

NANOMEDICINA

Autor: Borna Kufner

student Medicinskog fakulteta Osijek, studij Medicine

Nanotehnologija predstavlja interdisciplinarno područje koje se bavi manipulacijom tvari na razini nanometara, s ciljem razvoja novih materijala i sustava s jedinstvenim fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima. Posljednjih godina njezina primjena u medicini, poznata kao nanomedicina, pokazuje značajan potencijal u unapređenju dijagnostike, terapije i prevencije bolesti. Razvoj nanostrukturiranih sustava je omogućio je precizniju interakciju s biološkim procesima na staničnoj i molekularnoj razini, čime se otvara put personaliziranom pristupu liječenju.

Dijagnostika

Jedan od najznačajnijih doprinosa nanotehnologije u medicini odnosi se na razvoj naprednih dijagnostičkih alata. Nanosenzori i nanočestice kao kontrastna sredstva omogućuju detekciju biomarkera u vrlo niskim koncentracijama, čime se omogućuje rana dijagnoza bolesti, osobito malignih i genetskih poremećaja. Nanomaterijali poput zlatnih nanočestica, kvantnih točaka i ugljičnih nanocijevi koriste se za poboljšanje osjetljivosti i specifičnosti dijagnostičkih testova. Njihova sposobnost funkcionalizacije omogućuje selektivno vezanje za ciljne molekule što je ključno za preciznu identifikaciju patoloških promjena. Dodatno, razvoj tzv. „tekuće biopsije“ omogućuje minimalno invazivno praćenje bolesti putem analize cirkulirajućih tumorskih stanica i nukleinskih kiselina.

Ciljana dostava lijekova

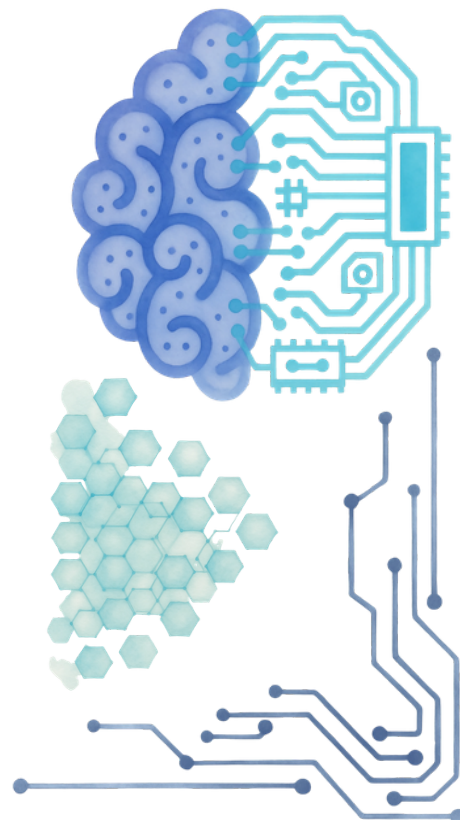
Ciljana dostava lijekova predstavlja jedno od najrazvijenijih područja nanomedicine. Nanočestice poput liposoma, polimernih nosača i dendrimera omogućuju enkapsulaciju lijekova, čime se poboljšava njihova stabilnost, topljivost i bioraspodjivost. Dva osnovna mehanizma ciljanja uključuju pasivno i aktivno ciljanje. Pasivno ciljanje temelji se na povećanoj propusnosti i zadržavanju (EPR efektu) karakterističnom za tumorsko tkivo, dok aktivno ciljanje uključuje interakciju liganda na površini nanopartikula s receptorima na ciljnim stanicama. Ovi pristupi omogućuju selektivno nakupljanje lijeka u patološkim tkivima uz smanjenje sistemske toksičnosti.

Primjena

Nanotehnologija ima značajnu ulogu u onkologiji, gdje doprinosi poboljšanju učinkovitosti kemoterapije i smanjenju nuspojava. Nanonositelji omogućuju precizno usmjeravanje citostatika prema tumorskim stanicama, čime se povećava terapijski indeks. Nadalje, nanotehnologija se primjenjuje i u kardiologiji (npr. ciljana terapija tromboze), neurologiji (dostava lijekova kroz krvno-moždanu barijeru), infektologiji (antimikrobni nanomaterijali) te u regenerativnoj medicini (tkivno inženjerstvo). Posebno je značajna sposobnost određenih nanočestica da prelaze krvno-moždanu barijeru, što predstavlja velik napredak u liječenju neuroloških bolesti.

Antimikrobni učinci

Nanomaterijali poput srebrnih, zlatnih i metal oksidnih nanočestica pokazuju izražena antimikrobna svojstva. Njihovo djelovanje uključuje oštećenje stanične membrane mikroorganizama, stvaranje reaktivnih kisikovih spojeva te interferenciju s unutarstaničnim procesima. Ovi mehanizmi djelovanja čine nanomaterijale potencijalnom alternativom konvencionalnim antibioticima, osobito u kontekstu rastuće antimikrobne rezistencije. Primjena uključuje medicinske uređaje, implantate i obloge za rane s antibakterijskim svojstvima.



Regenerativna medicina

U području regenerativne medicine, nanostrukturirani materijali koriste se kao potporne strukture koje oponašaju prirodnu izvanstaničnu matricu. Takvi sustavi omogućuju adheziju, proliferaciju i diferencijaciju stanica, čime se potiče regeneracija tkiva. Nanofibrozni materijali i hidrogelovi s ugrađenim nanočesticama dodatno poboljšavaju mehanička svojstva i biokompatibilnost, što ih čini pogodnima za primjenu u kirurškim zahvatima i liječenju kroničnih rana.

Nanoroboti i nanozimi

Razvoj nanorobotike predstavlja jedno od najnaprednijih područja nanomedicine. Nanoroboti su dizajnirani za obavljanje specifičnih zadataka unutar organizma, uključujući ciljanu dostavu lijekova, uklanjanje patoloških struktura i praćenje bioloških procesa.

Nanozimi, umjetni nanomaterijali s enzimskom aktivnošću, nude prednosti u odnosu na prirodne enzime uključujući veću stabilnost i jednostavniju proizvodnju. Njihova primjena obuhvaća dijagnostiku, terapiju i antibakterijsko djelovanje

Izazovi i ograničenja

Unatoč značajnom napretku, primjena nanotehnologije u medicini suočava se s brojnim izazovima. Biokompatibilnost i potencijalna toksičnost nanočestica predstavljaju ključne sigurnosne aspekte koji iziskuju dodatna istraživanja. Dodatni izazovi uključuju složenost i troškove proizvodnje, nedostatak standardiziranih regulatornih okvira, ograničeno razumijevanje dugoročnih učinaka nanomaterijala. Regulatorne agencije poput FDA i EMA već rade na razvoju smjernica za procjenu sigurnosti

i učinkovitosti nanomedicinskih proizvoda, no globalna standardizacija još uvijek nije postignuta.

Zaključak

Nanotehnologija predstavlja ključni pokretač inovacija u suvremenoj medicini, omogućujući razvoj preciznih dijagnostičkih i terapijskih pristupa. Njezina primjena u ciljanj dostavi lijekova, ranoj dijagnostici i regenerativnoj medicini ukazuje na značajan klinički potencijal. Unatoč postojećim izazovima, daljnji razvoj nanomedicine uz interdisciplinarnu suradnju i odgovarajuću regulatornu podršku mogao bi značajno unaprijediti ishode liječenja i doprinijeti razvoju personalizirane medicine.

Izvor:

Kazi RNA, Hasani IW, Khafaga DSR, et al. Nanomedicine: The Effective Role of Nanomaterials in Healthcare from Diagnosis to Therapy I.2025;17(8):987.

