve hizmet geliştiren biyoteknoloji bilim dallarının birleşmesi sonucu oluşan, biyolojik sistemleri taklit eden sistemlerin elektronik sistemlerle uyumlu çalışmasını sağlayan yapılarıdır¹⁰.

Nanotıp Alanında Kullanılan Sistemler

Nanotıp, nanoteknolojik yöntemlerle biyoteknolojinin birlikte uygulanması sonucunda gelişmektedir. Moleküler biyoloji alanındaki bilgi birikimi, uygulanan nanoteknolojik yöntemler ve yeni araştırma alanları nanobiyoteknoloji'nin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Nanoteknolojinin tıp alanında uygulanması sayesinde canlı sistemler taklit edilmeye başlanmıştır. Amaç hücrelerin ihtiyacını belirleyen, temin eden, zararlı maddeleri ortadan kaldıran, kendini yenileyen teknolojik ya da robotik ürünler geliştirmektir. Örneğin insanı tehlikelere karşı savunan bağışıklık sisteminin önemli elemanlarından biri olan immünglobülin yapısında bulunan antikorlar 15–50 nm büyüklüğüne sahiptir. Fonksiyonları 15–50 nm düzeyinde belirlenmiş ürünlerin geliştirilmesi sayesinde teşhis ve tedavi alanları önemli uygulama imkânlarına kavuşacaktır¹¹. Organizma içerisinde ilaç taşıyıcı sistemlerin hastalıklı hedef hücrelere bağlanıp taşıdığı etken maddeyi

aktarması, her türlü tedavi edici mekanizmaları düzenleyen ve bu sistemleri geliştiren teşhis amacıyla üretilen, biyoçip, biyosensör, nanoküre ve nanorobot uygulamaları tıp alanında kullanılan nanoteknolojik sistemlerdir.

Nanoküreler

Nanoteknoloji ilk defa ifade edildiğinde, nanokürelerin yan etkisi olmadan hastalığın teşhis ve tedavisinde kullanılabileceği düşüncesi yaygınlaşmaya başlamıştır. Ar-ge çalışmaları sayesinde birçok uygulama güvenle kullanılmaya başlanmıştır. İlaç salınımı sırasında, biyobozunur polimerik nanopartiküller üzerine yapılan çalışmaların son yıllarda yoğunlaştığı görülmektedir. Kürelerin biyoyumluluğu sayesinde ilaç salınımının arttığı gözlenmektedir. Araştırmacılar, nanokürelerin hazırlanma yöntemine bağlı olarak yüzey ve salınım özelliklerinin değiştiğini ifade etmektedir. Nanokürelere ilacın hapsedilmesi, takılması ya da adsorbe edilmesi gibi yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir¹².

Nanoyapılar sayesinde etken maddelerin taşınmasını ya da hedeflendirilmesini sağlayan sistemler nanokapsül ve nanoküre olarak adlandırılır. Nanoyapı uygulamaları içerisinde ilaç taşıyıcı sistemler önemli bir yere sahiptir. İlaç taşıyıcı sistemlerin en büyük problemi, hedeflenen bölgeye ulaştırılması sırasında yaşanmaktadır. Nanoküreler, damara enjekte edildiğinde genellikle karaciğer ya da dalakta parçalanır. Nanoküreler kullanılarak ilaç salınımı gerçekleştirildiğinde, bu kürelerin adeta süzgeç gibi çalışan lenfatik sisteme katılarak metabolizmadan uzaklaşacağı, böylece önemli organ olan karaciğerin korunması mümkün olacaktır¹³. Deri altına enjekte edildiğinde makrofajlar (virüs ve bakteri gibi vücuda giren yabancı maddeleri yok etmekle görevli hücreler) tarafından parçalanır. Bunun sonucunda görevlerini yerine getiremezler. İlaç yüklü nanoküreleri makrofajlarının etkisinden korumak için biyoyumlu polimer kaplanmaktadır. Bağışıklık sistemi açısından biyolojik dokularla biyoyumlu polimer etkileşimi çok önemlidir. Farklı nanoküre modelleriyle ilacın istenilen hedefe yönlendirilmesini sağlayacak araştırmalar yapılmaktadır. Nanokürelerin, bağışıklık sisteminde saklanmaları esnasında iyi bir stabilite ve uzun yarılanma ömrü sergilemeleri istenmektedir. Böylece hedef organ ya da dokulara yönelme imkanı sağlanır. Nanoküreler, ilacın polimer matrikste çözündüğü, hapsediği, enkapsüle olduğu, kimyasal olarak bağlandığı ya da adsorbe olduğu, matriks tipi, katı, kolloidal partiküllerdir. İlaç içeren nanoküreler, gönderilmek istenilen bölgeyle ilişkili olarak 20-100 nm boyutunda oldukça polidispers yapıya sahiptirler¹⁴. İlaç taşıyıcı sistemlerin en büyük problemi ilacın vücutta hedeflenen bölgeye ulaştırılması esnasında yaşanmaktadır. Tedavi amacıyla üretilmiş nanoilaçlar bağışıklık sistemini nasıl aşacak, kendini yenilerse ne olacak gibi sorular, endişeleri de beraberinde getirmektedir.

Nanoteknoloji sayesinde tıp dünyasının hayatımıza farklı boyut kazandıracığı kesindir. Örneğin sahnî ve arkadaşları bellek bozukluğu, sözcük erişim kaybı, mekansal ve zamansal uyum bozukluğu gibi rahatsızlıklara sebep olan alzheimer hastalığının nörodejeneratif hastalık olarak yaygınlaşması üzerine, nanopartiküller içerisindeki ilaç salınımının etkileri üzerine birçok araştırmalar yapmışlardır. Günümüzde nanopartiküller üzerine olan çalışmaların giderek yaygınlaşacağı beklenmektedir¹⁵.

Nanorobotlar

Bilinmeze ulaşma duygusu ile hareket eden insanlar, bir yandan uzayı keşfederek büyük gezegenlere ya da yıldızlara gidebilmenin yollarını ararken diğer taraftan küçük moleküllere karşı inanılmaz merak duymaktadır. Endüstriyel uygulamalarda elde edilen ürünler yetmezmiş gibi bir de nanoboyutlarda robotlar üreterek gözle görülemeyen varlıkları incelemektedir. Bu araştırmaları yapmaya yönlendiren itici güç meraktır. Merakımızın en büyük ürünü ise sorduğumuz sorulardır. Bilimin ilerlemesi için her şeyden önce iyi soru sormak gerekir. Bazen yeni bir soru yepyeni bir bilim alanı olarak ortaya çıkabilir. Diğer bilim dalları gibi nanoteknolojide bu şekilde ortaya çıkmıştır. Çok yönlü olan nanoteknolojinin en önemli ürünlerinden biri nanorobotlardır. Araştırmacılar, geliştirilmiş moleküler tasarım yazılımlar sayesinde, çeşitli moleküler düzeyde taşıma yapabilecek nanoyapılar geliştirmişlerdir. Bu küçük cihazlar, başka bir cihaza bağlanmadan mikroskopik düzeyde kendi kendine çalışabilen cihazlardır. Molekül boyutunda bir şeyler inşa edebilir ya da moleküllerin yapısını değiştirebilirler. Nanorobot sistemi tasarlandığında, kuantum moleküler dinamiğinden kinematik analize kadar birçok bilim dalına ihtiyaç duyulur. Tasarlanma esnasında takip edilmesi gereken kurallar kullanılacak materyale göre değişiklik gösterir. Örneğin elmas şeklinde bileşenlere sahip tıbbî bir nanorobotun temel yapısında tercih edilecek element karbon olacaktır. Hidrojen, sülfür, oksijen, nitrojen, silikon gibi hafif elementler ise daha çok nanoölçekli bileşen üretiminde kullanılacaktır¹⁶.

Sağlık alanında kullanılan robotların, değiştirmek ve oluşturmak gibi temel iki işlevi bulunmaktadır. Yeni teknoloji olmasına rağmen, mikroskobik küçük robotlar (nano boyutlu) için önerilen kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde üzerinde en çok araştırmanın yapıldığı alan nanotıp alanıdır. Çünkü nanorobotlar biyolojik sistemlerin içine rahatlıkla girebilecek küçük boyutlara sahiptir. Önceden programlanmış işlevleri yerine getirebilen ve dışarıdan kumanda edilebilen yapılardır. Bu özellikler sayesinde hastalıkların belirlenmesi ve ilaç hedefleme işlemleri kolaylıkla yerine getirilmektedir.

Nanorobotların tasarlanması önce sanal ortamlarda gerçekleştirilir. Bilgisayar ortamında elde edilen grafikler sayesinde nano parçacıklar üzerinde rahatlıkla düzenleme yapılabilmektedir. Uygun kullanıma sahip bir nano robot geliştirmenin en kolay yolu, nano parçacıkların düzgün bir şekilde analiz edilerek tasarımının gerçekleştirilmesidir. Nanorobotlarda nanobilgisayarlar önemli bir kullanıma sahiptir. Bilgisayarlar yapılan işlemlerin kontrol edilerek görüntülenmesinde kullanılmaktadır¹⁷.

Sağlık alanında kullanılan bütün robotların nanoölçek düzeyinde olduğunu düşünelim. Bu robotların enjeksiyon yolu ile damar içerisine girmesini, glukoz ve O₂ 'yi yakıt olarak kullanabilmesini temin edelim. Sonuç olarak hastalıkların yok edilmesini sağlayalım. Görev tamamladığında herhangi bir yan etkiye sebep olmadan ya da bozulmadan vücut dışına çıkmasını sağlayalım. Hastalıkla mücadele eden hastaların bu uygulamalar karşısındaki düşünceleri ne olurdu acaba. Hastalıklar, sağlıklı ve hasta olan kişilerin korkulu rüyası olmaktan çıkardır.

Hastalıkların iyileştirilmesinde kullanılan ilaç taşıyıcı sistemler dışarıdan yönlendirme sayesinde hedeflenen bölgeye ulaştırılmaktadır. Bu yönlendirme esnasında frekans aralığı 1-10 MHz olan ses dalgaları kullanılır. Bu sistem sayesinde ilaç taşıyıcı sistemlere dışarıdan mesajlar yollanır. Böylece sistemin uzaktan kontrol edilmesi sağlanır. Uygulamalarda kullanılan nanorobotların fagosite edilmesi önlenir. Nanorobotlarda bu işlem kısa süreli immün süpresyon sayesinde mümkün olmaktadır. Günümüzde tıp alanındaki uygulamalarda yaygın kullanılması için araştırmalar yapılmaktadır. Deney aşamasındaki robot uygulamaları geliştirildiğinde ileride cerrahların yerini alabilecek seviyeye geleceklerdir.

Nanorobotların yapısı, iç ve dış olmak üzere iki kısımda oluşmaktadır. Dış yapısı, vücudumuzda bulunan birçok kimyasal sıvıyla temas edebilecek dayanıma sahiptir. İç yapısı ise tamamen kapalı ve gerekmedikçe sıvı geçişine izin vermeyen bir vakum yaklaşımı sergiler¹⁸. Örneğin günümüzde kullanılan kozmetik ürünlerde nanorobot uygulamalarına sıkça rastlanmaktadır. Nanorobot içeren kozmetik kremler, ciltteki tüm ölü hücreleri temizleyebilir, fazla yağları alabilir ya da cildin beslenmesi için gerekli olan maddeyi sağlayabilir. Nanorobotlar, ağız ve diş temizliğinde kullanıldığında antiseptik sıvılara eklenebilir, ağızda bulunan zararlı bakterileri yok edebilir, plak ve tartar oluşumunu engelleyebilir. Kullanım ömürleri kısa olan nanocihazlar, biyolojik ortamlarda parçalanabilecek şekilde tasarlanır. Zararlı yan ürünler oluşturmadan bozularak vücut dışına atılabilir.

Nanotıp alanındaki önemli gelişmelerden biri de laboratuvar ortamında oluşturulan respirositlerdir. Canlı dokulardaki eritrositleri taklit eden bu hücreler nanorobot olarak adlandırılır. Respirositler sayesinde 15 dakika nefes almadan koşulabilir ve su altında nefes almadan 4 saat kalınabilir. Nanoteknolojinin bilim dünyasına kazandırdığı bu kahramanlar henüz vücudumuzun içinde dolaşım mikropolarla savaşacak kadar zeki olmasa da tıp dünyasında büyük heyecan uyandırmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar küçük robotların boylarından çok daha büyük işler başaracağını göstermektedir. Yakın zamanda çok daha fazla hayatımıza girmesi beklenen bu robotlar sayesinde gelecek nesiller cerrahi operasyonlar için bile doktora gitmek zorunda kalmayabilirler. Nanoelektronik, fotolitografi (gelişmiş bir tür baskı yöntemi) ve yeni biyomateryallerin ortak kullanılması, cerrahi aletlerle çalışma ve ilaç tanı ve dağıtımı gibi birçok alanda yaygın medikal uygulamaları mevcuttur¹⁹.

Biyosensörler

Biyosensörlerde, ilk olarak yarı iletken özelliğe sahip karbon nanotüp yapılarının kullanılması sonucu birçok nanotıp uygulaması gerçekleştirilmiştir. Karbon nanotüp yapıya sahip biyosensörlerin mikroelektronik bileşenlerle ortaklaşa kullanılması sayesinde biyolojik sistem içerisinde gerçekleşen elektriksel ya da elektrokimyasal sinyal büyüklüklerinin belirlenmesi ve görüntülenmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerin gerçekleşmesi aşamasında devreye nanoteknoloji girmektedir. Yapılan nanoteknolojik araştırmalar

sayesinde, özgül nükleik asit dizilerinin tanınması kolaylaşmaktadır. Bu araştırmalar sağlık alanında yeni bir çığır açacak niteliktedir. Bu çalışmalar sayesinde günümüzde ulaşılamayan biyolojik örneklerde ekspresyon analiz yöntem ve teknikleri ve daha birçok genetik fonksiyonel analiz uygulamaları yapılabilir hale gelecektir²⁰.

Gelişen teknolojiler sayesinde elde edilen biyosensörler kullanılmaya başlandığında, kişiye özel yüksek ölçekli analizlerin yapılması mümkün olacaktır. Kişiye özgü yapılan yeni tanı testleri sayesinde kişiselleştirilmiş tıp uygulamaları ortaya çıkacak ve yaygınlaşacaktır. Modern tıp son sürat gelişimine devam ederken, genetik ve nanoteknoloji düzeyindeki ilerlemeler farklı bir boyut kazanacaktır. Tedavi ve hastalıkların tanısı konusunda devrim yaratacak kişiselleştirilmiş tıp uygulamaları, yakın gelecekte sıkça duyacağımız kavramlar arasında olacaktır. Günümüzde gerçekleştirilen kişiselleştirilmiş tıp uygulamalarında aşılması gereken birçok sorun olduğu bilinmektedir. Araştırmacılar, kişiselleştirilmiş tıp alanındaki uygulamalarda gelişimin oldukça hızlı gerçekleşeceği ve önümüzdeki yıllarda tıp dünyasında en çok konuşulan konular arasında yer alacağı düşüncesi içerisinde dir.

Araştırmacılar, gen haritalama yöntemini kullanarak genomda bulunun mutasyonları önceden tespit etmek ve kişiye uygun tedavi yöntemini bulmak için yoğun çalışmalar yapmaktadırlar. Büyük ölçüde başarıya ulaşılan bu çalışmalar sayesinde birçok hastalığın potansiyel taşıyıcılığı önceden tespit edilebilmektedir. Kişiselleştirilmiş tıp uygulamaları ilacın yanında yardımcı teşhis testi olarak yapıldığında yanlış hastalık teşhislerinin önemli ölçüde azalacağı düşüncesiyle hareket edilmektedir. Söz konusu bu testler sayesinde farklılaştırılmış ilaçların üretilmesi gerçekleşecektir. Böylece hastalıkların tedavisinde çok daha etkin ve hızlı sonuç alınabilecektir. Ayrıca uzman doktorların kişisel tercihlerine göre ilaç yazmalarının önüne geçilecektir. Bu uygulamaların hayata geçmesi için biyoteknoloji, genombilim, farmakogenomik, biyoinformatik, klinik bilimler gibi birçok alanda özgün ar-ge faaliyetleri yoğun bir şekilde devam etmektedir²¹.

Biyosensörler (biyoalgılayıcılar), biyolojik bir algılayıcıya sahip olan ve bir fizikokimyasal çevirici bulunan çözümleyici cihazlar şeklinde tanımlanır. Kullanım amacındaki neden ise analiz edilecek madde (analit) miktarıyla orantılı elektrik sinyali üretmektir. Üç temel bileşenin bir araya gelmesiyle oluşturulmaktadır. Seçici tanıma mekanizmasına sahip biyoajan, biyoajanın analit ile etkileşmesi sonucu ortaya çıkan fizikokimyasal sinyalleri elektronik sinyallere dönüştüren çevirici (transdüser) ve elektronik bölümlerdir.

Biyoajanlar, biyoaffinite ajanlar ve biyokatalitik ajanlar olarak iki gruba ayrılır. Biyoaffinite ajan olan antikorlar, DNA, lektin gibi moleküller antijenlerin, hormonların, DNA parçacıklarının ve glikoproteinlerin moleküler tanımlanmasında kullanılmaktadır. Biyokatalitik ajanlar analit üzerinde moleküler değişime neden olduğundan ortamda azalan ya da artan madde miktarı takip edilebilmektedir. Biyosensörlerin analitik performansını geliştirmek amacıyla altın nanoparçacıklar kullanılmaktadır. Altın nanoparçacıklar, enzimlerin aktif merkezleri ile elektrotlar arasındaki elektron akışını artırmaktadır. Biyosensörlerde kullanılan zararlı mediyatörlerin yerini alabilecek yapıya sahiptirler. Biyosensörlerin, klinik teşhis, tıbbi uygulamalar, süreç denetleme, biyoreaktörler, tarım, bakteriyel ve viral teşhis, ilaç üretimi, endüstriyel atık su denetimi, madencilik, askeri savunma sanayi gibi birçok alanda yaygın kullanımı mevcuttur. Kısa sürede sonuca ulaşması ve uygulama kolaylığı sağlaması en önemli özelliğidir²².

Biyosensörlerin, biyolojik tanıma ajanının bulunduğu tanyıcı tabaka dışında, en önemli ikinci kısmı da Çevirici (Transducer) bölümüdür. Çeviriciler, biyoajan - analit etkileşmesi sayesinde gerçekleşen fizikokimyasal sinyali elektrik sinyaline dönüştürür. Daha sonra bu sinyali güçlendirerek okunabilir ve kaydedilebilir bir şekle getirir. Küçük boyutlu olan bu değişimi en sağlıklı, doğru ve orantılı olacak şekilde yansıtan çevirici, en ideal bir şekilde değerlendirme işlemini gerçekleştirir. Ancak, bir tepkime için ideal olan çeviricinin başka tip tepkimede uygun olmayabileceği göz ardı edilmemelidir.

Son kısım ise elektronik bölümdür. Elde edilen verilerin uygun bir şekilde dışarıya aktarılmasını sağlar. Elde edilen veriler hakkında bilgiler burada görüntülenir. Biyosensör araştırmaları, analit çeşidini zenginleştirme ve daha düşük derişimlerde ölçüm yönünde ilerlerken, çeviricilerin de daha yüksek, güçlendirilmiş bir sinyal oluşturmaları için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda duyarlık, seçicilik, yapım kolaylığı ve ucuzluğu gibi performans kriterleri temel alınarak daha gelişmiş biyosensör tasarımları yapılmaktadır. Biyosensörlerin performans kriterlerini artırmak amacıyla nanomalzemelerden faydalanılır²³.

Biyočipler

Biyočipler, biyolojik uygulamalarda kullanılabilen mikroışlemcilerdir. Biyoçip yapılar incelendiğinde, ultraminyatürize test tüpleri seti şeklinde de tanımlanmaktadır. Bu sistem sayesinde aynı anda ve hızlı bir şekilde birçok test yapılabilir. Biyoçipin yüzey alanı incelendiğinde en fazla bir tırnak büyüklüğüne sahip olduğu görülmektedir. Biyoçiplerin aynı anda binlerce biyolojik tepkimeyi sonuçlandırabilme özelliği vardır. Bu işlemleri saniyeler içerisinde gerçekleştirebilme performansına sahiptirler.

Biyočipler fotolitografi tekniği kullanılarak üretilir. Bu teknik sayesinde katı yüzey üzerinde birçok devre kanalı açılır. Bu devrelerin birlikte kullanılmaları sonucu biyoçip yapılar elde edilir. Biyoçiplerin çalışması sonucu biyokimyasal tepkimeler gerçekleşmektedir. Biyoçip yapılar cam, gözenekli jel ve bir polimerin birlikte kullanımı sayesinde oluşmaktadır. Biyoçipler istenilen biyolojik bir işlevi gerçekleştirmek amacıyla tasarlanmış elektronik cihazlardır. Farklı işlevler gerçekleştirmek üzere programlanabilme özelliğine sahiptir.

Günümüzde biyosensör alanında heyecan verici gelişmeler yaşanmaktadır. Örneğin görme ve işitme duyusunu yitirmiş insanlara kayıp yetilerini tekrar kazanmaları amacıyla umut ışığı olmaktadır. Biyoçip alanı tıptaki en önemli gelişmelerden biridir. Günümüzde kullanılan elektroforezler ve jel hazırlama kitleri gibi birçok uygulamanın kullanımı azalacak, onun yerine analizlerin çoğunluğu biyoçip teknolojisi sayesinde gerçekleşecektir²⁴.

Biyomedikal teknolojisinin önemli bir çalışma alanı ise teşhis ve tedavi amaçlı malzeme üretimidir. Farklı uygulamalarda kullanılan ilaçlar, aşular, büyüme faktörleri, hormonlar, proteinler, oligopeptidler, oligonükleotidler gibi birçok maddeler üretilmektedir. Bu maddelerin modern biyoteknoloji teknikleri kullanılarak sentezi ya da üretimi yapılmaktadır. Polimerler başta olmak üzere, metaller ve alaşımlar, özel seramikler, karbon ve bunların kompozitlerinden oluşan biyomateryaller üretimde kullanılmaktadır. Yapay organlar, sert ve yumuşak doku protezleri, teşhis ve tedavi amaçlı birçok aygıt/cihaz yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sağlık sektöründe dikkat çeken diğer bir alt grup ise, tanı kitleridir. Hastaneler, klinikler, üniversiteler ve laboratuvarlarda geniş kullanım alanına sahiptirler. Ayrıca kişisel olarak kullanılan birçok tanı kiti uygulaması mevcuttur. Biyoçip teknolojisi, çoklu tanının aynı anda yapılmasına imkân sağlar. Biyomedikal teknolojisinde genomiks ve proteomiks bu alanda hızla gelişen uygulamalardandır. Bu uygulamalar sağlık alanında önemli role sahiptir. Bu amaca yönelik uygun kullanıma sahip biyoçipler geliştirilmektedir.

Biyočipler, biyolojik analizlerde incelenmek istenen, nükleotid yapıların dizilmiş olduğu küçük ölçekli katı destek yüzeylerdir. Günümüzde bu şekildeki yapılar, kullanıldıkları moleküle göre isimlendirilir. Örnek olarak DNA ya da RNA çipler gösterilebilir²⁵. Biyoçip teknolojisinin temeli genellikle moleküler biyolojide DNA havuzlarındaki sıraların genetik olarak benzerliklerini ölçmek amacıyla yönelik olarak kullanılan tekniğine dayanır. Bu teknikle hazırlanan gen dizisinde (prob) araştırmak istenilen örnekte (DNA, RNA veya protein) tamamlayıcı varlıkların bulunup bulunması esasına göre gerçekleşir. Bu durum özellikle laboratuvar ortamları açısından sakıncalar içermektedir. Çünkü çip üreticisi olan firmaya karşı bağımlı hale gelmelerine neden olmaktadır.

Göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli problem ise hatalı pozitif ve hatalı negatif sonuçlar. Bu konularla ilgili sorunların tamamen çözüme kavuşturulması gerekmektedir. Bu eksikliğin daha iyi düzenlenen biyoçip kombinasyonları sayesinde çözüme kavuşturulacağı düşüncesiyle çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde moleküler biyoloji ve genetik laboratuvarlarda, southern blot (DNA'nın incelenmesine yönelik metod), northern blot (RNA'nın incelenmesine yönelik metod) ve western blot (Protein inceleme metodu) gibi yöntemler aynı prensiple çalışmaktadır²⁶. İşaretlenen DNA, RNA ya da proteinlerin biyoçip üzerindeki gen dizisiyle hibritleşmesi sayesinde gerçekleşen sinyaller bilgisayarlardaki özel programlar sayesinde değerlendirilirler. Böylece gen dizideki mutasyon, genin kendini ifade etmesi sayesinde gerçekleşir²⁷. Örneğin DNA ya da RNA çiplere protein çiplerinde değişik antikolar yüklenildiğinde farklı antijenlerin nitelikleri eksiksiz olarak tanımlanabilir.

Biyočipler, kullanılan materyal türüne göre adlandırılır. Birçok farklı teknik kullanılması sayesinde üretimleri gerçekleştirilir. Günümüzde bu amaçla en sık kullanılan metod RNA ya tamamlayıcı olarak hazırlanan DNA moleküllerinin robotlar yardımıyla belirlenen konumda olacak şekilde katı yüzey üzerinde (cam, naylon

hibridizasyon kâğıdı gibi) kimyasal bir şekilde işlenmesini sağlayan yöntemlerdir. Bunun dışında komplementer DNA molekülleri yerine oligonükleotidlerin kullanıldığı uygulamalarda mevcuttur. Örneğin oligonükleotidler dolaysız bir biçimde çip üzerine sentez edilmektedir. Kullanılan bu metodda aynı gen için çok sayıda oligonükleotid kullanılması, sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi ve yapılan testin güvenilirliği açısından önem arz etmektedir. Klinik testlerin gerçekleştirilmesi, temel biyolojik araştırmalar, hastalığa neden olan gen mutasyonları, hastalıkta etkin mikroorganizmaların genomunun bulunmasını sağlayarak kesin tanı konması gibi birçok alan öne çıkmaktadır²⁸.

Bu amaçla biyoçip üretiminde ileri mikrofabrikasyon yöntemleri kullanılır. Cam, silikon ya da polimer üzerine mikrokanallar oluşturulur. Oluşturulan bu mikrokanallar sayesinde çip içerisinde sıvıların hareketi, karıştırılması ve işleme tabi tutulması gibi işlevler gerçekleştirilir. Biyoçip içerisine yerleştirilen elektronik mekanizmalar sayesinde analitik ölçüm işlemleri gerçekleştirilir. Bu uygulamaların yanında optik metodlar kullanılarak çip üzerinde gerçekleşen olaylar gözlenir ve ölçüm sonuçları elde edilir. Biyoçipler sayesinde kimyasal ayrıştırma işlemleri yani elektroforez ve kromatografi gibi işlemler yapılabilir. Ayrıca klinik analizleri, DNA analizleri, proteinlerle ilgili analizler, kimyasal maddelerin sentezi ve analizi, zehirli maddelerin ya da organizmaların tespiti gibi birçok işlem içinde kullanılmaktadır. Hastalık genlerinin haritalanması, yeni genlerin bulunması, bilinen bir genin dizi analizinin yapılması, gen ekspresyon düzeyinin belirlenmesi ve genlerin moleküler profilinin ortaya çıkarılması gibi çalışmalar bu teknoloji sayesinde kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu teknolojinin yaygın kullanılmasıyla hastalıklara yakınlıkta önemli olan gen polimorfizmlerin bulunması, hastalık tablosunun ilerleme evresinde etkilenen genlerin aktivitesinin düzenlenmesi ve daha etkili tedavi yöntemlerinin kullanılması gibi uygulamalarda daha etkin rol alacaktır²⁹. Ayrıca farmakoloji ve toksikoloji alanında gen düzeyinde ürünün açığa çıkarılması, genetik hastalık taraması, halk sağlığında koruma, ilk tanı evresinde tıbbi tanı gibi birçok uygulama kolayca yapılabilecektir.

Floresans ya da radyoaktiviteyle işaretlenen solüsyon içindeki DNA, RNA ve proteinlerin çip üzerindeki problemlerin hibridize olması sonucu elde edilen sinyal bilgisayar programı tarafından değerlendirilir. Bunun yanında belli bir dizideki mutasyon, farklı birçok genin ekspresyon düzeyi veya solüsyonda herhangi bir mikroorganizmaya ait DNA'nın olup olmadığı rahatlıkla tespit edilebilir³⁰.

Sonuç

Nanoteknoloji, atom ölçeğinde ve bu ölçeğin bazı temel özelliklerinden faydalanarak, özel yöntem ve tekniklerle, materyallerin, araçların ve yapıların inşa edilmesi olarak ifade edilir. Doğanın en küçük yapı taşları olan atomları kullanarak elde edilen bilimsel ve teknolojik gelişmeleri niteler. Tıp alanında ise hücrenin ihtiyacının belirlenerek temin edilmesini sağlayan, istenmeyen durumları ortadan kaldıran, kendisini yenileyen ve doğadaki canlı yapıları taklit eden teknolojik ürünler olarak karşımıza çıkar. Nanoteknoloji canlı sistemlere moleküler düzeyde müdahale etme imkânı sunar. Canlı organizmalar ile etkileşime geçebilen küçük boyutlu yapılardır. Kullanılan birçok yeni teşhis ve tedavi yöntemleri nano boyutlu olarak geliştirilmektedir.

Günümüzde nanoteknolojinin önemli kullanım alanlarından birisi hiç şüphesiz tıp alanıdır. Yapılan çalışmalar sonucu gelişen nanotıp sayesinde, yakın gelecekte hastalıklar hücre düzeyinde saptanabilecektir. Yakın gelecekte tüm tıp uygulamaları değişime uğrayacak böylece toplumun hem koruyucu hem de tedavi edici sağlık hizmetleriyle ilgili beklentileri karşılanmış olacaktır. Aklımızın ve hayalimizin sınırlarını zorlayan yenilikler yakın gelecekte mikrobiyolojik tanı alanında vazgeçilmez uygulamalar arasında yerini alacaktır. Sağlık alanındaki uygulamalarında hayal bile edemeyeceğimiz gelişmeler yaşanacaktır. Bu teknolojiyi adapte olmaya çalışırken alt yapının doğru oluşturulmasına ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle teknolojiye yatırım yapılması, teknolojiyi kullanacak uzman personel yetiştirilmesi ve gelişen teknolojiye yönelik sürekli eğitimler verilmesine ihtiyaç duyulacaktır. Çünkü gelecekte sağlık alanında çok sayıda nanoküre, nanorobot, biyosensör, biyoçip teşhis ve tedavi amaçlı olarak kullanılmaya başlanacaktır. Bu sistemlerin, hastalıkların yok edilmesi için damarlarımızda dolaşması hayal olmaktan çıkmıştır. Yakın gelecekte nanoteknoloji ve nanotıp alanlarında önemli gelişmelerin yaşanması kaçınılmazdır.

Kaynaklar

1. Sağlam N, Emul E. Nanotıpta Yeni Gelişmeler, In: TOTTEK Ortopedi ve Travmatoloji Temel Bilimler ve Araştırma Kitabı. Ed: Feza Korkusuz: 17-10. Ankara, 2016.

2. Hong H, Zhang Y, Sun J et al. Molecular imaging and therapy of cancer with radiolabeled nanoparticles. *Nano Today*. 2009;4:399-6.
3. Tartis M. Nanotechnology in nuclear medicine. The University of New Mexico Health Sciences Center College of Pharmacy is accredited by the Accreditation Council for Pharmacy Education as a provider of continuing pharmacy education. Program No. 039-000-09-147-H04-P 3.0. Initial release date: 4/8/2009.
4. Silindir M, Erdoğan S, Ozer AY et al. Liposomes and their applications in molecular imaging. *J Drug Target*. 2012;20:401-16.
5. Berker N. Bilim ve teknoloji haberleri, *Bilim ve Teknik Dergisi*. 2009;11.
6. Ramsden J. *Essentials of nanotechnology*: Book Boon. 2009.
7. Gök H. Fiziksel tıp ve rehabilitasyon uzmanlarının nanoteknolojiden beklentileri, *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*. 2007;53:13-22.
8. Tejal S, Dharmesh P, Jayshukh H, Avani FA. Nanosuspensions as a drug delivery system: A comprehensive review. *Drug Deliv Tech*. 2007;7:42-13.
9. Mastrangelo C. DNA analysis systems on a chip, *Adv. Sci. Technol*. 1999;26:465-13.
10. Fakruddin M, Hossain Z, Afroz H. Prospects and applications of nanobiotechnology: a medical perspective, *Journal of nanobiotechnology*. 2012;10:31.
11. Jolles S, Sewell WAC, Misbah SA. Clinical uses of intravenous immunoglobulin, *Clinical and Experimental Immunology*. 2005;142:1-13.
12. Behera AL, Patil SV, Sahoo SK. Nanosizing of drugs: A promising approach for drug Delivery, *Der Pharmacia Sinica*. 2010;1:20-10.
13. Hussain N, Jaitley V, Florence AT. Recent advances in the understanding of uptake of microparticulates across the gastrointestinal lymphatics, *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2001;50:107-37.
14. 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;65:259-9.
15. Sahni JK, Doggui S, Ali J, Baboota S, Dao L, Ramassamy C. Neurotherapeutic applications of nanoparticles in Alzheimer's disease, *Journal of Controlled Release*. 2011;152:208-25.
16. Abhilash M. Nanorobots, *International Journal of Pharma and Bio Science*. 2010.
17. Cavalcanti A, Shirinzadeh B, Zhang M. & Kretly LC. Nanorobot Hardwar Architecture for Medical Defense. *Sensors*. 2008;8:2932-28.
18. Şenel F. Nanotıp. *Bilim ve Teknik*. 2009;79-6.
19. Venkatesan M, Jolad B. Nanorobots in cancer treatment, *Emerging Trends in Robotics and Communication Technologies*. 2010;258-8.
20. Bange A, Halsall BH, Heinemann WR. Review: Microfluidic immunosensor systems. *Biosens. Bioelectron*. 2005;20:2488-17.
21. Baskın Y. Tıpta teknolojik gelişimin neden olduğu kavram değişimleri: Kişiselleştirilmiş tıp. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*. 2007;64:54-7.
22. Huang M, Shao Y, Sun X, Chen H, Liu B, Dong S. Alternate assemblies of platinum nanoparticles and metalloporphyrins as tunable electrocatalysts for dioxygen reduction, *Langmuir*. 2005;21:323.
23. Gooding JJ. Biosensor technology for detecting biological warfare agents: Recent progress and future trends, *Analytica Chimica Acta*. 2006;559:137-16.
24. Cheng J, Sheldon EL, Wu L, Uribe A, Gerrue LO, Carrino J, Heller MJ ve O'Connell JP. Preparation and hybridization analysis of DNA/RNA from *E. coli* on microfabricated bioelectronic chips, *Nature biotechnology*. 1998;16:541-7.
25. Rudert F. Genomics and proteomics tools for the clinic, *Current opinion in molecular therapeutics*. 2000;2:633-11.
26. Choi S. DNA Chips and Microarray Analysis, *Handbook of fungal biotechnology*. Marcel Dekker, Inc. (D. Arora, Ed). 2004.
27. Vo-Dinh T. DNA Chips: technology and applications, *Clinical Laboratory International*. 2001;45:12-5.
28. Gerhold D, Rushmore T, Caskey CT. DNA chips: promising toys have become powerful tools, *Trends in biochemical sciences*. 1999;24:168-7.
29. Sassanfar S, Walker G. DNA Microarray Technology. What Is It and How Is It Useful, MIT, *Biology Science Outreach*. 2003.
30. Lucchini S, Thompson A, Hinton JCD. Microarrays for microbiologists, *Microbiology*. 2001;147:1403-13.

Correspondence Address / Yazışma Adresi

Zülfü Tüylek
 İnönü Üniversitesi
 Elektronik ve Otomasyon Bölümü
 Biyomedikal Cihaz Teknolojisi
 Malatya, Turkey
 e-mail: zulfu.tuylek@inonu.edu.tr

Geliş tarihi/ Received: 05.04.2018

Kabul tarihi/ Accepted: 29.04.2018