NANOPARTİKÜLLERİN BİYOMEDİKAL UYGULAMALARI

DANIŞMAN : Doç.Dr. Berna BÜLBÜL

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN – EDEBİYAT FAKÜLTESİ
KİMYA BÖLÜMÜ

HAZIRLAYAN : HAMZA Şeyh Muhammed

1. GİRİŞ

Nano teknoloji, biyomedikal alanda çeşitli uygulamalar için büyük bir potansiyele sahiptir. İşte nano teknolojinin biyomedikal alandaki kullanımlarından bazıları:

1. İlaç Teslimi: Nano boyutlu taşıyıcılar (nanopartiküller, nanolifler, nano kapsüller vb.), ilaçların hedeflenen dokulara taşınmasını sağlayarak daha etkin ve güvenli bir ilaç teslim sistemi oluşturabilir. Bu, tedavinin yan etkilerini azaltabilir ve ilacın hedef dokulara daha yoğun bir şekilde ulaşmasını sağlayabilir.

2. Görüntüleme: Nano malzemeler, daha iyi görüntüleme tekniklerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Örneğin, nanopartiküllerin yüzeyine bağlanabilen kontrast ajanları, daha iyi MRI veya CT taramaları için kullanılabilir. Ayrıca, nanoteknoloji sayesinde geliştirilen kontrast maddeleri, tümörlerin erken teşhisini ve belirlenmesini kolaylaştırabilir.

3. Diyagnostik Testler: Nano boyutlu sensörler, hastalıkların tanısında kullanılabilir. Örneğin, kan veya tükürük örneklerinde belirli biyomarkerleri algılamak için nano boyutlu sensörler geliştirilmiştir. Bu, hastalıkların erken teşhisini sağlayabilir ve tedavi sürecini iyileştirebilir.

4. Doku Mühendisliği: Nano malzemeler, doku mühendisliği uygulamalarında kullanılabilir. Örneğin, hücrelerin büyümesini ve doku rejenerasyonunu teşvik etmek için nano boyutlu iskeleler veya yapılar kullanılabilir. Bu, yaralı veya hasar görmüş dokuların yenilenmesini sağlayabilir.

5. Nanotıbbi Cihazlar: Nano boyutlu cihazlar, vücut içindeki biyolojik süreçleri izlemek veya kontrol etmek için kullanılabilir. Örneğin, nano boyutlu insülin pompaları, diyabet yönetiminde kullanılabilir veya nano sensörler, vücut sıvılarının bileşimini izlemek için kullanılabilir.

2. NANOPARTİKÜLLERİN SENTEZ YÖNTEMLERİ

Nanoparçacıkların sentezi fiziksel, kimyasal ve yeşil sentez yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir. Her yöntemin kendine özgü avantajları ve sınırlamaları bulunmaktadır.

2.1. FİZİKSEL METOT

Fiziksel metotlar, yukarıdan aşağıya (top-down) yaklaşımıyla çalışır. En yaygın kullanılan fiziksel üretim yöntemleri şunlardır:

- **Yüksek enerjili bilyeli değirmenler:**
  Fe, Co, FeCo, $CeCO_3$, $Nd_2Fe_{14}B$, Sm_2Co_{17}, ZnO, Fe_3O_4, $CoFe_2O_4$, $LiNbO_3$, $CaCO_3$, grafit, saf karbon.
- **Lazer uygulamaları:**
  TiO_2, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Si, MoS_2, CN,C
- **Elektro-püskürtme:**
  Au, Ag, Ti, Ni, TiO_2, SiO_2, Al_2O_3, ZrO_2
- **Eriyik karıştırma:**
  Polypyrrole-Polypropylene

Bu yöntemler, genellikle tüp fırını kullanarak metalik nanoparçacıkların buharlaştırma ve yoğuşma yoluyla sentezlenmesini içerir. Ancak tüp fırınlar geniş alan kaplama, yüksek enerji tüketimi, ortam sıcaklığını artırma ve termal kararlılığa ulaşma süresi gibi dezavantajlara sahiptir.

2.2. KİMYASAL METOT

Nanoparçacıkların kimyasal yöntemlerle sentezi, genellikle aşağıdan yukarıya yaklaşımı (bottom-up) kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yaklaşım, kristalografik ve homojen yüzey yapılarına sahip nanomalzemelerin üretimine olanak tanır.

Yaygın Kimyasal Sentez Yöntemleri

- **Sol-jel yöntemi:**
  ZnO, SnO_2, Fe_2O_3, Ta_2O_5, TiO, SiO_2, CdSe, ZnB_2, $GdVO_4$, Fe, Co.
- **Mikro emülsiyon tekniği:**
  Au, Ag, Cu, Ni, Pt, Pd, Rh, Ir, CdS, PbS, CuS, Cu_2S, CdSe, $BaCO_3$, $CaCO_3$, $SrCO_3$, ZrO_2, GeO_2, Fe_2O_3, Fe_2O_4, $ZnFe_2O_4$, $BaFe_{12}O_{19}$, CdS- TiO_2, CdS-ZnS, CdS-SnO_2, CdS- SiO_2
- **Hidrotermal sentez:**
  Pt, Ag, Zr, ZnO, NiO, Fe_3O_4, CdS, $CoFe_2O_4$, $FeWO_4$,
- **Polyol sentezi:**
  Ag, Pt, Cu, Pd, Pr, ZnO, Gd_2O_3, CuO, Pr_6O_{11}, Fe_3O_4, $CoSb_3$, FeCo
- **Kimyasal buhar:**
  Fe_3O_4, ZnO, SiO_2 CoO
- **Plazma destekli kimyasal buhar biriktirme:**
  Karbon ve silika nanoparçacıklar, GaN

Organik ve inorganik indirgeme ajanları kullanılarak nanoparçacık elde etmek, en yaygın kimyasal sentez yöntemlerinden biridir. Ancak bu yöntemlerde bazı sorunlar da mevcuttur.

Sentez Problemleri

Şekil Seçiciliği Sorunları: Gümüş, altın ve platin gibi metal kolloidlerin sentezinde şekil seçiciliği ile ilgili problemler gözlemlenmiştir.

Toksik Bileşenler: Kimyasal sentezde kullanılan indirgeme ajanları, genellikle toksik olup sağlık ve çevre için tehlikelidir. Bu ajanlar sentezlenen nanoparçacıkların yüzeyinde stabilizatör olarak kalabilir, bu da biyomedikal ve gıda uygulamalarında sorun yaratır.

Kullanılan İndirgeme Ajanları

Sodyum Sitrat, Askorbat, Sodyum Borhidrür ($NaBH_4$), Elemental Hidrojen, Tollens Reaktifi, N,N-Dimetilformamid (DMF), Poli(etilen glikol)-blok, Kopolimerleri.

Kimyasal yöntemlerle nanoparçacık sentezinde, bu sorunların aşılması için yeni yaklaşımlar ve daha güvenli indirgeme ajanlarının kullanılması gerekmektedir

2.3. YEŞİL SENTEZ

Yeşil sentez, toksik olmayan, çevre dostu ve ekonomik bir yöntemdir. Mikroorganizmalar, mantarlar ve bitkiler kullanılarak nanoparçacık sentezi gerçekleştirilir. Bitki bazlı yeşil sentez, daha kolay ve ekonomik bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemde toksik kimyasallar kullanılmaz ve antineoplastik, antibakteriyel, antifungal ve antiviral özelliklere sahip nanoparçacıklar elde edilebilir.

Yeşil sentezde bitkilerin kabukları, meyveleri, yaprakları veya tamamı kullanılarak hazırlanan ekstraktlar, bitkiye ait flavonoid, alkaloid ve antioksidanları içermektedir. Sentez koşulları nanoparçacıkların boyutunu, morfolojisini ve kalitesini önemli ölçüde etkiler. Ayrıca, ipek ve kitosan gibi hayvansal kökenli biyolojik moleküller de kullanılabilir.

- **Mikroorganizmalar:**
  Au, Ag, Hg, Cu, Pt, Pd, TiO_2, SiO_2, ZrO_2 CdS, PbS, CdTe
- **Bitkiler:**
  Au, Ag, Pt, Pd

Yeşil sentezle üretilen nanoparçacıklar, hidrojel üretimi, biyomedikal uygulamalar, ilaç salım çalışmaları ve gıda muhafaza tekniklerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

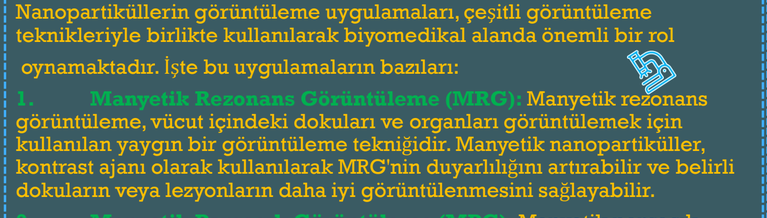
6. GÖRÜNTÜLEME UYGULAMALARI :

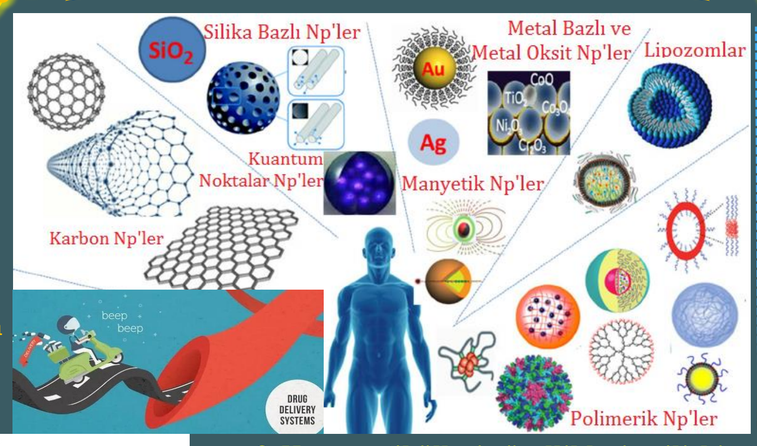
Nanopartiküllerin görüntüleme uygulamaları, çeşitli görüntüleme teknikleriyle birlikte kullanılarak biyomedikal alanda önemli bir rol oynamaktadır. İşte bu uygulamaların bazıları:

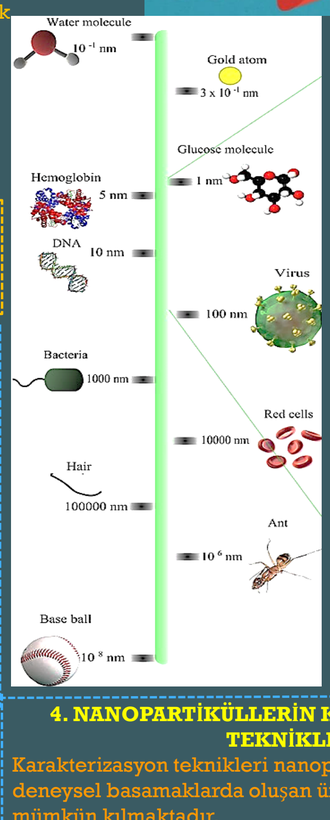
1. **Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG):** Manyetik rezonans görüntüleme, vücut içindeki dokuları ve organları görüntülemek için kullanılan yaygın bir görüntüleme tekniğidir. Manyetik nanopartiküller, kontrast ajanı olarak kullanılarak MRG'nin duyarlılığını artırabilir ve belirli dokuların veya lezyonların daha iyi görüntülenmesini sağlayabilir.
2. **Manyetik Parçacık Görüntüleme (MPG):** Manyetik parçacık görüntüleme, manyetik nanopartiküllerin manyetik özelliklerini kullanarak hücrelerin, dokuların veya biyolojik süreçlerin görüntülenmesini sağlayan bir tekniktir. Bu yöntem, hücre takibi, tümör belirleme ve doku mühendisliği gibi uygulamalarda kullanılabilir.
3. **Flüoresan Görüntüleme:** Flüoresan nanopartiküller, hücre içinde belirli moleküllerin veya biyolojik süreçlerin izlenmesi için kullanılır. Bu nanopartiküller, belirli bir dalga boyunda ışık emer ve daha uzun dalga boyunda tekrar yayarak hücre içindeki hedefleri görüntülemeyi sağlar.
4. **Yüzey Geliştirilmiş Raman Saçılma (SERS):** Yüzey geliştirilmiş Raman saçılma, yüzey plazmon rezonansı etkisi ile metal nanopartiküllerin kullanılmasıyla gerçekleşir. Bu teknik, moleküler etiketleme ve belirli moleküllerin tanınması için yüksek hassasiyetli bir yöntemdir.
5. **Görüntü Rehberliğinde Cerrahi (IGS):** Nanopartiküller, cerrahi prosedürlerde görüntü rehberliği sağlamak için kullanılabilir. Örneğin, tümör hedefleme ve tümör sınırının belirlenmesi gibi cerrahi uygulamalarda nanopartiküllerin kullanımı yaygınlaşmaktadır.
6. **CT(Bilgisayarlı Tomografi) :** Yüksek saçılma gücüne sahip inorganik nanopartiküller, CT taramalarında kontrast artıcı olarak kullanılır . Bu, anatomik detayları daha net bir şekilde görüntülemeyi sağlar .

Bu görüntüleme uygulamaları, nanopartiküllerin biyolojik sistemler içindeki konumunu, etkileşimlerini ve biyolojik süreçlere olan etkilerini anlamak için önemlidir. Ayrıca, biyomedikal araştırmalarda ve klinik uygulamalarda tanı ve tedavi yöntemlerini geliştirmek için değerli bir araçtır.

KAYNAKLAR







3. Nanopartiküllerin özelliklerine ilişkin temel bilgiler şu şekildedir:

1.Boyut: Nanopartiküller, en az bir boyutu nanometrelerde (10^-9 metre) ölçülen çok küçük parçacıklardır. Bu boyut, malzemenin özelliklerini büyük ölçüde değiştirir ve özellikle yüzey etkilerinin belirgin hale gelmesine neden olur.

2.Yüzey Alanı: Nanopartiküllerin yüzey alanı hacim oranı oldukça yüksektir. Bu da onların kimyasal reaktivitesini artırır ve çeşitli kimyasal ve biyolojik etkileşimler için büyük bir potansiyel sağlar.

3.Optik Özellikler: Bazı anorganik nanopartiküller, özellikle metal nanopartikülleri, belirli dalga boylarında elektromanyetik radyasyonu emme veya saçma özelliğine sahiptir. Bu özellikler, görüntüleme, sensör teknolojisi ve optoelektronik uygulamalarında kullanılır. Örneğin, altın nanopartiküllerinin geometrisi, yüzey plasmon rezonansı ile ilişkilendirilir ve bu, optik uygulamalarda kullanılmalarını etkiler.

4.Manyetik Özellikler: Bazı anorganik nanopartiküller, özellikle demir ve demir oksit gibi malzemeler, manyetik özelliklere sahiptir. Bu, manyetik ayrılma, manyetik rezonans görüntüleme ve diğer manyetik uygulamalar için önemlidir.

5.Kimyasal Stabilite: Anorganik nanopartiküller genellikle kimyasal olarak kararlıdır, bu da uzun süreli uygulamalarda ve depolamada kullanılmalarını sağlar. Ancak, bazı durumlarda, özellikle yüzey modifikasyonu veya kimyasal işlem gerektiren uygulamalarda, bu kararlılık değişebilir.

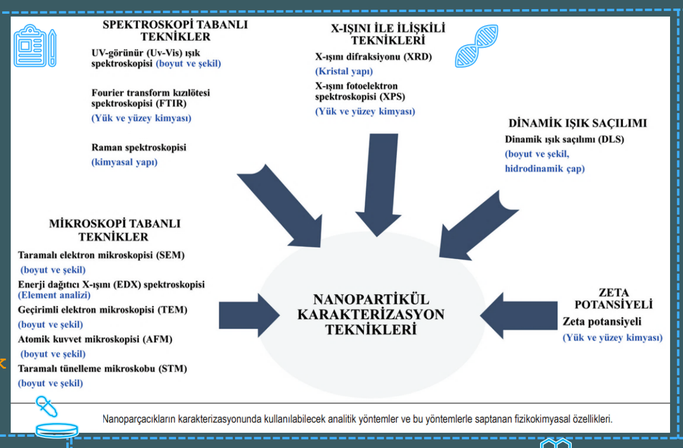
Bununla birlikte, nanopartikül sentezinde kullanılan sentez yöntemleri ve koşullarının, hedeflenen boyut ve şekil özelliklerini elde etmede kritik bir rolü vardır.

4. NANOPARTİKÜLLERİN KARAKTERİZASYON TEKNİKLERİ

Karakterizasyon teknikleri nanoparçacık sentezinde deneysel basamaklarda oluşan ürünlerin izlenmesini mümkün kılmaktadır.

Bu sayede sentezi etkileyen faktörler (sıcaklık, pH, konsantrasyon etkisi gibi) incelenebilmekte, sentezin başarısı (verimi) ve elde edilen NP'lerin özellikleri belirlenebilmektedir.

Farklı üretim yaklaşımları ile elde edilmiş olsalar da, NP'lerin boyut, şekil, yüzey yükü, yüzey alanı ve kristal yapı gibi çeşitli fizikokimyasal özelliklerinden karakterizasyonda faydalanılmaktadır. Sağdaki şekilde nanoparçacıkların karakterizasyonunda kullanılabilecek çeşitli analitik teknikler ve bu tekniklerle saptanan fizikokimyasal özellikler verilmektedir.



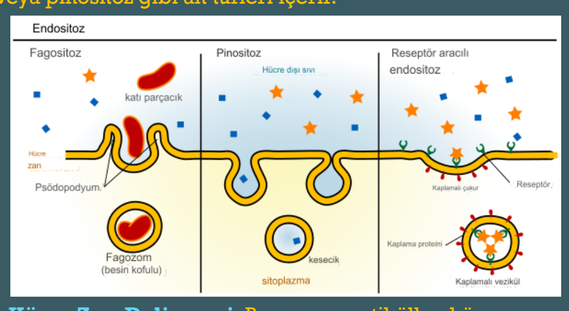
Nanoparçacıkların karakterizasyonunda kullanılabilecek analitik yöntemler ve bu yöntemlerle saptanan fizikokimyasal özellikleri.

5. BİYOLOJİK ETKİLİŞİMLER :

Nanopartiküllerin biyolojik etkileşimleri, hücre içi alım mekanizmaları, toksisite ve biyo-uyumluluk gibi konuları içeren önemli bir araştırma alanıdır. İşte bu konuların bilimsel açıdan ele alınması:

1. **Hücre İçi Alım Mekanizmaları:** Nanopartiküller, hücre içine alınarak çeşitli biyolojik etkileşimlerle karşılaşır. Bu alımlar genellikle aktif veya pasif yöntemlerle gerçekleşir.

• **Endositoz:** Nanopartiküller, hücre zarı tarafından sarmalanarak hücre içine alınabilir. Bu süreç genellikle endositoz adı verilen bir süreçle gerçekleşir ve fagositoz veya pinositoz gibi alt türleri içerir.



• **Hücre Zarı Delinmesi:** Bazı nanopartiküller, hücre zarını delerek doğrudan hücre içine girebilir. Bu durum, özellikle lipofilik veya yüzey etkili nanopartiküller için geçerlidir.

2. **Toksikite ve Biyo-Uyumluluk:** Nanopartiküllerin biyo-uyumluluk ve toksisitesi, hücreler üzerindeki etkileri açısından önemlidir. Bu etkiler, nanopartiküllerin boyutu, şekli, yüzey özellikleri ve kimyasal bileşimi gibi faktörlere bağlıdır.

• **Sitotoksisite:** Bazı nanopartiküller, hücrelerin yaşamını veya fonksiyonlarını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu durum, hücre zarında hasar, DNA hasarı veya oksidatif stres gibi mekanizmalar aracılığıyla gerçekleşebilir.

• **Biyo-Uyumluluk:** Diğer yandan, uygun şekilde tasarlanmış nanopartiküller biyo-uyumludur ve hücreler üzerinde minimum toksik etki gösterir. Bu nanopartiküller, biyomedikal uygulamalarda, özellikle ilaç teslimi ve görüntüleme gibi alanlarda kullanılır.

7. Hedefe Yönlendirilebilirlik Nanopartiküller

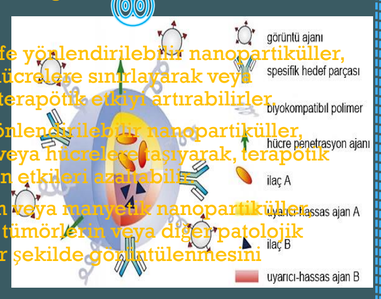
Hedefe yönlendirilebilir nanopartiküller, belirli bir hedefe doğru taşınabilen ve burada istenen bir etkiyi sağlayabilen nanopartikül sistemleridir. Bu nanopartiküller, çeşitli moleküler veya hücresel düzeyde hedeflere yönlendirilebilir ve bu sayede daha etkili ve hassas bir tedavi veya görüntüleme sağlayabilirler. İşte hedefe yönlendirilebilir nanopartiküllerin bazı özellikleri ve uygulamaları:

1. Hedefe Yönlendirme Mekanizmaları:

• Hücre Yüzey Receptorları: Hedefe yönlendirilebilir nanopartiküller, hedef hücrelerin yüzeyinde bulunan spesifik reseptörlerle etkileşime girerek hedefe taşınabilir. Bu reseptörler, kanser hücrelerinde sıklıkla aşırı ifade edilen moleküller veya diğer hücresel hedefler olabilir.

• Fiziksel Yöntemler: Nanopartiküller, manyetik alanlar, ultrasonik dalgalar veya harici elektromanyetik alanlar gibi fiziksel güçlerle hedefe doğru yönlendirilebilirler. Bu yöntemler, nanopartiküllerin vücut içinde belirli dokulara veya organlara taşınmasını sağlar.

2. Uygulamalar:



• Nanotoksikoloji: Hedefe yönlendirilebilir nanopartiküller, toksik etkilerini belirli hücrelere sınırlayarak veya toksisitelerini azaltarak terapötik etkiyi artırabilirler.

• İlaç Teslimi: Hedefe yönlendirilebilir nanopartiküller, ilaçları belirli dokulara veya hücrelere taşıyarak, terapötik etkinliği artırabilir ve yan etkileri azaltabilir.

• Görüntüleme: Floresan veya manyetik nanopartiküller, hedefe yönlendirilerek, tümörlerin veya diğer patolojik alanların daha hassas bir şekilde görüntülenmesini sağlayabilir.

• Diyagnostik Testler: Hedefe yönlendirilebilir nanopartiküller, belirli hedef molekülleri veya biyolojik işaretleyicilerin tespiti için kullanılabilir, bu da daha hassas ve spesifik bir tanı sağlar.

Hedefe yönlendirilebilir nanopartiküller, nanoteknolojinin bir alt dalı olarak terapötik ve diagnostik uygulamalarda önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak, bu sistemlerin tasarımı ve karakterizasyonu, biyolojik etkileşimlerin anlaşılması ve istenen etkinin sağlanması açısından büyük önem taşır.

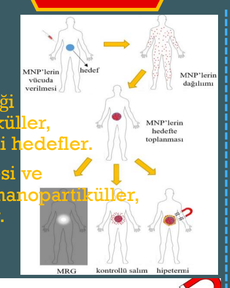
8. BAZI KLİNİK UYGULAMALAR :

8.1. Kanser Tedavisi için Nanoteknolojik Uygulamalar:

İlaç Teslimi: Kanser tedavisinde nanopartiküller, ilaçları doğrudan tümör hücrelerine taşıyarak, istenmeyen yan etkileri azaltabilir ve terapötik etkinliği artırabilir. Özellikle, lipit bazlı nanopartiküller veya polimer bazlı nanopartiküller, ilaçları tümöre seçici bir şekilde taşıyarak kanser hücrelerinin öldürülmesini hedefler.

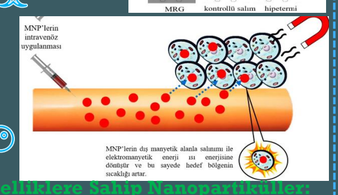
Görüntüleme: Kanser tedavisinde nanopartiküller, tümörlerin görüntülenmesi ve tanısında da kullanılabilir. Örneğin, manyetik nanopartiküller veya floresan nanopartiküller, tümörlerin MRI veya optik görüntüleme yöntemleriyle belirlenmesini sağlar.

Hipertermi Tedavisi: Manyetik nanopartiküllerin hipertermi tedavisinde kullanılması, tümör hücrelerini hedefleyerek yerel bir ısı artışı sağlar. Bu, kanser hücrelerinin ölümüne ve tümörün küçülmesine neden olabilir.



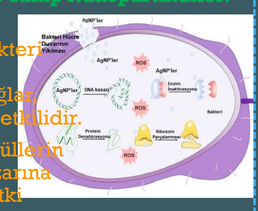
8.2. Hörolojik Hastalıklar: Nöronal Onarım ve Tedavi:

Nanopartiküller, nörolojik hastalıkların tedavisinde ve nöronal onarım süreçlerinde kullanılabilir. Örneğin, nörotrofik faktörlerin nanopartikül taşıyıcılarla beyne taşınması, nöronal sağkalımı artırabilir.



8.3. Antibakteriyel Özelliklere Sahip Nanopartiküller:

Gözeneklilik: Küçük boyutları sayesinde nanopartiküller, bakteri ve mikroorganizmaların içine girerek antimikrobiyal etki sağlar, bu da enfeksiyon tedavisinde etkilidir.



Yüzey Özellikleri: Nanopartiküllerin yüzeyleri, bakterilerin hücre zarına zarar vererek antibakteriyel etki gösterir; metal veya polimer kaplamalarla bu etki artırılabilir.

Kombine Tedavi: Nanopartiküller, antibiyotikler veya diğer antibakteriyel ajanlarla birlikte kullanılarak daha etkili enfeksiyon tedavisi sağlar.

Kardiyovasküler Onarım ve Tedavi: Nanopartiküller, kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde ve kardiyovasküler dokunun yenilenmesinde potansiyel olarak faydalıdır. Örneğin, miyokardiyal rejenerasyon için nanofiber destekli kök hücre tedavisi klinik çalışmalarda incelenmiştir.

Kanser tedavisi için nanoteknolojik uygulamalar ve antibakteriyel özelliklere sahip nanopartiküller, günümüzde yoğun araştırma ve geliştirme çalışmalarının odak noktasıdır. Bu nanopartiküller, geleneksel tedavi yöntemlerinin sınırlamalarını aşarak daha etkili ve hedefe yönelik bir tedavi sunabilirler.

9. Önemli Nano-İlaç Taşıyıcı Sistemler ve Toksikolojik Değerlendirmeleri

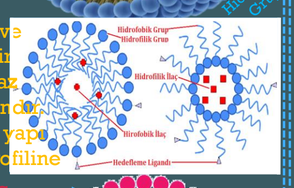
Nanoteknolojinin en önemli uygulama alanlarından biri hedeflendirilmiş nano-ilaç taşıma sistemleridir. Bu sistemler, özellikle kanser ve aşı geliştirme çalışmalarında umut verici sonuçlar sunmaktadır. Nano-ilaç taşıma sistemleri, kanser dokusu ve kan-beyin bariyeri gibi zor ulaşılabilir alanlara ilaç moleküllerini taşımayı mümkün kılmaktadır. Lipozomlar ve miseller bu alandaki ilk sistemlerdir, ancak günümüzde katı-lipit nanopartiküller, polimerik sistemler, dendrimerler, karbon nanotüpler, fullerenler ve kuantum noktaları gibi çeşitli nano-ilaç taşıyıcı sistemler kullanılmaktadır.

9.1. Lipozomlar

Lipozomlar, çift tabakalı fosfolipidlerden oluşan ve 50-200 nm büyüklüğünde sistemlerdir. Biyouyumlu ve non-iyonik yapıları sayesinde hem suda hem de yağda çözünebilen ilaçları taşıyabilirler. Avantajları arasında geri dönüşüm imkanı, yüksek ilaç bağlama verimliliği ve toksisitelerini azaltma yetenekleri bulunur. Dezavantajları ise yüksek üretim maliyetleri ve ilaç sızma riskidir.

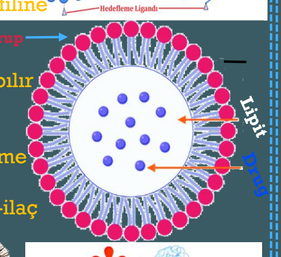
9.2. Miseller

Miseller, tek tabakalı yapılarıyla lipozomlara benzerler ve yaklaşık 10 nm büyüklüğündedirler. Kolay elde edilebilir olmaları, radyoaktif işaretlenebilmeleri ve çözünürlüğü az olan maddeleri çözünür hale getirmeleri avantajlarındandır. Toksisitelerine ilişkin çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, yapısal olarak lipozomlara benzedikleri için benzer toksisite profiline sahip oldukları düşünülmektedir.



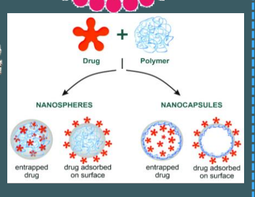
9.3. Katı Lipit Nanopartiküller (SLN)

SLN'ler oda ve vücut sıcaklığında katı olan lipitlerden yapılır ve yüzey aktif maddelerle dengelenirler. Yüksek fiziksel stabiliteye sahip olup, kontrollü ilaç salınımı ve iyi tolere edilebilirlik sunarlar. Dezavantajları ise yeterli ilaç yükleme kapasitesine sahip olmamaları ve yüksek su içeriğidir. Bu sorunları aşmak için nanoyapılı lipit taşıyıcılar ve lipit-ilaç konjugatları gibi sistemler geliştirilmiştir.



9.4. Polimerik Nanopartiküller (PNP)

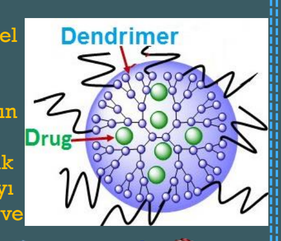
PNP'ler, sentetik ve doğal polimerlerden oluşan 10-100 nm büyüklüğünde yapılardır. Polietilen glikol (PEG) kaplamaları, antijenik özelliği azaltarak nanopartiküllerin fagositozunu sınırlar ve organlarda kan düzeylerini artırır.



FDA, polilaktik asit (PLA) ve polilaktik-ko-glikolik asit (PLGA) gibi biyolojik olarak parçalanabilir polimerik nanopartikülleri onaylamıştır. Avantajları arasında yüksek biyoyararlanım, kontrollü ilaç salınımı, küçük partikül boyutları sayesinde hücresel giriş ve hedeflendirme yetenekleri sayılabilir. PNP'lerin toksisitesine ilişkin in vitro ve in vivo çalışmalar, genel olarak güvenli olduklarını göstermektedir.

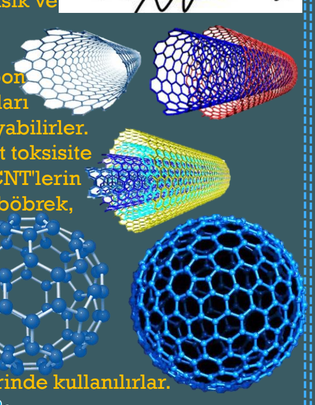
9.5. Dendrimerler

Dendrimerler, çekirdek, dallanma birimleri ve fonksiyonel gruplardan oluşan polimerik yapılardır. İlaçları hem iç kısımlarında hem de yüzey gruplarında taşıyabilir ve kontrollü olarak salıverebilirler. Kanser tedavisinde yaygın olarak kullanılırlar. Poliamidoamin (PAMAM) dendrimerleri suda iyi çözünürlük ve oral uygulanabilirlik sunar. Ancak, dendrimerler katyonik yüzeylerinden dolayı biyolojik zarlarla etkileşime girerek hemolitik, sitotoksik ve hematolojik toksisiteye neden olabilirler.



9.6. Karbon Nanotüpler (CNT)

CNT'ler, 1-100 nm uzunluğunda ve 1 nm çapında karbon atom ağlarıdır. Tek ve çok duvarlı çeşitleri vardır. İlaçları çekirdeklerine dahil edebilir veya yüzeylerine bağlayabilirler. Çelişkili toksisite raporları vardır, bazı çalışmalar akut toksisite ve hücresel ölüme neden olduğunu göstermektedir. CNT'lerin toksik etkileri uzunluk ve şekillerine bağlıdır, en çok böbrek, akciğer, deri ve konjunktivada birikirler.

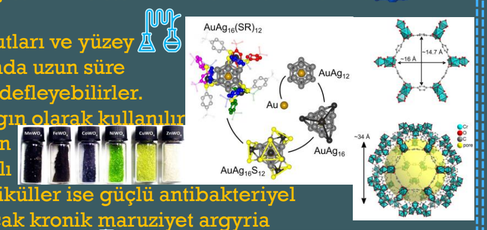


9.7. Fullerenler

Fullerenler, CNT'lere benzer ancak küresel kafeslerdir. En yaygın formu 60 karbon atomu içeren C60'dır. Nöroprotektif, antiviral, antibakteriyel, antitümoral, antiapoptik ve antioksidan özellikler taşırlar ve ilaç salınım sistemlerinde kullanılırlar.

9.8. Metalik Nanopartiküller

Metalik nanopartiküller, küçük boyutları ve yüzey modifikasyonları nedeniyle dolaşımda uzun süre kalabilirler ve tümör bölgelerini hedefleyebilirler. Altın ve gümüş nanopartiküller yaygın olarak kullanılır. Altın nanopartiküller, toksisitelerinin boyut, şekil ve yüzey kimyasına bağlı olduğunu gösterir. Gümüş nanopartiküller ise güçlü antibakteriyel etkinlikleri nedeniyle kullanılır, ancak kronik maruziyet argyria bozukluğuna neden olabilir.



9.9. Kuantum Noktaları (QD)

QD'ler, 2-10 nm boyutlarında yarı iletken kristallerdir. Yüksek parlaklık, fotostabilite ve ayarlanabilir emisyon spektrumları vardır. Görüntülemelerde ve ilaç taşıma sistemlerinde kullanılırlar. Toksisiteleri genellikle kadmiyum içermelerinden kaynaklanır.

Bu nano-ilaç taşıma sistemleri, tıbbi tedavilerde etkinliği artırırken, potansiyel toksik etkileri minimize etme yetenekleriyle dikkat çekmektedir.

10. SONUÇLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLER:

Başarılar ve Zorluklar, Gelecekteki Potansiyel Uygulamalar

Nanopartikül tabanlı tedavi yöntemleri, sağlık alanında önemli başarılar elde etmiş olup, gelecekte geniş uygulama potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu alanda bazı zorluklar da mevcuttur.

Başarılar:

Daha Etkin Tedavi Seçenekleri: Nanopartiküller, kanser ve diğer hastalıkların tedavisinde daha hedefe yönelik ve etkili tedavi seçenekleri sunabilir, yan etkileri azaltabilir.

Görüntüleme ve Tanı: Nanopartiküller, tümörlerin daha hassas belirlenmesi için MRG ve optik görüntüleme gibi yöntemlerde kullanılabilir.

Antibakteriyel Etki: Antibakteriyel nanopartiküller, antibiyotik direnciyle mücadelede önemli bir rol oynayabilir ve geleneksel antibiyotiklerin etkinliğini artırabilir.

Zorluklar:

Toksisite ve Biyo-Uyumluluk: Nanopartiküllerin toksik olabileceği ve biyo-uyumluluk sorunlarına neden olabileceği bilinmektedir. Bu konularda daha fazla araştırma gereklidir.

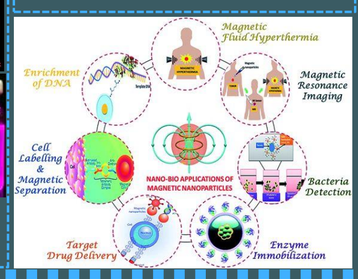
Klinik Uygulanabilirlik: Büyük ölçekli üretim, stabilize formülasyonlar ve klinik testlerin maliyeti gibi faktörler, klinik uygulanabilirliği sınırlayabilir.

Yönetmeliksel Zorluklar: Nanoteknoloji tabanlı ürünlerin yönetmeliksel değerlendirilmesi ve onaylanması karmaşık, zaman alıcı ve maliyetli bir süreçtir.

Gelecek Potansiyel Uygulamalar:

Kişiselleştirilmiş Tedavi: Nanopartiküller, hastaların bireysel gereksinimlerine uygun tedavi seçenekleri sunabilir.

Nanoteknoloji Destekli Doku Mühendisliği: Nanopartiküller, organ nakli ve rejenerasyonu gibi alanlarda yenilikçi çözümler sağlayabilir.

Akıllı İlaç Teslimi Sistemleri: Çevresel veya fizyolojik değişikliklere duyarlı akıllı nanopartiküller, ilaçların daha spesifik ve etkili bir şekilde hedeflenmesini sağlayabilir.

Sonuç olarak, nanopartikül tabanlı tedavi yöntemleri sağlık alanında büyük bir potansiyele sahiptir, ancak daha fazla araştırma, klinik çalışma ve düzenlemeler gerekmektedir.