



**TRENČIANSKA UNIVERZITA ALEXANDRA  
DUBČEKA V TRENČÍNE**  
**Fakulta priemyselných technológií v Púchove**

## **Nanotechnológie v medicíne**

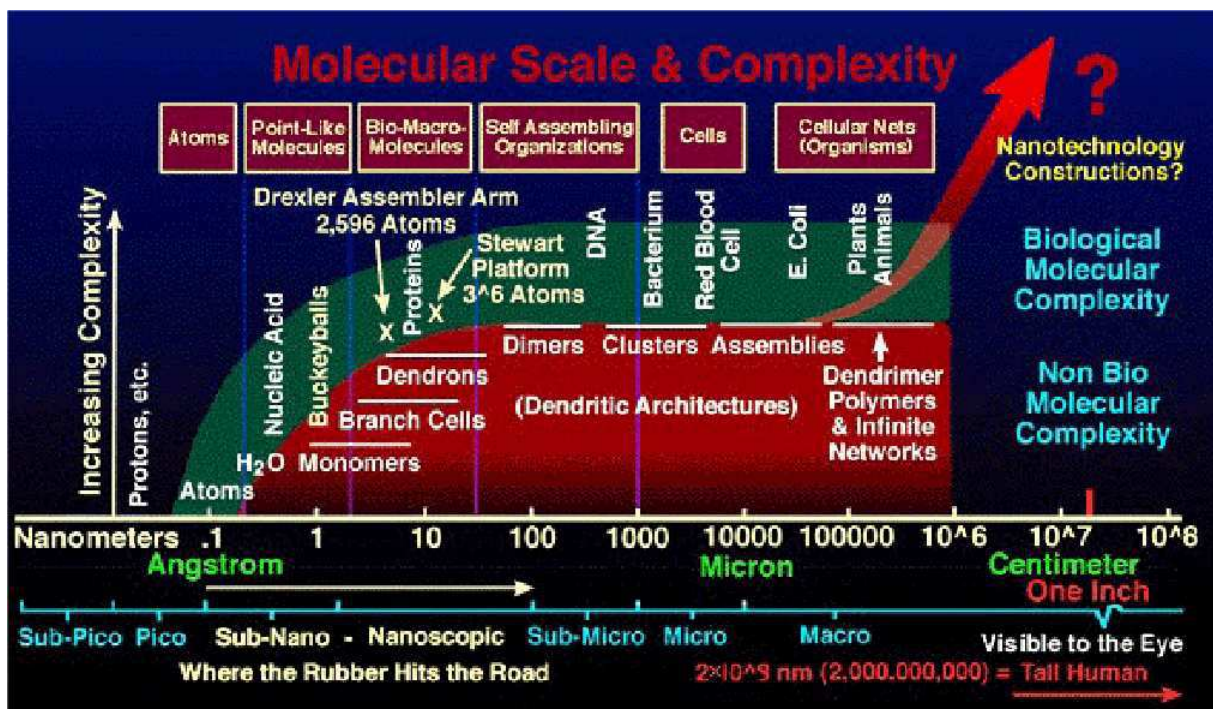
Bc. Martina Dúbravková

3E521

2014/2015

## Nanotechnológia

Pojem odvodený z gréckych slov nanos (trpaslík) a techné (schopnosť, skúsenosť). Nanotechnológia sa zaoberá objektmi veľkosti rádovo v nanometroch, teda  $10^{-9}$  m. Práca v týchto rozmeroch sa vymyká súčasným praktickým skúsenostiam z bežného života (zo života v makrosvete). Všetky fyzikálne a chemické zákony síce naďalej platia, ale ich vplyv sa uplatňuje v nezvyklých pomeroch a zároveň sa uplatňuje množstvo javov, ktorých prejavy v makrosvete nepozorujeme. Napríklad gravitácia sa v nanomerítku stáva zanedbateľnou silou voči pôsobeniu medzimolekulárnych interakcií.



Obr.: Molekulárna stupnica

Nanotechnológiu je možné definovať ako technický odbor, ktorý sa zaoberá výskumom a vývojom takých materiálov alebo systémov, ktorých aspoň niektoré charakteristické rozmery majú veľkosť rádovo v jednotkách až desiatkach nanometrov. Dôležité je, že fyzikálne a chemické vlastnosti jednotlivých častí na nanometrovej úrovni sú pomerne dobre definované. Zahŕňa výrobu a aplikáciu fyzikálnych, chemických a biologických systémov s rozmermi dosahujúcimi od jednotlivých atómov či molekúl k submikrónovým systémom, rovnako ako integráciu výsledných nanoštruktúr do väčších celkov.

## História nanotechnológie



Keď americký fyzik, nositeľ Nobelovej ceny **Richard P. Feynman** (1918 – 1988), jeden zo zakladateľov nanotechnológií, predstavil na dnes už kultovej prednáške „*There’s Plenty of Room at the Bottom*“ na kongrese American Physical Society v roku 1959 základnú myšlienku nanotechnológií, zrejme netušil, aké nekonečné možnosti nanosveta otvára. Feynman zvlášť poukázal na skutočnosť, že celá živá príroda pracuje na úrovni atómov a molekúl. Človek len pred nedávnom nahliadol do tajomstiev základných biochemických pochodov, keď sa mu podarilo dešifrovať genetické kódy rastlín a živočíchov. Ale príroda práve na základe týchto zákonitostí dokáže už milióny rokov vystavať obrovské množstvo organizmov, od baktérií a rastlín, cez neobyčajne rozmanitú a početnú triedu hmyzu a živočíchov, až po samotného človeka. A bol to práve Feynman, ktorý položil vedeckému svetu otázku: „*Ak to zvládne príroda, prečo nie my?*“.

## Rozdelenie nanotechnológie

V súčasnosti rozlišujeme v rámci nanotechnológií štyri hlavné prúdy výskumu a vývoja:

- **nanoelektronika,**
- **nanomateriály,**
- **molekulárna nanotechnológia,**
- **mikroskopy s nanometrovou rozlišovacou schopnosťou.**

## Molekulárna nanotechnológia

Názov tohto oboru pochádza od rozmerov, s ktorými pracuje. Tieto sú zatiaľ desiatky až tisíce nanometrov. Do 1 nm vojdú zhruba 3 – 4 atómy. Predstava o stupni miniaturizácie: vírus je veľký zhruba 100 nm, ľudský vlas má priemer 200  $\mu\text{m}$ . Základným stavebným prvkom molekulárnej nanotechnológie je atóm. Rôznym usporiadaním atómov je možné meniť vlastnosti výsledného produktu. Napríklad rôzne organizácie atómov uhlíka vedú k vzniku grafitu alebo diamantu (celkom odlišné vlastnosti).

Molekulárna nanotechnológia predstavuje skôr hypotetickú oblasť využitia nanotechnológií, u ktorej nemožno očakávať použiteľné aplikácie v horizonte niekoľko málo rokov. Snahou molekulárnej nanotechnológie je konštrukcia strojov v nanometrových rozmeroch, miniatúrnych strojov, ktorých konštrukčnými prvkami budú jednotlivé atómy a molekuly.

### **Nanotechnológie a medicína**

Žijeme v dobe, kedy sa mení populácia v rozvinutých i rozvíjajúcich sa krajinách. Civilizačné choroby a starnúca populácia sa stávajú normou. Túto nevýhodu vyvažujú pokroky v nanotechnológiách, ktoré prispievajú k prevencii rozširovania chorôb, umožňujú skoršie stanovenie diagnózy a poskytujú liečbu najrôznejšími prostriedkami.

### **Nanomedicína**



Nanomedicína môže byť definovaná ako sledovanie ľudského organizmu, reparácia ľudských buniek a tkanív a kontrola nad človekom prostredníctvom biologického systému tvoreného z nanosúčiastok a nanosystémov na molekulovej úrovni.

Nanotechnológie majú veľké perspektívy aj v medicíne, aj keď u nás na rozdiel od vyspelých štátov ešte nie sme ani na prahu dverí do nanosveta. V rezortnom strategickom rámci pre zdravotníctvo na roky 2013 až 2030 sa hovorí o biomedicíne a biotechnológiách, na čo chce rezort použiť do roku 2020 až 500 mil. eur, ale nanotechnológie sa nespomínajú. Zdá sa, že výskum využívania nanočastíc v zdravotníctve u nás zatiaľ nezaujal. Pritom ich poznávanie a využívanie sľubuje prevrat okrem iného aj v medicíne.

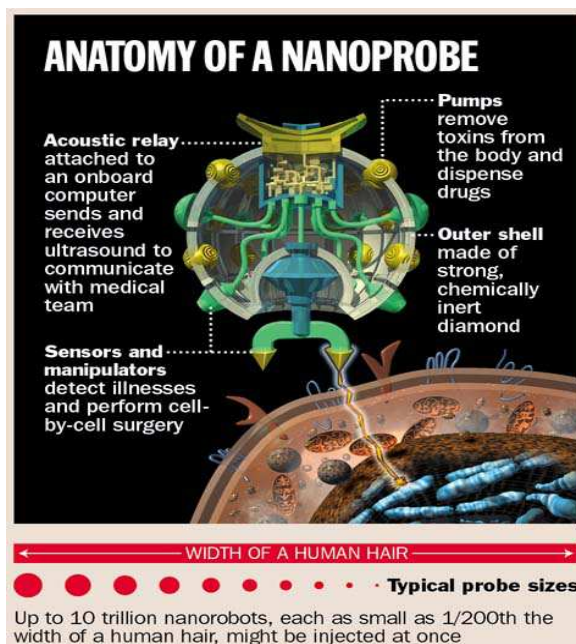
Medicína a zdravotná starostlivosť sa odohráva na mikroskopickej a molekulárnej úrovni, teda na úrovni, kde sa výsledky nanotechnologického výskumu môžu výborne uplatniť. Mnohé aplikácie sa uvádzajú v chirurgii, diagnostike a v terapii rakoviny, detekcii chorobných markerov, molekulárnom zobrazovaní, technológií implantátov, tkanivovom inžinierstve a v zariadeniach na distribúciu liečiv, proteínov, génov a rádionuklidov v organizme. Stále viac nanovýrobov je predmetom klinického skúmania a niektoré z nich sú aj komerčne dostupné. V medicíne je však nástup nanotechnológií pomalší aj preto, lebo sa musí skúmať, či nanoštruktúry, zavedené do ľudského tela, nemajú vedľajšie účinky poškodzujúce zdravie. Testovanie a schvaľovanie procedúr a látok pre zdravotníctvo

vyrobených pomocou nanotechnológií trvá roky. Nehovoriac o značných nákladoch na výskum.

Striktne ponímaná nanomedicína je skôr hudbou budúcnosti, predstavuje aplikáciu techník molekulárnej technológie v medicíne. Nanomedicína môže byť definovaná ako sledovanie, opravovanie a kontrola nad človekom na molekulovej úrovni biologickým systémom, ktorý je vytvorený z nanosúčiastok a nanosystémov.

Nanomedicína je aplikácia nanotechnológií v medicíne. Je založená na troch vzájomne sa prekrývajúcich a progresívne sa rozvíjajúcich molekulárnych technológiách:

1. **Nanoštruktúrne materiály a zariadenia**, ktoré sa javia veľmi sľubne pri zlepšovaní funkcie diagnostických biosenzorov, cielenej distribúcie liečiv a vo vývoji inteligentných liekov.
2. **Molekulárna medicína**, hlavne genomika, proteomika a využitie umelých organizmov.
3. **Molekulárne stroje** ako napr. nanoboti, ktorí umožňujú prakticky okamžitú diagnostiku nasledovanú kauzálnym zásahom, napr. likvidácia patogénu, vážne poškodeného chromozómu alebo nanochirurgickým zákrokom na bunke. Molekulárne stroje by mali byť schopné zosilniť a zlepšiť prirodzené fyziologické funkcie.



Obr.: Anatomia nanosondy

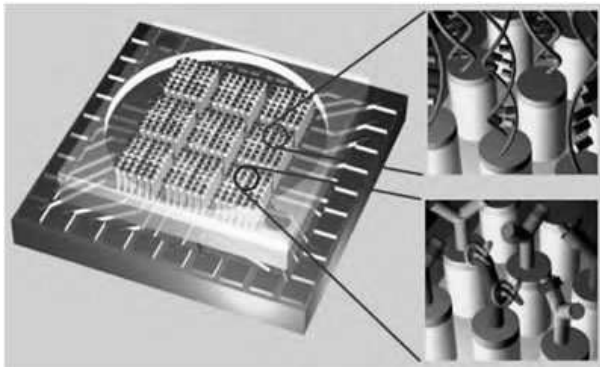
Nanomedicínu možno aplikovať v celej rade odborov, napr.:

- **Nanodiagnostika** – priama molekulárna diagnostika nanosenzorom, nanotechnológie v zobrazovacích metódach.
- **Nanofarmakológia** – lieky s vylepšeným smerovaním do chorých tkanív.
- **Regeneratívna medicína** – využitie nanotechnológií v tkanivovom inžinierstve.
- **Implantáty** – elektroneurálna interfrácia, implantáty, vrátane umelých orgánov, ktorých povrch je rezistentný k odhojeniu.
- **Terapeutický nanoboti** – cievna chirurgia nanobotmi nachádzajúcimi sa v cievach, nanoboti rozpoznávajúci a ničiaci nádory.

### Nanodiagnostika

Nanodiagnostika vyžíva nanotechnológie v klinickej diagnostike. Pre označenie nie je dôležité, či ide o diagnostiku in vivo alebo in vitro, teda či ide o využitie nanotechnológií pri štúdiu priamo živého organizmu, alebo pri štúdiu odobraných vzoriek.

### Nanosenzory



Nanosenzor je zariadenie využívajúce vlastnosti nanomateriálov k detekcii fyzikálnych, chemických či biologických veličín. V prípade, že ide o senzor upravený pre prácu s biologickým materiálom, aj pre prácu in vivo, je možné hovoriť o nanobiosenzore.

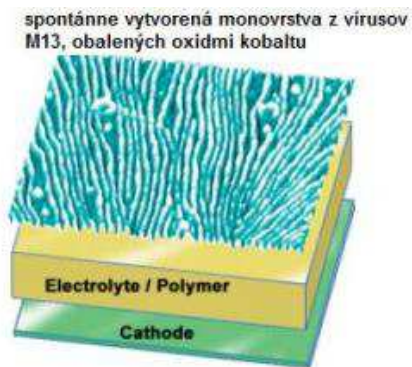
Detekcia sa definuje ako premena jednej formy energie na inú, ľahšie spracovateľnú a následne aj jednoduchšie vnímateľnú človekom alebo zariadením. Detekovaná energia potom môže niesť informáciu, napr. o fyzikálnych vlastnostiach sledovaného objektu, chemických vlastnostiach alebo napríklad aj o priestorovej konfigurácii v sledovanej oblasti.



## Nanotechnológie v molekulárnej medicíne

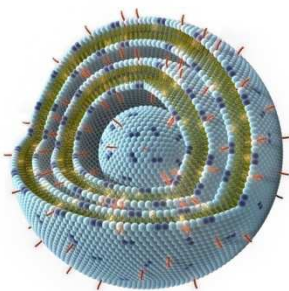
Molekulárnou diagnostikou sa rozumie sledovanie prítomnosti, prípadne biologickej aktivity biomolekúl v organizme, alebo vo vzorkách tkanív či telesných tekutín. Vzhľadom k rozmerom by mohli byť do in vitro diagnostiky zaradené napr. DNA – čipy, samozrejme vlastne nejde o nanotechnológie, pretože pracujú ako miniatúry makroskopických systémov. Existujú však aj komerčne dostupné systémy, napríklad pre skenovanie DNA, ktorú sú celé postavené na nanotechnológiách.

Ďalším priamočiarym využitím nanočastíc v in vitro molekulárnej diagnostike je použitie nanočastíc ako značiek, napr. pri označení protilátok. V porovnaní s klasickým značením rádioaktívnymi časticami, fluorescenčnými farbami alebo enzýmami sú nanočastice menej toxické a pri vhodnom použití je tiež meranie obvykle rýchlejšie a citlivejšie.



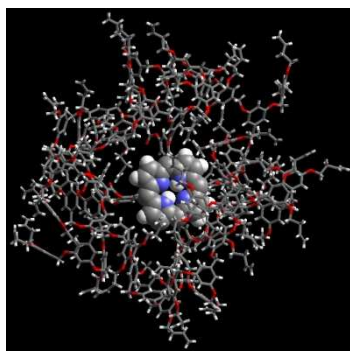
## Nanofarmácia a nanofarmakológia

Nanotechnológia sa dá s pomerne veľkým úspechom využiť aj vo výskume konvenčných liekov, pomocou nanočastíc sa dá pomerne dobre sledovať distribúcia liekov v organizme. Pre klinické aplikácie nanotechnológií je ale omnoho zaujímavejšie priame použitie nanotechnológií pri navrhovaní liekov. Nanoštruktúry môžu predstavovať priamo vlastnú liečivú látku alebo sa môžu podieľať na distribúcii klasického farmaka v organizme chorého.



**Lipozómy** sú fosfolipidové častice, ktoré svojou veľkosťou presahujú mierku nanotechnológií, priemer lipozómu sa pohybuje od 20 nm do 5  $\mu\text{m}$ . Lipozómy možno efektívne kombinovať s nanotechnológiami. Nakoľko lipozómy horšie transportujú lipofilné látky, je možné do lipozómu uzatvoriť napr. C60 fulleren, ktorý je pomerne lipofilný. Vzniknutá častica sa niekedy označuje

ako buckyzóm.

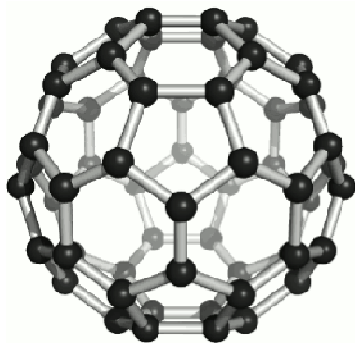


**Dendrimery** sú špecifické makromolekuly, jednoznačne zaradené medzi nanočastice. Dendrimery totižto na rozdiel od bežne používaných syntetických makromolekúl, nevznikajú náhodnou polymerizáciou. Základnou jednotkou dendrimera je molekula označovaná ako vetviaca sa jednotka. Na základ, jadro dendrimera, sa naviažu presne definovaným spôsobom vetviace sa jednotky, v ďalšom kroku s viažu ďalšie a ďalšie až vznikne pravidelná štruktúra. Dendrimery sa vyznačujú veľkým priestorom vo vnútri a pomerne veľkým počtom funkčných skupín na povrchu. To umožňuje uskladniť aktívnu látku vo vnútri dendrimera a na povrch naviazať látky zvyšujúce biokompatibilitu.

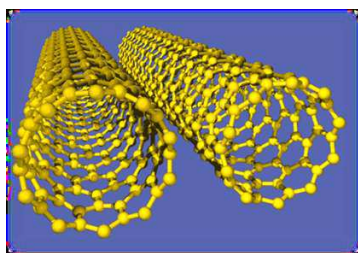
### Ďalšie nanočastice použiteľné pre transport liekov

K transportu liekov je možné použiť niekoľko ďalších nanočastíc:

- **fullereny** (buckminsterfullereny), sú guľovité uhlíkové zlúčeniny – nanočastice objavené začiatkom 90. Rokov. Ich názov je odvodený od architekta Richarda Buckminstera Fullera, ktorého diela sú podobné štruktúre fullerénov,

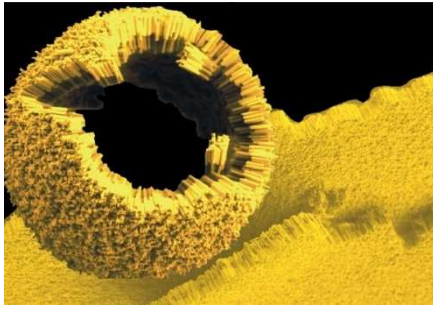


- **nanotrubičky** (nanotubes) sú molekuly uhlíka valcovitého tvaru, niekedy sa hovorí o valcovitej obdobe guľovitých fullerénov. Sami o sebe sú ako transportné médium nevhodné, výhodne sa kombinujú napríklad s lipozómami,

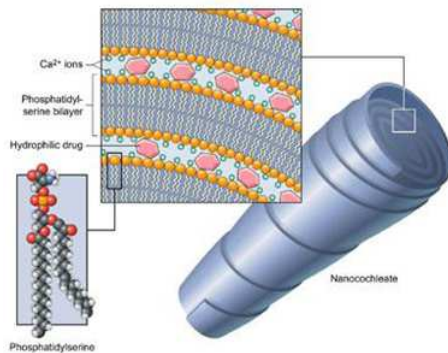




- **nanosféry** sú duté nanokryštály vytvorené z keramických materiálov,



- **nanocochleate** je nanočastica vzniknutá zvinutím fosfolipidovej membrány a stabilizovaná vápenatými iontami.



## Nanomedicína v zobrazovacích metódach

Nanotechnológia nachádza uplatnenie predovšetkým v kombinácii s magnetickou rezonanciou. Ako kontrastnú látku je možné použiť napr. nanočastice oxidov železa obalených krátkymi reťazcami dextranu, čo je polysacharid zložený z glukózy. Možnosti nanotechnológie sú však podstatne vyššie. Nanočastice s kontrastnou látkou sa spájajú napríklad s modifikovaným vírusom. Takto modifikovaný vírus sa selektívne viaže na receptory na vybraných typoch buniek. Na obraze je následne možné dobre zdokumentovať distribúciu vírusov v organizme. Nanotechnológiu možno použiť aj v klasickej rádiodiagnostike.



Napríklad zlaté nanočastice majú vyššiu absorpciu rentgenového žiarenia a vyšší biologický polčas ako jódomé kontrastné látky.

## **Nanomedicína v onkológii**

Nanotechnológie je možné aplikovať v onkológii ako v diagnostike, tak aj v terapii. Diagnostické aplikácie sú opodstatnené tým, že čím skôr je nádorové ochorenie rozpoznané, najlepšie v štádiu bez klinických prejavov, tým ľahšie je liečiteľné i vyliečiteľné. V terapii potom ide o pokiaľ možno selektívny zásah proti nádorovým bunkám.

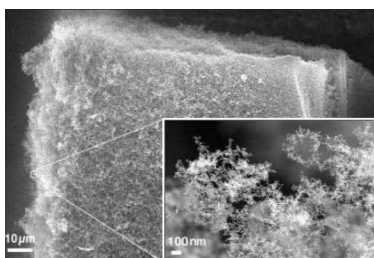
## **Nanotechnológia v onkologickej diagnostike.**

V diagnostike nádorových ochorení sa výrazne profilujú predovšetkým dva prúdy nanomedicíny.

Diagnostický prúd nanoonkológie sa uplatňuje predovšetkým pri screeningu a diagnostike konkrétneho typu nádoru. Po zachytení nádoru a určení jeho typu sa uplatňujú metódy nanotechnológie použiteľné v molekulárnej medicíne. Zjednodušene povedané, molekulárna medicína dodá parametre identifikujúce nádor a nanomedicína dodá postupy, ktoré umožnia tieto parametre vyhodnotiť. Samotné určenie typu nádoru nepostačuje, pre úplnú diagnózu je nutné poznať taktiež rozsah nádorového ochorenia, teda lokalizáciu a veľkosť primárneho ložiska aj prípadných metastáz. Nanomedicína ponúka rozšírenie možností zobrazovacích metód predovšetkým konštrukciou dokonalejších kontrastných látok pre prakticky všetky diagnostické modalities.

## **Nanotechnológie v onkologickej terapii.**

Vzhľadom k počtu nádorových ochorení a nie príliš povzbudivej prognóze niektorých nádorov je vývoj nových terapeutických modalít viac než žiaduce. Nanomedicína ponúka postupy, ktoré umožňujú cielený transport cytotoxickej látky do ložiska nádoru s maximálnou ochranou okolitých tkanív. Príkladom využitia nanočastíc v rádioterapii je zvýšenie účinnosti neutrónovej zachytnej terapie. Do nanočastice je vložený izotop bóru  $^{10}\text{B}$  a ihneď je týmito nanočasticami infiltrovaný nádor. Podobne je možné do nanočastíc uzavrieť feromagnetickú časticu a po infiltrácii nádoru vystaviť cieľové pole pôsobeniu premenlivého magnetického poľa.

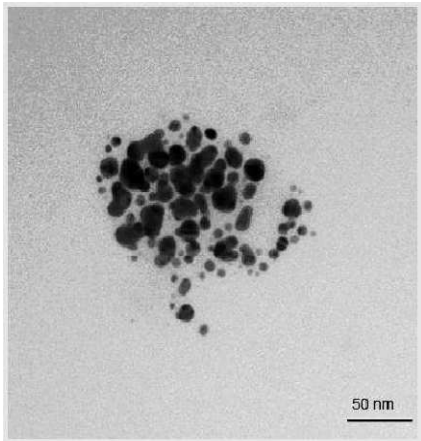


Zaujímavou vlastnosťou tzv. nanopeny (carbon nanofoam), čo je nanomateriál vzniknutý za pomerne extrémnych podmienok a fyzicky ide o veľmi riedku priestorovú sieť uhlíkových nanotrubičiek, hustota je iba  $2\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , je to, že po svojom vzniku je feromagnetická,

avšak tieto vlastnosti pomerne rýchlo stráca. Pri izbovej teplote je nanopena feromagnetická niekoľko hodín, po ochladení vydrží feromagnetická podstatne dlhšie. Ponúka sa cieleňá aplikácia nanopeny do ložiska nádoru a nasledujúce vystavenie chorého striedavému magnetickému poľu. Aj mierny ohrev potom vedie k deštrukcii nádorových buniek.

### **Nanomedicína v chirurgii**

V chirurgických odboroch nachádzajú, alebo skôr budú nachádzať, uplatnenie predovšetkým poznatky z oblasti nanoštruktúrnych materiálov. Nanoštruktúra niektorých povrchov predstavuje vhodné podmienky pre vyhojenie a dokonca aj pre integráciu cudzorodého, či umelého tkaniva do vlastných štruktúr organizmu. Okrem toho možno nanomateriály použiť na zlepšenie vlastností nástrojov a materiálov.

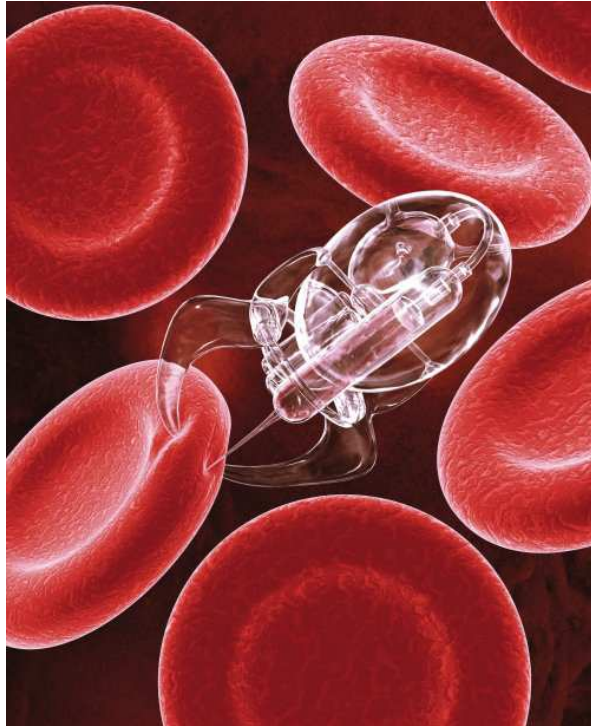


Typickým príkladom vylepšenia bežného materiálu aplikáciou nanotechnológií je použitie šijacieho materiálu napusteného striebornými nanočasticami. U strieborných nanočastíc sa predpokladá, že na ich antimikrobiálny účinok prakticky nebude vznikať rezistencia, ľahká kontrola kvality pri výrobe a predovšetkým dosiahnutie antimikrobiálneho pôsobenia pri takom množstve striebra, ktoré ešte nie je cytotoxické.

*Obr.: Nanočastice striebra*

### **Nanoboti v medicíne**

Nanobot, alebo taktiež nanorobot, je hypotetický stroj nanometrových rozmerov. Nadšení futurológovia opisujú, že lekárske nanoboti budú schopní prevádzať zásahy priamo v organizme, najlepšie priebežne. Vízia je taká, že sa ani nebude čakať na klinický vznik ochorenia, ale nanoboti prítomní v organizme budú vykonávať zásahy likvidujúce počiatok akejkoľvek nimi detekovateľnej choroby. Likvidácou sa nemyslí iba cieleňá likvidácia patologických štruktúr, ale ich oprava do fyziologického tvaru. Niektorí zachádzajú vo svojich úvahách ešte ďalej a domnievajú sa, že nanoboti by mali zasahovať aj do zdravého organizmu za účelom zlepšenia psychických a fyzických schopností jedinca.



*Obr.: Predstava a lekárskom nanobotovi (Coneyl Jay, Foresight Institute)*

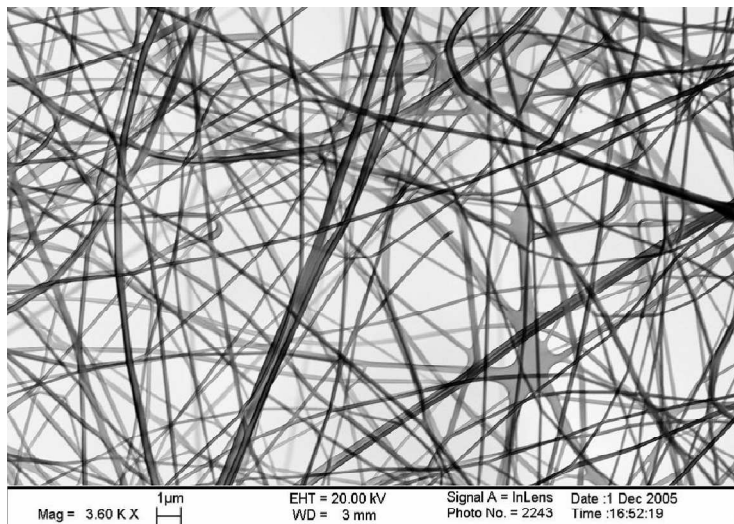
## **Tkanivové inžinierstvo**

Tkanivové inžinierstvo (tissue engineering) je odbor kombinujúci poznatky molekulárnej a bunkovej biológie s materiálovým inžinierstvom, ktorého cieľom je výroba alebo kultivácia takých molekúl, buniek alebo biomateriálov, ktoré umožnia upraviť alebo obnoviť biologickú funkciu tkanív a orgánov. Aplikácia tkanivového inžinierstva z medicínskeho pohľadu je jedným zo záujmov regeneratívnej medicíny. S nanotechnológiou sa tkanivové inžinierstvo prelína minimálne v dvoch oblastiach. Prvá oblasť je konštrukcia biokompatibilných materiálov, slúžiacich pri vývoji implantátov a orgánových náhrad osadených bunkami pacienta. Druhou oblasťou je vývoj náhrad niektorých bunkových typov.

## **Nanovlákná v tkanivovom inžinierstve**

**Nanovlákn**o (**nanofiber**) je vlákno z ľubovoľného materiálu, ktorého priemer je rádovo v nanometroch. Podľa technológie výroby sa jeho dĺžka môže pohybovať od rádu desiatok a stoviek mikrometrov až po metre. Najrozšírenejšou technológiou výroby nanovlákieň je **electropinning**. Základnou myšlienkou technológie je vyťahovanie kapilárneho vlákna z trysky silného elektrostatického poľa. Ide však o techniku málo efektívnu.

Okrem electrospinningu existuje celá rada ďalších technológií syntézy nanovlákien, ich efektívnosť je však tiež podobne nízka. Niektoré technológie sú ale výhodné pre syntézu nanovlákien z biologických materiálov. Technológia **nanospider** predstavuje proces schopný priemyselného nasadenia, podrobnosti o funkcii sú predmetom obchodného tajomstva. Veľká plocha nanovlákien a ich pórovitosť z nich robí ideálne lešenie, na ktorom sa zachytia rastúce bunky budúcej náhrady tkaniva. Okrem fyzikálnych vlastností je tiež nutné, aby nanovláčka mali vhodné vlastnosti chemické a biologické, teda aby ich interakcia s hostiteľským organizmom prebiehala žiaducim spôsobom. Nie je teda možné použiť ľubovoľný materiál, podmienkou je buď to, aby bol taký materiál biologicky degradovateľný tempom, ktoré umožní plne dosyntetizovať jeho prirodzenú náhradu, alebo aby bol biokompatibilný takým spôsobom, že možno prakticky vylúčiť imunitne podmienenú reakciu organizmu proti implantátu. Skúšajú sa rovnako nanovláčka z prírodných materiálov, ako sú kolagén, chitosan, kyselina hyaluronová, fibroin (fibrilárny proteín tvoriaci štruktúrny základ hodvábu) ako aj z materiálov syntetických, aj z uhlíka a z oxidu hlinitého.



*Obr.: Elektronmikroskopický obraz nanovlákien*

### **Aplikácia v spojivovom tkanive**

Náhrada orgánov spojivového tkaniva je motivovaná predovšetkým tým, že spojivo sa obvykle reparuje jazvou z hustého kolagénneho tkaniva, ktoré je funkčne menejcenné. Vykonávajú sa experimenty vedúce k náhrade stratových defektov kostného tkaniva a väzív. Zvláštna pozornosť je upriamená kĺbovým chrupavkám, pretože tá sama o sebe prakticky nedokáže zregenerovať.

### **Aplikácia v nervovom tkanive**

Tkanivové inžinierstvo ponúka možnosti opravy aspoň niektorých lézií nervového systému. Z nanovlákien sa dá vytvoriť náhrada časti nervového tkaniva zničeného chorobným procesom.

### **Nanotechnológia v náhrade buniek**

Predstava nanobotov opravujúcich iné bunky alebo dokonca nahradzujúce ich funkciu je v súčasnosti skôr námetom pre vedecko-fantastický román. Do podobnej oblasti patria aj úvahy o možnej konštrukcii umelej ľudskej bunky vylepšujúcej nejakým spôsobom organizmus hostiteľa. Čo je ale v dnešnej dobe možné, je dočasná náhrada funkcie erytrocytov – červených krviniek. Funkciu prenášača kyslíka môže plniť buď hemoglobín, alebo syntetická látka PFC (skratka pre perfluorkarbon, čo je uhl'ovodíková zlúčenina, ktorej všetky vodíkové atómy sú nahradené fluórom). Využitie nanočastíc prináša ešte jednu výhodu, nanočastice ľahšie prenikajú aj do oblastí, v ktorých je obmedzený prietok krvi.

### **Záver**

Vedcom a lekárom je čím ďalej jasnejšie, že vstup tejto technológie do ľudského života na seba zrejme nedá dlho čakať. Ako je vidieť, nápadov okolo nanotechnológií je dosť. Teraz záleží už len na ľudských možnostiach a schopnostiach, kedy ich bude možné zaviesť do praxe.

Zatiaľ nanotechnológia zostáva len relatívne malý priemyslom s veľkými prekážkami. Možnosti budovania dokonalých čipov pomocou nanotrubic zatiaľ aj etické znepokojenia. Zlučovanie ľudí so strojmi a možnosť nesmrteľnosti urazí pravdepodobne niektoré náboženské názory. Pokročilé lekárske ošetrenia možno vďaka nanotechnológii budú len pre bohatých, nanoroboti v našom tele „zdivočia“, nanozbrane budú nebezpečnejšie ako jadrové zbrane, prinesú všemožné zásahy do súkromia a podobne.



## **Použitá literatúra**

- *<http://nanopinion.eu/cs/about-nano/medic%C3%ADna-2>*
- *<http://nanomedicina.sweb.cz/>*
- *<http://zdravi.doktorka.cz/nanotechnologie-v-medicine/>*
- *<http://zoom.iprima.cz/clanky/leky-mensi-nez-bunka-budoucnost-mediciny-je-v-nanotechnologii>*
- *<http://www.polimedel.sk/nanotechnologie-v-medicine/>*
- *<http://www.understandingnano.com/medicine.html>*
- *<http://nano.tul.cz/projekt-esf-na-podporu-oboru-nanomaterialy>*
- *2014-06-23 zdravotnícke noviny – UPJS PF – nanotechnologie*
- *<http://www.nanotrading.sk/index.php?id=produktinfo>*
- *<http://szssvbazpo.wbl.sk/infvzdravotnictve.pdf>*
- *Nanotechnologie v medicíne – Jaromír Šrámek, Masarykova univerzita v Brně*