

## Nano-medicine and The New Treatment Methods

Zülfü TÜYLEK

Electronics and Automation Department, Yeşilyurt Vocational School, Malatya Turgut Özal University, Malatya, TURKEY

ORCID: 0000 0002 9086 1327

### ABSTRACT

Science always tries to find a better way to do something and thus, new technologies emerge. As a result of this approach in the field of nano-science, the science of nanotechnology has emerged. Nanotechnology includes studies regarding the regulation and control of matter at the molecular level in order to understand the physical, chemical and biological events in nanometer dimensions. Thanks to nanotechnology, it is thought that through the act of monitoring, repairing and configuring humans and the systems which affect humans at the molecular level, improvement and protection of human health and an increase in the patient care quality is/will be provided. The field of nano-medicine had emerged when nanotechnology was considered to be applied to the field of medicine. The aim here is to solve problems that cannot be solved by today's medical methods with nanotechnology. In our present day, nanotechnology studies show significant improvements in the field of health, as well as many other areas. It is estimated that nanotechnology may be a source of hope for the early diagnosis and treatment of some diseases. Today, the field of application of nano-medicine is quite wide. The size of this extensity can only be measured by one's imagination. Nano-medicine also includes new concepts and applications of molecular nanotechnology which have emerged in order to design nano-machines called nano-robots. Nano-robots offer a new potential for the controlled release of therapeutic agents. Billions of nano-robots travelling through our veins for diagnosis and treatment is something which should not be regarded as a dream nowadays since nanotechnology is expected to make a significant progress within the field of medicine in the near future. In this article, current and potential nanotechnology developments and nano-medicine applications which may have positive effects within the field of health will be discussed in the light of the literature.

**Key words:** Nanomaterial, Nano-medicine, Nanorobot, Nanotechnology.

## Nanotıp ve Yeni Tedavi Yöntemleri

### ÖZET

Bilim her zaman bir şeyler yapmak için daha iyi bir yol bulmaya çalışır ve böylece yeni teknolojiler ortaya çıkar. Nanobilim alanındaki bu yaklaşımın bir sonucu olarak, nanoteknoloji bilimi ortaya çıkmıştır. Nanoteknoloji, nanometre boyutlarındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları anlamak için maddenin moleküler düzeyde düzenlenmesi ve kontrolüne yönelik çalışmaları içerir. Nanoteknoloji sayesinde insanı ve insanı moleküler düzeyde etkileyen sistemleri izleyerek, onararak ve yapılandırarak insan sağlığının iyileştirilmesi ve korunması ile hasta bakım kalitesinde artış sağlandığı/sağlanacağı düşünülmektedir. Nanotıp alanı, nanoteknolojinin tıbbı uygulanması göz önüne alındığında ortaya çıkmıştır. Buradaki amaç, günümüzün tıbbi yöntemleriyle çözülemeyen sorunları nanoteknoloji ile çözmektir. Nanoteknoloji çalışmaları günümüzde birçok alanda olduğu gibi sağlık alanında da önemli gelişmeler göstermektedir. Nanoteknolojinin bazı hastalıkların erken teşhisi ve tedavisi için umut kaynağı olabileceği tahmin edilmektedir. Bugün nanotıbbın uygulama alanı oldukça geniştir. Bu genişliğin boyutu ancak kişinin hayal gücü ile ölçülebilir. Nanotıp, nanorobot adı verilen nanomakineleri tasarlamak için ortaya çıkan yeni moleküler nanoteknoloji kavramlarını ve uygulamalarını da içerir. Nanorobotlar, terapötik ajanların kontrollü salınımı için yeni bir potansiyel sunar. Teşhis ve tedavi için damarlarımızda dolaşan milyarlarca nanorobot, bugün hayal olarak görülmemesi gereken bir şeydir çünkü çok yakın gelecekte nanoteknoloji tıp alanında önemli ilerlemeler kaydedecektir. Bu yazıda sağlık alanında olumlu etkileri olabilecek mevcut ve potansiyel nanoteknoloji gelişmeleri ve nanotıp uygulamaları literatür ışığında tartışılacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Nanomalzeme, Nanotıp, Nanorobot, Nanoteknoloji.

## GİRİŞ

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler, her alanda insan hayatını kolaylaştırmakta ve insanlar için fırsatlarla dolu bir gelecek hazırlamaktadır. Sağlık alanında yoğun olarak kullanılan bilim dallarından biri olan nanoteknoloji, hastalıkların teşhis ve tedavisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Nanoteknoloji nispeten yeni bir bilimdir, maddenin atomik ve moleküler düzeyde kontrolüdür. Nanoteknoloji, 1-100 nanometre arası en az bir boyuttaki maddenin kontrolü olarak da tanımlanmaktadır. Nanoteknoloji bir boyut olarak tanımlandığı için yer bilimi, organik kimya, moleküler biyoloji, yarı iletken fiziği, mikro imalat gibi bilim alanlarını içerir ve doğal olarak çok geniştir. İlgili araştırma ve uygulamalar da aynı şekilde geniştir. Bugün, "nano" ölçü birimi fiziksel boyutun milyarda biridir ve genellikle "metre" ile birlikte kullanılmaktadır. Bir nanometreye yaklaşık 3-5 atom yerleştirilebilir ve yaklaşık 100-1000 atom bir nano ölçekli malzeme oluşturmak için bir araya gelir (Karateke ve ark. 2010). "Teknoloji"; bir ürün veya hizmetin üretimi, dağıtımı ve bakımı için gerekli bilgi, beceri ve araçların toplanmasıdır. Günümüzde üretim süreci teknolojisi, ürün teknolojisi, teknik destek teknolojisi, bilgisayar programlama teknolojisi veya inovasyon teknolojisi gibi farklı alan teknolojisi ifadeleri kullanılmaktadır. Nanoteknoloji, genel olarak atomik veya hücre boyutundaki fiziksel, kimyasal veya biyolojik yapıların özelliklerinin veya işlevlerinin incelenmesi, kontrolü ve modifikasyonu olarak tanımlanır (Wang ve ark. 2014).

Tıp biliminde nanoteknolojinin kullanılmasının amacı; hastalıkların önlenmesi, erken teşhis ve tedavi, yara iyileşmesi, vücudun moleküler bilgisinin kullanılması ve hücre fonksiyonlarını kontrol altında tutarak sağlığın iyileştirilmesi ve korunması için moleküler araçların üretilmesini içerir. Tıp bilimindeki nanoteknoloji çalışmalarına "nanotıp" denir (Syed ve ark. 2013). Günümüzde kullanılan tıbbi yöntemler hücresel düzeyde yeterince etkili olmadığı için bazı hastalık ve yaralanmaların teşhis ve tedavisinde zorluklar yaşanmaktadır. Bu amaçla nanoteknoloji ile biyomedikal ve tıbbi alanlarda akıllı ilaç taşıyıcıları, tıbbi görüntüleme cihazları, biyosensörler, nanomakineler (nano/biyorobotlar), implantlar ve yapay doku gibi malzemeler geliştirilmiştir. Nükleik asit analizi için biyoinformatik ve genomik uygulamalar, DNA çiplerinin

nanofabrikasyonu, kök hücre bazlı organ mühendisliği uygulamaları ve nanocerrahi müdahaleleri bunlardan bazılarıdır. Nanotibbin amacı, insan biyolojik sistemlerini moleküler düzeyde izlemek, kontrol etmek, inşa etmek, onarmak, savunmak ve iyileştirmektir. Nanotıp alanında biyotaklitveyapayzekâ gibi nanoteknoloji ilkeleri uygulanmaya çalışılmaktadır (Zhang ve ark. 2014). Nanoteknoloji ile üretilen ortopedik protezler, kardiyovasküler, nöral, plastik ve rekonstrüktif ve diş implantları, oftalmik sistemler, kateterler ile insülin pompaları, sütürler, yapıştırıcılar ve kan ikame sıvıları gibi cerrahi sistemleridir. Yakın gelecekte, nanoteknoloji ile biyolojik moleküllere çok benzeyen yapıların oluşturulabileceği gelişmeler öngörülmektedir.

Günümüz ileri teknolojiler sayesinde nanoyapılar iki ana yöntemle elde edilmektedir. Bunlardan ilki atomdan moleküle, molekülden malzemeye (Bottom-up) yöntemidir. Aynı zamanda aşağıdan yukarıya veya küçükten büyüğe yaklaşım olarak da tanımlanır. Moleküler yapılar, maddenin en temel birimleri olan atomların sırasına göre oluşur. Yukarıdan aşağıya üretim tekniğinde nanopartiküller, kırma, öğütme, dağlama veya litografi gibi fiziksel parçalama yöntemleriyle makromolekül nano ölçeğe indirgenerek oluşturulur. Bu yöntem günümüzde ticari ölçekli üretimde kullanılmaktadır (Sanguansri ve ark. 2006). İkincisi; malzemeden moleküle, molekülden atoma (Top-down) yöntemidir. Yukarıdan aşağıya veya büyükten küçüğe bir yaklaşım olarak tanımlanır. Mekanik veya kimyasal yöntemler kullanılarak malzemenin atomlarına ayrılması ve yeniden düzenlenmesi işlemidir. Günümüzde teknolojik olanaklar nedeniyle bu yöntem tam olarak uygulanamaz. Kullanım için geliştirilmesi gerekir. Bu yöntemin, daha yüksek bir kontrol seviyesi sunduğu için daha umut verici olduğu düşünülmektedir (Zhao ve ark. 2010). Bugün, Bottom-up ve Top-down yöntemleriyle geliştirilen nanomateryallerin üretim odaklı çalışmalarını görüyoruz. Bu çalışmalardan elde edilen nanomateryallerin farklı alanlarda kullanıldığı görülmektedir. Geliştirilen nanomateryaller sayesinde geliştirilen sağlık hizmetlerinin çeşitliliği şaşırtıcıdır. Bu nedenle, sağlık alanındaki uygulamaları ele alacağız.

## NANOTEKNOLOJİ VE NANOTİP

Nano boyutlu malzemelerin sadece optik değil aynı zamanda mekanik, elektronik ve manyetik özellikleri de alıştığımızdan çok farklı olabilir. Bu özellikleri sadece nanomateryaller kullanarak değil, aynı zamanda kullandığımız yapılarda ince kaplamalar kullanarak veya bunları yapı içinde dağıtarak günlük hayatımıza nasıl getirebileceğimizi hayal etmemiz uygun olacaktır. Günümüzde fizik, kimya, biyoloji, bilgisayar, malzeme bilimi, elektronik gibi alanlarda kullanımının yanı sıra tıp alanında oldukça çarpıcı gelişmeler kaydetmeye başlamıştır. Aslında bir ölçü birimi olan "nano", bugün gözle görülemeyen boyutlarda yapılan teknolojik çalışmaları içerir (Aluya 2015). Nanoteknoloji, küçük mutasyonlardan daha fazlası olarak algılanmasa da endüstriyel ekoloji perspektifinden bakıldığında çoğu büyük ölçekli üretime benzer şekilde nanomateryallerin üretiminin enerji ve hammadde gerektirdiği kabul edilmektedir. Nano üretim yöntemleri bu nedenle nanoteknolojiyi mevcut teknolojilere, enerji gereksinimlerine, çevresel etkilere, maliyetlere ve risklere alternatif olarak kullanmanın faydaları açısından nanomateryal üretiminin gerekliliği sorusunu gündeme getirmektedir (Musee ve ark. 2010).

Nanoteknoloji son zamanlarda teknolojinin her alanında olduğu gibi tıpta da sıkça bahsedilen bilim dallarından biri haline gelmiştir. Nanoteknoloji kelimesi, özellikle tıbbi gelişmelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Nanoteknolojinin tıp alanındaki uygulamalarına "nanotıp" denir (Syed ve ark. 2013). Nanotıp, nanoteknolojinin tıp dünyasına uygulanmasıdır. Nanoteknoloji, nano ölçekte geliştirilen teknolojiler ifade eder, bu nedenle nanobilim ve nanoteknoloji ile uğraşmak multidisipliner bir yaklaşımdır. Nanoteknolojinin amacı belirli bir konu değil, iş birliği gerektiren geniş bir araştırma yelpazesidir. Malzemelerde, atomlarla ve dizilimleriyle üretim tekniklerinde yenilik yapmak ve ihtiyaçlara göre üstün özelliklere sahip yeni ürünler geliştirmek anlamına gelmektedir. Nanoteknoloji veya nanobilim, esas olarak atomik ve moleküler boyut seviyelerinde nano ölçekte var olan maddenin, yapıların, cihazların ve sistemlerin araştırılması, tasarımı, manipülasyonu, hassas yerleştirilmesi, ölçülmesi, modellenmesi veya imalatını kapsar. Nanoteknolojideki nesnelerin boyutları nanometre (nm) olarak bilinen birimlerle

ölçülür. Bir nanometrenin boyutu hem insan gözü hem de çoğu mikroskop tarafından görülemez. Karşılaştırmalı bir ölçekte eğer bir mermer nanometre olsaydı dünyanın bir metresi yaklaşık 100.000 nm kalınlığında bir kağıt parçası ve yaklaşık 80.000 - 100.000 nm genişliğinde insan saçına karşılık gelirdi (Michelson ve ark. 2008).

## NANOTIPTA NANOTEKNOLOJİ KULLANIMI

Her bilim mutlaka kendi alanında küçük moleküler yapılarla ilgilenir. Bu, nanoteknolojinin doğal olarak tüm bilimsel alanlarda kullanıldığını göstermektedir. Aslında bir ölçü birimi olan "nano", bugün göze görünmeyen boyutlarda yapılan teknolojik çalışmaları içerir. Günümüzde nanoteknoloji gelişmeleri çok popülerdir ve bilimsel araştırma için yeni bir alan yaratmaktadır. Nanoteknolojik uygulamaların artmasıyla birçok tüketici nanoteknolojik ürünleri kullanmaya başlamıştır. Nanoteknolojik ürünler, farklı ve benzersiz özellikleri nedeniyle önemlidir ve katalizörler, ilaç endüstrisi, optik malzemeler, sensörler ve enerji depolaması dahil olmak üzere birçok alanda uygulamalara sahiptir (Hanks ve ark. 2015). Nanoteknoloji uygulamaları temelde üç moleküler yapıya dayanmaktadır. Bunlar DNA; nano ve çiplerdir (yonga). Biyoteknoloji ve genetik mühendisliği DNA'ya dayanır, nanoteknoloji nanoya dayanır ve mikroelektronik çip temeline dayanır. Nanoteknoloji, maddeyi moleküler düzeyde organize etme ve kontrol etme sürecidir. Özellikle canlıların yapı taşı proteini olan DNA molekülü, nano boyutlara sahip doğal bir nano üründür. DNA, bir organizmanın tüm kalıtsal özelliklerini kodlayan, biyolojik gelişim ve canlılık fonksiyonları için gerekli genetik talimatları taşıyan bir moleküldür (Koçer ve ark. 2009). Nanotıp alanında kullanılan nanoteknolojik ürünler, farklı ve benzersiz özellikleri nedeniyle önemlidir. Katalizörler; ilaç endüstrisi, optik malzemeler ve sensörler dâhil olmak üzere birçok alanda uygulamaları içerir. Altın nanopartiküllerin biyo-barkod testi olarak kullanılması bunlardan sadece bir tanesidir. Bu uygulama, prostat kanseri için çok doğru bir tanı aracı sağlar. Mevcut teknolojilerinin kanser teşhisi için bir elektrokimyasal immünosensör geliştirme çabaları görülmektedir (Li ve ark. 2017). Finlandiya'daki araştırmacıların implant kulaklıklarla anlama sorunlarının üstesinden geldikleri görülmektedir. Nano-kulak projesine öncülük eden Prof. Ilmari Pico, nano

cihazlar ve nanopartiküller ile ilaçları küçük kimyasal çipler sayesinde iç kulağa taşıyarak işitme kaybı olan kişilerin daha iyi duymalarına yardımcı olmak için kullanılıyor. Çalışmadaki amaç, verileri iç kulaktaki hasarlı hücrelere taşımak ve sonra beyne iletmektir (Abeer 2012).

Tıp alanında DNA, nanoteknoloji ve çip çalışmalarının geliştiği görülmektedir. RNA alanındaki en önemli araştırma dallarından biri, RNA'nın hücrelerden verimli bir şekilde taşınmasını sağlamaktır. RNA üzerine yapılan araştırmalar, bilimde beklenmedik sonuçların neler yapabileceğini anlama ve dikkat etme konusunda çok önemli dersler içermektedir (Karaçay 2009). Biyoçipler, bir yüzeyde bir araya gelen binlerce nano ölçekli sensörden oluşur. İncelenecek nükleotid bu yüzeye temas ettirilerek taranabilir. Biyoçipler, nükleotidi tamamen tarayarak bir gen haritası oluşturamazlar, ancak belirli bir geni tespit etmek için kullanılırlar. Bu nedenle, her bir farklı genin tespiti için, birkaç farklı genin tespitini içeren farklı programlanmış ve tasarlanmış bir çipe veya yongalara ihtiyaç vardır. Her farklı ihtiyaç için üretilecek biyoçip, bu teknolojiyi maliyet ve zaman açısından kullanışlı hale getirmez. Biyoçipler, nükleotid tipine bağlı olarak DNA veya RNA yongaları olarak adlandırılır (Güran ve ark. 2003). Nanoteknolojinin getirdiği önemli yeniliklerden biri, hücreye özgü gen transferini sağlamak için geliştirilen dendrimerik (dallı) nanoyapılardır. İlaç taşıma nanopartikülleri sayesinde parçacıklara istenen yüzey modifikasyonları ile biyotaklit özellikler verilir. Böylece ilaç taşıyıcıları, sadece belirli bir bölgede belirli bir miktarda ilaç salgılayabilir. Bu yaklaşım, tedavinin özgüllüğünü artırarak ilaç tedavisinde yeni bir çağ açmaya hazırlanmaktadır (Kocaeve 2017). Nanomoleküller ile ilaçlar sağlıklı dokulara zarar vermeden hedefe ulaşabilir, dolaşıma gönderilecek nanorobotlar ile damar lümenindeki lipidler uzaklaştırılabilir, bağışıklık sistemi güçlendirilerek enfeksiyonlar çok kısa sürede tedavi edilebilir ve kanser gibi bazı hastalıklar erken teşhis ve tedavi edilebilir (Atlı-Şekeroğlu 2013). Proteinler, protein kompleksleri, dokular, kromozomlar, lipitler, karbonhidratlar nano ölçekli malzemelerin örnekleridir. Nano ölçekli cihazlar sayesinde hastalıkların teşhis ve tedavisi için yeni yöntemler geliştirilecek, hasarlı sinir hücreleri onarılabilecek ve hastalıklı yapılar yok edilebilecektir. Başarılı saha deneyleri, SiRNA (small interfering RNA) ile konjuge

edilmiş nanopartiküller kullanılarak gerçekleştirilir. Burada lipid bazlı taşıyıcıların dış yüzeyine konjuge edilen siklik nano peptid siRNA, kanser hücrelerini hedefleyebilir ve onlara nüfuz edebilir. Penetrasyondan sonra peptitler, hücrelerin proteolitik enzimleri tarafından enzimatik olarak işlenir ve kanser hücrelerinde yüklerini serbest bırakır (Parvanian ve ark. 2017). Nanoteknolojinin en önemli uygulamalarından biri nörodejeneratif bozuklukların tedavisidir. Bu, Parkinson hastalığının mevcut tedavisini iyileştirebilir. Parkinson hastalığı, Alzheimer hastalığından sonra en sık görülen ikinci nörodejeneratif hastalıktır ve 65 yaşın üzerindeki her 100 kişiden birini etkiler (Davide ve ark. 2011).

Günümüze kadar yapılan tüm iş makinelerinin ve robotların milyonlarca kez küçüldüğünü hayal edelim. İntravenöz (damar içi) enjeksiyonla vücudumuza giren bu iş makineleri ve robotlar, yakıt olarak glikoz ve O<sub>2</sub> kullanarak ateroskleroz plağı, trombus ve kanser dokularını yok etmek için kullanılabilir. 1-10 MHz frekans aralığına sahip ses dalgaları sayesinde akustik mesajlar gönderilerek kontrol edilebilen nanorobotların fagositozunun önlenmesi kısa süreli immünsüpresyon ile mümkündür. Çoğu deney aşamasında olan bu robotlar ileride cerrahların yerini alabilecektir. Son yıllarda nanoteknoloji cihazlarındaki artış ve polimerik ilaç etkinliği hakkında daha fazla bilgi verilmesi sayesinde nano aşı alanı hızla gelişmektedir. Nano aşular ve nano-adjuvanlar, gerekli doz sayısını azaltmak için tek tek veya bir defada birleştirilebilir. Nanoaşular, daha fazla esneklik sunan farklı şekillerde uygulanabilir, bu da onları özellikle çok sayıda canlına aşılacağı uygulamalarda ideal hale getirir (Kamel ve ark. 2019). Bu aşular, vücudun bağışıklık sisteminin tanıyabileceği tümör proteinleri içeren sentetik polimer nanopartikülleri içerir. Bu aşı, insanların kendilerini kansere karşı korumaları açısından önemlidir. Nanopartikül aşuları, gelecekte birçok hastalığın tedavisinde kullanılabilecek uygulamalara dönüşecektir (Luo ve ark. 2017). Doğal biyopolimerler yüksek bitkilerden, hayvanlardan, mikroorganizmalardan ve alglerden elde edilebilir. Nanotıp uygulamalarında kullanılacak farklı doğal biyopolimer kaynakları şekil 1'de görülmektedir.



**Şekil 1.** Nanotıp uygulamalarında kullanılan doğal biyopolimerler (Bassas-Galia ve ark. 2017)

Nanotıp, çoğunlukla nanoteknolojik yöntemlerin ve biyoteknolojinin birlikte uygulanmasıyla gelişir. Nanotıp, nano/biyoteknolojinin bir parçası olan ve biyoloji ve tıp alanında nanoteknolojinin ilke ve tekniklerini kullanan nanoteknolojinin bir alt dalıdır. Nanorobotikler, nano/biyoteknolojinin cihaz geliştirme alanlarının bir parçasıdır. Tıp biliminde nanoteknolojinin amacı; hücre fonksiyonlarını kontrol etmek, hastalıkları önlemek, erken teşhis ve tedavi, yara iyileşmesini sağlamak, vücudun moleküler bilgisini geliştirmek, sağlığın teşviki ve korunması için moleküler araçlar geliştirmek ve sürdürmektir (Langer ve ark. 2015). Moleküler biyoloji alanında şu ana kadar edindiğimiz bilgiler üzerine uygulanan nanoteknolojik yöntemler, yeni bir araştırma alanı olarak nano/biyo/teknolojiyi ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca canlı dokudaki hücrenin ihtiyaçlarını belirleyip karşılayabilen, zararlı maddeleri uzaklaştıran ve kendini yenileyebilen teknolojik veya robotik ürünler geliştirilmektedir. Tıbbi nanoteknolojinin geliştirilmesindeki temel sorun, bir ürünün uygulama alanının nasıl belirleneceğine karar vermektir. Bu nedenle, ülkelerin nano terapinin bileşenlerinin neler olduğu konusunda uluslararası bir anlaşmaya sahip oldukları görülmektedir. Bu noktada nanopartiküller, antibiyotiğe dirençli patojenleri ortadan kaldırmak için yeni kimyasal ve fiziksel çözümler sağlayabilecek nitelikte yapılmıştır. Nanopartiküller, işlevlerini seçici bir şekilde ve minimum yan etki / konakçı toksisite ile yerine getirmek üzere donatılmıştır. Ayrıca bakteriyel yapışmayı ve biyofilm oluşumunu da azaltabilirler (Torres-Sangiao ve ark. 2016).

Nanopartiküllerin, tekrarlayan multipl sklerozun bir fare modelinde immün toleransı indükleyen miyelin antijenlerinin uygulanmasında faydalı olduğu bulunmuştur. Bu teknikte, miyelin kılıf peptitleri ile kaplanmış biyolojik olarak parçalanabilir polistiren mikropartiküller; farenin bağışıklık sistemini sıfırlayacak, böylece hastalığın nüksetmesini önleyecek ve koruyucu miyelin kılıf merkezi sinir sisteminin sinir lifleri üzerinde bir kaplama oluşturduğu için semptomları azaltacaktır. Bu tedavi yöntemi potansiyel olarak çeşitli başka otoimmün hastalıkların tedavisinde kullanılabilir. Pasif nanopartiküller, vücutta taşınırlar zor ve ulaşılamayan bariyer alanlarına ulaşamaz. Bu nedenle, teknolojinin yeni ürünleri olan nanorobotik sistemlerin uygulamalara sokulması hedeflenmektedir. Nanorobotlar sayesinde mevcut tedavi yöntemlerinin işlevinin artırılması ve hatta yeni tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Böylece nanorobotik parçacıklar; ışık, manyetik alanlar veya akustik alanlar tarafından kontrol edilebilir (Miller ve ark. 2012).

Makro, mikro ve nano teknoloji uygulamalarını gruplandırarak "boyut" ölçeğinde tanımlamak mümkündür.

**Makroteknoloji:** bunlar geleneksel Newton yasalarının etkili olduğu, gözle görülebilen en küçük boyut olan 0.1 mm'den büyük malzemelerle yapılan makro düzeyde teknolojik uygulamalardır.

**Mikroteknoloji:** geleneksel fizik ve kimya kuram ve kurallarının kullanıldığı, 0,1 mm ve 100 nm boyutunda malzemelerin kullanıldığı moleküler düzeyde teknolojik uygulamalardır.

**Nanoteknoloji:** kuantum fiziği yasalarının da etkili olduğu ve geleneksel teorilerin ve modellerin ortaya çıkan malzemelerin özelliklerini açıklamada yetersiz kaldığı, 100 nm'den küçük malzemelerle yapılan teknolojik uygulamalardır.

Kuantum noktaları olarak adlandırılan yarı iletken nanokristaller, tıbbi teşhis için biyolojik görüntülemeyi geliştirme yeteneğine sahiptir. Ultraviyole ışıkla aydınlatıldıklarında, belirli hücre tiplerini ve biyolojik aktiviteleri bulmak ve tanımlamak için kullanılabilen çok çeşitli parlak renkler yayarlar. Bu kristaller 1000 kata kadar daha iyi optik algılama sunar ve MRI gibi birçok biyolojik testte kullanılan geleneksel boyalardan önemli ölçüde daha fazla bilgi sağlar. Bilim adamları,

aynı anda birden fazla hastalığın hızlı ve doğru bir şekilde tanımlanmasını sağlayacak taşınabilir bakım noktası tanı kitlerinin geliştirilmesinde nanoteknolojinin kullanımını araştırmaktadır (Yen ve ark. 2015). Geliştirilen bu manyetik rezonans teknolojisi, vücuttaki organ ve dokuların detaylı görüntülerini ortaya çıkarmak için manyetik alanda radyo frekansları kullanılarak uygulanan bir teşhis yöntemidir. Nano boyutlu mühendislik malzemesi bize nanopartiküller sağlayabilir. Bu nanopartiküller, küçük moleküllerden farklı ve benzersiz özelliklere sahiptir. Bu özellikler, yeni tıbbi teşhis ve tedavi edici maddelerin geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Örneğin; "demir oksit nanopartiküller", diğer demir oksit materyallerinde bulunmayan "süperparamanyetik" özelliklere sahiptir. Harici bir manyetik kaynak varlığında, demir-oksit nanopartikülleri düşük dozlarda bile paramanyetik sinyaller sağlayabilir, bu da demir oksit nanopartiküllerini manyetik rezonans (MR) görüntüleme için mükemmel bir kontrast ajan yapar. Günümüzde manyetik demir oksit nanopartiküller ile tümör dokuları tespit edilerek işaretlenmekte ve bu tümöre karşı geliştirilen özel antikolar vücuda verilmektedir. İşaretli antikolar tümör yüzeyine yapışır ve toplanan demir oksitler sayesinde tümör MR cihazı ile tespit edilir. Bu teknoloji sayesinde en küçük tümör bile tespit edilebilmektedir (Nikalje 2015).

Nanotıp alanındaki biyosensörler, ilk defa yarı iletken olarak tasarlanan ve sentezlenen karbon nanotüp yapıları ile araştırılmaya başlandı. Karbon nano tüp biyosensörleri mikroelektronik bileşenlere eşleyerek biyolojik sistemlerde elektriksel veya elektrokimyasal sinyallerin tanınması ve okunması sağlandı. Canlı organizmalarla etkileşime girebilen araçların üretilmesi ile birçok yeni teşhis ve tedavi yöntemi geliştirmek mümkündür. Nanoteknolojinin tıp ve sağlık alanındaki potansiyel uygulamalarına örnek olarak, hastalığın bulunduğu ve yayıldığı bölgeye saldırarak ilaç veren makineler, insan vücudunda harekete izin veren teşhis araçları gösterilebilir. Nanopartikül ajanları kullanılabilmesine rağmen, kuantum noktasının fiziksel özellikleri onları görüntüleme amaçlı kullanım için ideal hale getirebilir. Hücre farklılaşması, proliferasyon, metabolizma, tümörijenез ve apoptoz ile ilgili post-transkripsiyonel gen ekspresyonunun düzenlenmesinden sorumludurlar. Nanopartiküllere konjuge edildiklerinde,

normal gen ekspresyonunu geri yükleyebilirler veya hedef hücrelerde mRNA'nın çevirisini inhibe edebilirler (Jurj ve ark. 2017). Birçok nanopartikül sınıfı görüntüleme ajanları olarak kullanılabilirken kuantum noktasının fiziksel özellikleri (yüksek fotostabilite ve ışık ağartmasına direnç gibi) onları görüntüleme amaçlı kullanım için ideal hale getirdi. Floresan probalar, oldukça hassas ve düşük maliyetli biyosensörler olarak kullanılabilir. Kuantum noktasının floresan emisyon derecesi, kullanılan kuantum noktasının boyutuna göre kontrol edilebilir. Geleneksel floresan boyalara göre birçok ek avantajı vardır, daha parlaktır, görselleştirmesi daha kolaydır ve vücutta daha uzun süre kalır (Meena ve ark. 2018). Nanoteknolojinin sağlık bilimi uygulamalarında kullanılmak üzere programlanabilen multimerik nano materyaller geliştirebilme yeteneği, teşhis ve tedavide yeni ufuklar açmıştır. Nano ölçekli katmanlarda sentezlenen ve polimerik tekrar birimleri içeren sentetik makromoleküller "dendrimerler" olarak adlandırılır. Nanobilimin yapıtaşlarından biri olan düzenli sentetik polimerlerin gelişimini tanımlayan bu yaklaşıma "Lego kimyası" da denir. İlaç dağıtım sistemi olarak dendrimerleri, spesifik hücre ve doku tanıma özelliklerine sahip nano-implantları kullanmak mümkündür. Ayrıca metalik implantların nano malzemeler ile kaplanması, döküntü dejenerasyonunu en aza indirmek ve greftin ömrünü uzatan bir enflamatuar yanıtı desteklemek için tercih edilir. Kullanılan materyal, kemik materyalleri ile kademeli olarak yer değiştirmesine izin vermek için biyolojik olarak yavaşça emilebilir olmalıdır. Nanomateryal, postoperatif enfeksiyonları önlemek için antimikrobiyal ilaçlarla da yüklenebilir (Yi ve ark. 2016). Enfeksiyonlar, altın kaplı nanopartiküllere sabitlenmiş antimikrobiyal peptitler uygulanarak başarılı bir şekilde ortadan kaldırılabılır. Nanopartiküller, hastaların kemik iliğinden elde edilen mezenkimal kök hücrelere yöneliktir (Riley ve ark. 2017).

Son araştırmalar, mikroemülsiyonlar, nanosüspansiyonlar, nanopartiküller, lipozomlar, niozomlar, dendrimerler ve siklodekstrinler gibi çeşitli nanopartikül sistemlerinin oküler ilaç iletimi alanındaki uygulamalarını kapsamaktadır. Ayrıca nanoteknolojinin, nanodiagnostik, nanogörüntüleme ve nanotıp gibi çeşitli alanlarda nasıl kullanılabileceği araştırılmaktadır. Oküler ilaç iletim ve tedavinin sınırları araştırılmaktadır (Zhang ve ark. 2014). Nanopartiküller yoluyla ilaç dağıtımının en güçlü yönü, partiküllere istenen yüzey modifikasyonları yoluyla

biyotaklit özellikleri verilebilmesidir. Böylelikle ilaç taşıyıcı olan nano implantların ilaç salınımı sadece belirli bir bölgede, belirli bir damarda veya belirli bir ortamda sağlanmaktadır. Nanopartiküllere alternatif enfeksiyöz olmayan virüs benzeri partiküller, patojen antijenler veya sentetik nükleotitler için bir taşıyıcı olarak kullanılabilir (Kamel ve ark. 2019). Benzer bir yaklaşımla, nanopartiküller aracılığıyla kan beyin bariyerinin geçici bir süre açılarak ilaç geçişinin sağlanması ve daha sonra tekrar fizyolojik koşullara geri dönmesi mümkündür. Örneğin; Tüberküloz (TB), ölümcül bulaşıcı bir hastalıktır. Uzun tedavi süresi ve ilaç yükü, hastanın yaşam tarzını bozabilir ve çoklu ilaç direncinin gelişmesine neden olabilir. Yeni antibiyotikler ilaç direncinin üstesinden gelmek, tedavi sürecinin kısaltmak ve antiretroviral tedavilerle ilaç etkileşimlerini azaltmak için tasarlanmıştır. Nanoteknoloji, daha etkili ve uyumlu ilaçların geliştirilmesi için en umut verici yaklaşımlardan biridir. Anti-TB ilaçların kapsüllenmesi ve salınması için nano bazlı ilaç dağıtım sistemlerindeki gelişmeler, daha etkili ve uygun maliyetli bir TB farmakoterapisinin geliştirilmesine yol açabilir (Davide ve ark. 2011). Özellikle, rekombinant DNA moleküllerinin spesifik gen terapisi için hedef hücrelere verilmesi, kanser gen terapisinde çok önemli bir adımdır. Son yıllarda teknolojiye ilerlemeler ile kanser teşhis ve tedavisinde önemli ilerlemeler kaydedildi. Ancak kanserin erken teşhisi ve tedavisi ile ilgili sorunlar halen devam etmektedir (Nahcivan ve ark. 2015). Şu anda, viral vektörler ve bunların kullanımları, biyogüvenlik endişeleri ve sınırlı üretim potansiyeli nedeniyle klinik uygulamada ihtiyatlı bir seçenektir. Viral vektörlere benzer tropizm özelliklerine sahip olan ancak biyogüvenlik açısından çok daha güvenilir olan nano-veziküler yapılarla, viral vektörleri yapısal olarak taklit edebilen ve viral kapsidler kullanabilen virüs bazlı nanopartiküller yardımıyla spesifik gen transferini gerçekleştirmek de mümkündür. Gen tedavisi için başka bir araç, hücreye nüfuz eden peptitlerin kullanımına dayanmaktadır. Katyonik ve/veya amfipatik peptidlerdir. Maksimum 30 A.A. ve endositoz nedeniyle, enerji ve RNA / DNA yükleriyle hücrelere nüfuz edebilir (Lehto ve ark. 2016).

Nanoteknolojinin tıp dünyasına getirdiği önemli yeniliklerden biri de kanser oluşumu, ateroskleroz, neovaskülarizasyon gibi birçok patolojinin erken teşhisi, evreleme ve takibinde kullanılan girişimsel prosedürler yerine önerilen görüntüleme yöntemleridir. Doku tipine, hücre tipine, belirli bir ligand

tipine ve hatta belirli reseptörlerin alt birimlerine özgünlük göstermek için radyodiyagnostik yöntemlerle izlenebilen nanopartikülleri hedefleyebilme yeteneği, önümüzdeki yıllarda yeni görüntüleme teknolojilerinin kullanılmasını sağlayacaktır. Nanomateryallerin kökeni; doğanın, mühendisliğin veya endüstriyel süreçlerin bir yan ürünü olarak geliştirilmiştir (Jeevanandam ve ark. 2018).

## SAĞLIKTA NANO GELECEK

Nanoteknoloji ürünleri beyin damarlarının içerisine, dışın içine, vb. insan vücudu içerisinde her yere yerleştirilebilir. Nano teknoloji ürünü çipler ve özel donanımlar ile canlı organizmalar uzaktan kontrol edilebilir. Bu nedenle nanomateryaller onkoloji uygulamaları için ideal özelliklere sahiptir. Bunlar "artırılmış geçirgenlik ve tutma (EPR) etkisi", farklı biyolojik dağılım, farmakokinetik ve kontrollü salımdır. Sızdıran damarlar ve tümörlere özgü verimsiz lenfatikler, nanopartiküllerin tümörler içine akmasına izin verir ancak dolaşıma geri dönmez. Nanopartikül, içeriğini yavaş ve kontrollü bir şekilde serbest bırakmak üzere tasarlanabilir. Bu kontrollü salım, tümör hücrelerinin nanopartiküllerdeki anti-kanser ilaçlarına maruz kalma olasılığını artırır. Ancak onkoloji alanındaki nanoteknoloji araştırmalarının çoğu kemoterapi ilaçlarının teşhisi ve taşınması ile ilgilidir. Nanoteknolojinin radyasyon onkolojisini iyileştirmek için kullanılmasına yönelik günümüzde büyük ilgi vardır. Nano onkoloji alanında, sağlıklı hücreleri koruyan ve sadece kanser hücrelerini etkileyen tedavi yöntemleriyle kanser hücresi çoğalmasını önlemeye yönelik çalışmalar olumlu sonuçlar vermekte ve gelişmektedir (Laiva ve ark. 2015).

Nanorobot teknolojisi, nanometre ölçeğinde veya bu değere yakın alet ve ekipman oluşturma teknolojisidir. Nanoteknoloji mühendisleri ve farklı alanlardan birçok mühendis, ağırlıklı olarak bu teknoloji üzerinde çalışmaktadır. Nanorobotiklerde temel amaç; tek bir hücreden veya bir mikro işlemciden çok daha küçük bir sistemdeki bilgileri algılama ve işlemek, işlenen bilgiyi bir eylem biçimine dönüştürmektir. Ayrıca başka bir tanıma göre nano ölçekte hassas hareket edebilen makro ölçekli robotlar veya mikro robotlar da nanorobot olarak kabul edilmektedir. Nanoteknolojide, belirli nükleik asit dizilerinin tanınmasında yakın gelecekte; ekspresyon analizi ve diğer birçok genetik fonksiyonel analiz, bugün mevcut olmayan

çok daha küçük miktarlarda biyolojik numunelerin genetik fonksiyonel analizi mümkün olacaktır. Böylelikle kanser gen tedavisi, tümör tedavi protokollerinde en umut verici kavramlardan biri haline gelecektir. Tedavinin başarı oranının, kanserin tipine ve evresine, hastanın bağışıklık durumuna ve gen tedavisinin tek başına mı yoksa kemoterapi / radyasyon ile birlikte mi verildiğine bağlı olduğu görülmektedir. Genetik materyalin çekirdeğe girmesi kolay bir süreç değildir. Genetik materyalin taşıyıcıları olan sentetik virüsler yardımı ile elde edilebilir. Bununla birlikte; nanopartiküllerin uygulanması, terapötik ve görüntüleme ajanlarının aynı anda kullanımına izin verir (Kozielski ve ark. 2016). Bu şekilde, "kişiselleştirilmiş tıp uygulamaları" yeni biyobelirteçlerin geliştirilmesi, bireysel bazda yüksek ölçekli sekans analizi imkânı ve yeni kişiselleştirilmiş teşhis testleri ile ortaya çıkacak ve yaygınlaşacaktır. Nanorobotikler, vücuttaki kan dolaşımı ile hareket eden mikro ve nanopartiküller kullanılarak tıp alanında yeni uygulamaların geliştirilmesinde de rol oynamaktadır. Nanorobotik sistemin kullanılan tıbbi uygulamalardan en önemli farkı hareket ederek, açarak veya okuyarak etkileşime girme şekline sahip olmasıdır. Nanorobotik sistemlerin tıbbi amaçları teşhis, ameliyat ve tedavilerde de kullanılmaktadır.



**Resim 1.** Olympus tarafından vücutta "yüzmek" için geliştirilmiş bir Japon nanorobot / mikrokapsül (<https://www.pinterest.com/pin/506866133053753566/> google görsellerinden alınmıştır, News Corp Australia).

İnsan saçı içerisine sığabileceği gibi özel bir iletişim sistemi sayesinde iletişim kurulabilir. Nanoteknoloji sayesinde, çok küçük boyutlarda üretilen ve farklı alanlarda kullanılabilen nano robotlar yapılabilecektir. Günümüzde, nano boyutta fonksiyonel olabilen bu robotları insan kanına verip insan vücudu içerisinde hasarlı organı onarabilecek nanorobot teknolojileri ile ilgili proje çalışmaları yapılmaktadır. Gerçekten

destansı bir ölçekte yenilikçi teknoloji söz konusu olduğunda, nanorobotiklerden daha heyecan verici veya korkutucu hiçbir şey kalmayacaktır. Ameliyat sırasında doktorlara yardımcı olmak için kullanılan "tıbbi robotlar", insanlarla ses ve jestlerle iletişim kurabilen hemşirelik robotları ve yaşamı sürdürmeye yardımcı olmak için kullanılan bakım robotları, bu alandaki farklı kullanımları yansıtmaktadır (Huang ve ark. 2011). Beynin kılcal damarları tıkanıldığında, nano tüpler ile bu tıkanmalar giderilebilecektir. İnsan beyni, içerisinde kimyasallar ve elektronlar bulunan bir yapıda olup beyin hücreleri arasındaki iletişim nano seviyededir. Beyin damarları içerisinde kan ile hareket eden nano tüpler vasıtasıyla hatasız teşhis ve tedavi yapılabilecektir. Bir tür sinirsel iletişim eksikliğinden kaynaklanan ve genel adı felç olan hastalığa, nano teknolojiyle üretilen yapay kılcal damarlar ile çare bulunacaktır.

Nanobiyosensörler ile gelecekteki hastalıkları görme, görüntüleme, nanodiyagnostik, nano-fototermoliz (nano bombaların belirli bir sıcaklıkta patlamasıyla insan vücudunun herhangi bir yerinde kanserli dokunun yok edilmesi), tedavi gibi tüm alanlarda kullanılabilir. 0.5-3 nm çap ve 20-1000 nm uzunluğunda karbon nanotüpler olarak özetlenen kanser tedavisinde çeşitli nano sistem uygulamaları, DNA mutasyonunu tespiti ve hastalık protein biyobelirteçlerini tespit etmek için daha da geliştirilecektir. Nanoteller; hastalık protein biyobelirteçlerini tespit etmek, DNA mutasyonlarını tespit etmek ve gen ekspresyonlarını tespit etmek için yararlıdır. 2-9,5 nm boyutundaki kuantum noktaları, organizmalardaki genlerin ve proteinlerin yanı sıra hücre testlerinde, tümör ve lenf dğümlerinin görselleştirilmesinde optik olarak tespit edilmesine yardımcı olabilecektir (Wong ve ark. 2012).

Nanotıp alanındaki bilim adamları, çeşitli nanosistemlerin ve viral vektörlerin gen sağlama yeteneğini yüksek bulaşıcılığa bağlamak için sürekli araştırma yapmaktadır. Bu amaçla, çeşitli alanlarda kullanılacak dağıtım sistemleri geliştirmek için vektörlerin moleküler mekanizmaları incelenmektedir (Vincent ve ark. 2017). Nanopartiküller ve virüslerin aynı ölçekte hareket etmeleri nanoteknoloji yaklaşımını aşı geliştirmede çok güçlü hale getirmektedir. Nanopartiküller, virüslerin yapısal ve işlevsel özelliklerini yeniden üretebilen araçlardır ve nanotıp, yenilikçi aşı geliştirme teknolojilerine en iyi alternatif olabilir (Shen ve ark. 2018). Aşı teknolojisi geliştirme perspektifinden bakıldığında, SARS-CoV-2'nin [dergipark.gov.tr/avrasyasbd](http://dergipark.gov.tr/avrasyasbd)



dünya çapında büyük bir tehdit olduğu ve nanoteknoloji ve nanotıbbın, klinik etkisi olabilecek yeni terapötik teknolojiler ve yaklaşımlar olarak sunulması artık çok önemlidir (Qi ve ark. 2019). Nanopartiküllerin koronavirüsler için farklı analitik tekniklere dayalı sensör geliştirmedeki son uygulamaları ve bunlarla ilgili tespit limitleri üzerine yapılan çalışmalar Tablo 1'de karşılaştırılmaktadır (Teengam ve ark. 2017; Layqah ve eissa 2019; Ahmed ve ark. 2017; Ahmed ve ark. 2018; Weng ve neethirajan 2018; Wang ve ark. 2017; Liu ve ark. 2019).

Nano biyosensörler, reseptör olarak kullanılan biyolojik veya sentetik moleküller ile nanomalzemelerin elektriksel ve

optik özellikleriyle birleştirildiğinde tüm analitik seçici olarak algılama avantajına sahip olmaktadır. SARS-CoV-2'yi tespit etmenin çeşitli yöntemleri şu anda nano biyosensörlerin bu avantajları kullanılarak incelenmektedir (Weiss ve ark. 2020). Gelecekte nano biyolojik ürünler gündeme gelecek, suni organ yapımında nano parçalar kullanılacak, anında teşhis koyabilen sağlık tarama araçları yapılabilecektir.

Dahası ameliyat esnasında vücudun sadece hastalıklı bölgesine inen mikroskobik cihazlar gibi ürünler elde edilebilecektir. Aynı zamanda yaşlanmanın yavaşlatılabileceği bir gerçektir.

**Tablo 1.** SARS-CoV-2'de kullanılan sensörler ve nanopartikül uygulamalar

SARS-CoV-2 Sensörlerinin Geliştirilmesinde Nanopartikül Uygulamaları			
Virüs Türü	Nanopartiküller	Algılama Yolu	Tespit Sınırı
MERS-CoV	Ag NP'ler	Kolorimetrik	1,53 nM
MERS-CoV	Au NP'ler	Elektrokemilüminesans	1.0 pg.ml <sup>-1</sup>
HCoV	Au NP'ler	Elektrokemilüminesans	0.4 pg.ml <sup>-1</sup>
IBV	MoS <sub>2</sub> nanosheets	İmmünoensing	4.6 × 10 <sup>2</sup> EID 50 ml başına
IBV	QD-MP NP'ler ve Zr NP'ler	Fotoluminesans	79,15 EID / 50 ml
IBV	CAu NP'ler	Chiroimmünoensing	47.91 EID / 50 ml
PEDV	Au NP'ler	Nano yuva PCR	2,21 × 10 <sup>-7</sup> ngµl <sup>-1</sup>
IBV	Kolloidal Au NP'ler	ICS	10 4.4 EID / 50 ml

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz teknolojisinde çeşitli cihazları kapsayan multidisipliner bir alan olarak nanoteknolojinin toplumumuzdaki rolü artmaktadır. Nanoteknoloji, enerji ve çevre, inşaat, mühendislik, ulaşım, telekomünikasyon ve tıpta kullanımının yanı sıra insanların yaşam tarzını değiştirmesiyle yeni bir dönemin başlangıcını oluşturmaktadır. Bilim ve teknolojideki hızlı ilerlemelerin ortaya çıkardığı nanoteknoloji alanı, insan sağlığı hizmetlerinde hastalıkların tedavisini ilerletmek için çok sayıda yeni fırsat yaratmaktadır. Sağlık otoriteleri; nanopartiküllerin çevre, doğa ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini incelemek için yeni çerçeve kuralları

tanımlamaya çalışıyor. Bu doğrultuda, klasik farmasötik kimya ve biyoteknolojinin kullandığı ve biyomateryal teşhisi için gerekli ve geçerli olan testlerin yanı sıra bazı yeni deneyler yapılmakta ve standardize edilmektedir. Nanoteknoloji birçok bilim dalını kapsasa da tıp alanında oldukça çarpıcı gelişmelere imkân sağlamaktadır. Uzmanların görüşüne göre; gelecekte mikroskobik robotlar vücudun dolaşım sistemine girebilecek ve hücre düzeyde hastalıkları onarabilecek ve iyileştirebilecek. Nanosensörler, insan vücudundaki hastalıkları önceden tespit edecek ve erken tedavi sağlayacaktır. Operasyon sırasında vücudun sadece hastalıklı bölgesine inen mikroskobik cihazlar gibi ürünler elde edilebilecektir. Üretilen minik

cihazlar; minik denizaltılar gibi damarlarımızda dolaşabilecek, yönlendirdiğimiz hücreye reseptörleri ile yapışabilecek, mikro makas misali bir cerrah gibi hücredeki sorunları ortadan kaldıracak, hatta DNA'da değişiklik yapabilecektir. Biyobelirteçleri keşfetmek ve tespit etmek için mevcut tekniklerin duyarlılığını ve özgüllüğünü artırarak yeni nanodiyagnostik araçlar geliştirerek; bireyselleştirilmiş tıbbi doğru büyük ilerlemelere yol açması beklenmektedir.

Sonuç olarak sağlık alanında kullanılan nanomateryaller geniş bir araştırma ve uygulama alanına sahiptir. Geliştirilecek nanomateryaller ve ürünler sayesinde çok daha üst seviyeye çıkacaktır. Nanomateryal ve ürünler, biz insanoğlunun ne kadar akıllı olduğuna ve hayal gücü sınırına bağlı olarak sağlık alanında gelişim gösterecektir. Kısacası nanotıp alanındaki gelişmeler hayal gücü sınırimıza bağlı olarak gelişecek.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu makalede herhangi bir nakdi/ayni yardım alınmamıştır. Herhangi bir kişi ve/veya kurum ile ilgili çıkar çatışması yoktur.

### KAYNAKLAR

- Abeer S. (2012). Future Medicine: Nanomedicine, University of Glasgow, United Kingdom, JIMSA JulSeptember. 25,3.
- Ahmed SR, Kang SW, Oh S, Lee J, (2018). Neethirajan S. Chiral zirconium quantum dots: a new class of nanocrystals for optical detection of coronavirus. Heliyon 4(8), e00766.
- Ahmed SR, Nagy E, Neethirajan S. (2017). Self-assembled star-shaped chiroplasmonic gold nanoparticles for an ultrasensitive 'chiro-immunosensor for viruses. RSC Adv. 7(65), 40849-40857.
- Aluya J. (2015). Nanotechnology Implications and Global Leadership Perspectives. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 10(1):31-37.
- Atlı-Şekeroğlu Z. (2013). Nanoteknolojiden nanogenotoksikolojiye: Kobalt-krom nanopartiküllerinin genotoksik etkisi. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 70(1):33-42.
- Bassas-Galia M, Follonier S, Pusnik M, Zinn M. (2017). Natural polymers: a source of inspiration. In: Bioresorbable polymers for biomedical applications. New York: Elsevier; 31-64.
- Davide B, Benjamin LD, Nicolas J, Hossein S, Lin-Ping Wu, et al. (2011). Nanotechnologies for Alzheimers disease: diagnosis, therapy and safety issues. Nano medicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 7:521-540.
- Güran Ş, Yakıcıer C. (2003). Moleküler Biyolojide Yeni Ufuklar:

Biyoçip Teknolojisi, T Klin Tıp Bilimleri Dergisi, 23:416-419.

- Hanks NA, Caruso JA & Zhang P. (2015). Assessing Pistia Stratiotes for Phytoremediation of Silver Nanoparticles and Ag(I) Contaminated Waters. Journal of Environmental Management. 64:41-45.
- Huang S, Tanioka T, Locsin R, Paker M. & Marsoy O. (2011). Functions of a caring robot in nursing. (Paper presented at the pages). Seventh International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering, 425-429.
- Jeevanandam J, Barhoum A, Chan YS, Dufresne A, Danquah MK. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. Beilstein J Nanotechnol, 9:1050-1074.
- Jurj A, Braicu C, Pop L-A, Tomuleasa C, Gherman CD, Berindan Neagoe I. (2017). The new era of nanotechnology, an alternative to change cancer treatment. Drug Design Dev Ther, 11:2871-2890.
- Kamel M, El-Sayed A, Castañeda Vazquez HJ. (2019). Foot-and-mouth disease vaccines: recent updates and future perspectives. Arch Virol, 164:1501-1513.
- Kamel M, El-Sayed A. (2019). Utilization of herpesviridae as recombinant viral vectors in vaccine development against animal pathogens. Virus Res, 270:197648.
- Karaçay B. (2009). Bilim ve Teknik, Tübitak Dergisi, Ağustos. 62-68.
- Karateke M, Güngör E, Demir A. (2010). Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründe Uygulamalar. MYO-ÖS 2010-Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, 21-22 Ekim, Düzce.
- Kocaepe Ç. (2017). Nanotıp: yaşam bilimlerinde nanoteknoloji uygulamaları, Hacettepe Tıp Dergisi, 38:33-38.
- Koçer H, Türkmenler A. (2009). Genetiği değiştirilmiş organizmalar: GDO, Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, 501:34-37.
- Kozielski KL, Rui Y, Green JJ. (2016). Non-viral nucleic acid containing nanoparticles as cancer therapeutics. Expert opinion on drug delivery, 13:1475-1487.
- Laiva AL, Venugopal JR, Karuppuswamy P, ve ark. (2015). Controlled release of titanocene into the hybrid nanofibrous scaffold to prevent the proliferation of breast cancer cells. International Journal of Pharmaceutics, 483(1):115-123.
- Langer R, Weissleder, R. (2015). Nanotechnology. JAMA, 313(2):135-136.
- Layqah LA, Eissa S. (2019). An electrochemical immunosensor for the corona virus associated with the Middle East respiratory syndrome using an array of gold nanoparticle-modified carbon electrodes. Microchim. Acta 186(4), 224.

- Lehto T, Ezzat K, Wood MJ, (2016). Andaloussi SE. Peptides for nucleic acid delivery. *Adv Drug Deliv Rev*, 106:172-182.
- Li F, Li Y, Feng J, Dong Y, Wang P, Chen L, Chen Z, Liu H, Wei Q. (2017). Ultrasensitive amperometric immunosensor for PSA detection based on Cu<sub>2</sub>O@ CeO<sub>2</sub>-Au nanocomposites as integrated triple signal amplification strategy. *Biosens Bioelectron*, 87:630-637.
- Liu IL, Lin YC, Lin YC, Jian CZ, Cheng IC, Chen HW. (2019). A novel immunochromatographic strip for antigen detection of avian infectious bronchitis virus. *Int. J. Mol. Sci.* 20(9), 2216.
- Luo M, Wang H, Wang Z, Cai H, Lu Z, Li Y, Du M, Huang G, Wang C, Chen X, Porembka MR, Lea J, Frankel AE, Fu YX, Chen ZJ & Gao J. (2017). A STING-Activating Nanovaccine for Cancer Immunotherapy. *Nature Nanotechnology*, 12:648-654.
- Meena N, Sahni Y, Thakur D, Singh R. (2018). Applications of nanotechnology in veterinary. *Vet World*, 3(10):477-480.
- Michelson ES, Sandler R, Rejeski D. (2008). Nanotechnology. In: Crowley M ed. *From Birth to Death and Bench to Clinic: The Hastings Center Bioethics Briefing Book for Journalists, Policy Makers, and Campaigns*. Garrison, NY: The Hastings Center. 111-116.
- Miller S, Getts D, Martin A, McCarthy D, Terry R, et al. (2012). Micro particles bearing encephalitogenic peptides induce T-cell tolerance and ameliorate experimental autoimmune encephalomyelitis. *Nature Biotechnology*, 30:1217-1224.
- Musee N, Brent AC, Ashton PJ. (2010). A South African research agenda to investigate the potential environmental health and safety risks of nanotechnology. 106:3-4.
- Nahcivan NO, Seçginli S. (2015). Kanserde tarama ve erken tanı. Can, G. (Ed.). *Onkoloji Hemşireliği, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul*, 41-58.
- Nikalje AP. (2015). Nanotechnology and its Applications in Medicine. *Medicinal Chemistry*, 5(2),81-89.
- Parvanian S, Mostafavi SM, Aghashiri M. (2017). Multifunctional nanoparticle developments in cancer diagnosis and treatment. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 13:81-87.
- Qi F, Wu J, Li H, Ma GH. (2019). Recent research and development of PLGA/PLA microspheres/nanoparticles: a review in scientific and industrial aspects. *Front Chem Sci Eng*. 13(1):14-27.
- Riley MK, Vermerris W. (2017). Recent advances in nanomaterials for gene delivery—a review. *Nanomaterials*, 7-94.
- Sanguansri P, Angustin MA. (2006). Nanoscale materials development—a food industry perspective, *Trends in Food Science & Technology*, 17:547-556.
- Shen YB, Hao TY, Ou SY, Hu CR, Chen L. (2018). Applications and perspectives of nanomaterials in novel vaccine development. *Med Chem Comm.* 9(2):226-238.
- Syed S, Zubair A, Frieri M. (2013). Immune response to nanomaterials: Implications for medicine and literature review. *Curr Allergy Asthm Rep*, 13(1):50-57.
- Teengam P, Siangproh W, Tuantranont A, Vilaivan T, Chailapakul O, Henry CS. (2017). Multiplex paper-based colorimetric DNA sensor using pyrrolidiny peptide nucleic acid-induced AgNPs aggregation for detecting MERS-CoV, MTB, and HPV oligonucleotides. *Anal. Chem.* 89(10), 5428-5435.
- Torres-Sangiao E, Holban AM, Gestal MC. (2016). Advanced nanobiomaterials: vaccines, diagnosis and treatment of infectious diseases. *Molecules*, 21:867.
- Vincent M, de Lazaro I, Kostarelos K. (2017). Graphene materials as 2D non-viral gene transfer vector platforms. *Gene Ther.* 24(3):123-132.
- Wang AZ, Tepper JE. (2014). Nanotechnology in radiation oncology. *Journal of Clinical Oncology*, 32(26):2879-2885.
- Wang K, Zhu J, Dong H, Pei Z, Zhou T, Hu G. (2017). Rapid detection of variant and classical porcine epidemic diarrhea virus by Nano-Nest PCR. *Pak. Vet. J.* 37(2), 225-229.
- Weiss C, Carriere M, Fusco L, et al. (2020). Toward nanotechnology-enabled approaches against the COVID-19 pandemic. *ACS Nano*. 14(6):6383-6406.
- Weng X, Neethirajan S. (2018). Immunosensor based on antibody-functionalized MoS<sub>2</sub> for rapid detection of avian coronavirus on cotton thread. *IEEE Sens. J.* 18(11), 4358-4363.
- Wong HL, Wu XY, Bendayan R. (2012). Nanotechnological advances for the delivery of CNS therapeutics. *Adv Drug Deliv Rev*, 64:686-700.
- Yen C-W, de Puig H, Tam JO, et al. (2015). Multicolored silver nanoparticles for multiplexed disease diagnostics: Distinguishing dengue, yellow fever, and Ebola viruses. *Lab on a Chip* 15(7):1638-1641.
- Yi H, Rehman FU, Zhao C, Liu B, He N. (2016). Recent advances in nano scaffolds for bone repair. *Bone Res*, 4:16050.
- Zhang W, Wang Y, Lee BT, Liu C, Wei G, et al. (2014). A novel nanoscale-dispersed eye ointment for the treatment of dry eye disease. *Nanotechnology*, 25:125101.
- Zhao CX, He L, Qiao SZ, Middelberg APJ. (2010). Nanoparticle synthesis in microreactors, *Chemical Engineering Science*, 66:1463-1479.