

Environmentálne a zdravotné aspekty uhlíkových nanotrubičiek

Doc. RNDr. Renáta Oriňáková, PhD.
KFCH PF UPJŠ Košice

Rastúca výroba nanočastíc spolu s ich využívaním v rôznych oblastiach prináša aj možné rizika spojené s ich pôsobením na ľudské zdravie a životné prostredie. Kvôli obavám z negatívneho vplyvu nanočastíc na životné prostredie sa požaduje monitoring. Nie je ani vyriešená otázka biologického účinku nanočastíc. Ich schopnosť interakcie s telesnými tekutinami, bunkami a proteínmi, ako aj cirkulácia po celom tele má priamy dôsledok na ich biologické účinky. Ako bolo potvrdené, dokážu prenikať do srdca a ciev, pečene, sleziny aj kostnej drene, kde môžu spôsobiť ich poškodenie. Je známe, že vdychovanie veľmi jemných nanočastíc s aerodynamickým priemerom pod 100 nm môže spôsobovať zápal pľúc, fibrózu, cytotoxicitu a oxidatívny stres. Do tela môžu prenikať okrem pľúc aj kožou alebo gastrointestinálnym traktom a môžu byť podané cielene pri diagnostických a terapeutických účeloch. Odpoveď imunitného systému na nanočastice nie je zatiaľ dostatočne známa [1, 2]. Niektoré štúdie poukázali na fakt, že vlastnosti, ktoré robia nanočastice také impozantné, môžu byť zodpovedné za ich toxické účinky. Toxicita nanočastíc závisí predovšetkým od veľkosti a povrchu častíc. Ďalej je potrebné zvážiť chemické zloženie a tvar nanočastíc. Pokusy s CNTs potvrdili, že toxicita závisí aj od geometrie nanočastíc. Toxický účinok fullerénov, SWNTs a MWNTs nie je rovnaký. Najsilnejšie toxické účinky boli zaznamenané pre SWNTs a naopak, najmenšia škodlivosť bola dokázaná pre fullerény [3].

Uhlíkové nanotrubičky obsahujú spravidla nečistoty, predovšetkým zvyšky katalyzátorov (teda ťažkých kovov) používaných pri ich výrobe, rôzne produkty elektrónových interakcií (vylúčené nie sú karcinogénne polyaromatické uhl'ovodíky), ale paradoxne aj nečistoty z najrôznejších chemických roztokov používaných pri čistení syntetizovaných nanotrubičiek. Všetky tieto látky sa môžu postupne uvoľňovať, v niektorých prípadoch aj dlhodobo. Vplyv uhlíkových nanotrubičiek na životné prostredie je preto možné hľadať v dvoch rovinách: v samotných CNTs, ale aj v uhlíkových nanotrubičkách ako potenciálnych nositeľoch škodlivých látok. Autori pomerne rozsiahleho počtu štúdií, ktoré

skúmajú karcinogenitu CNTs, spravidla vôbec nešpecifikujú testované vzorky a s prítomnosťou nečistôt zjavne nepočítajú. Možno aj preto sú závery o možných karcinogénnych účinkoch CNTs také rozporuplné. CNTs nepodliehajú prirodzeným rozkladným procesom, chemicky sú veľmi stabilné. Vplyv CNTs ako takých na živé organizmy môže spočívať predovšetkým v potenciálnej nanotoxicite, teda spoločnej vlastnosti všetkých nanomateriálov, ale aj v špecifických dôvodoch daných ich dĺžkou a unikátnym charakterom s ohľadom na ich schopnosť vytvárať veľmi silné van der Waalsové interakcie. Predpokladá sa, že tieto interakcie môžu ovplyvniť biochemické procesy v živých organizmoch [4]. Zvlášť dlhodobé pôsobenie CNTs môže mať veľmi nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie. Pokusy na zvieratách napríklad dokázali, že CNTs môžu prenikať cez bunkovú stenu a spôsobovať množstvo zdravotných problémov, od zápalu pľúc až po patologické zmeny podobné otrave azbestom [5]. Aj pri vdýchnutí môžu mať podobné účinky ako azbest, teda môžu spôsobiť zápal a rakovinu pľúc. Tieto výsledky ale nie je možné zovšeobecniť, pretože záleží na presnom tvare a rozmeroch konkrétnych nanočastíc [6].

Ako už bolo naznačené, vedecká komunita sa doteraz nezhodla na tom, aké veľké riziko CNTs predstavujú. Niektoré štúdie uvádzajú, že sú toxické, iné preukázali opak. Napriek uvedeným nejasnostiam, CNTs už boli použité aj v medicínskych aplikáciách a sú testované aj vo farmácii. Boli už robené výstuže kostí, implantáty a úprava maziva kĺbov uhlíkovými nanotrubičkami, vo farmaceutickom výskume sú kandidátmi na nosiče liečiv. Toxicita CNTs nebola potvrdená ani pri skúmaní vplyvu CNTs na ľudské kostné bunky – osteoblasty [6]. Podrobne sa tejto problematike venuje prehľadný článok autorského kolektívu Tejral, Panyala, Havel [4], v ktorom je zhrnutý vývoj poznatkov o vplyve CNTs na živé organizmy a pokroky bioaplikácií CNTs za posledné roky. Aj keď ešte nie je celkom vyvrátená potencióálna toxicita CNTs, zdá sa, že ich vklad do vedy je taký významný, že aj naďalej budú vzbudzovať záujem verejnosti a ich toxicita nebude veľkým problémom a neohrozí ich využívanie [1, 2].

Literatúra

- [1] Lee S, Kim K, Shon H K, Kim SD, Cho J. Biototoxicity of nanoparticles: effect of natural organic matter. *J Nanopart Res* 13 (2011) 3051–61.
- [2] Nel A, Xia T, Madler L, Li N. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 311 (2006) 622–7.
- [3] Sanvicens N, Marco MP. Multifunctional nanoparticles - properties and prospects for their use in human medicine. *Trends Biotechnol* 26 (2008) 425–33.

- [4] Tejral G, Panyala NR, Havel J. Carbon nanotubes: toxicological impact on human health and environment. J Appl Biomed 7 (2009) 1-13.
- [5] <http://www.velkaepocha.sk/2010070113716/Nejnovejsi-objev-v%C2%A0oblasti-uhlikovych-nanotrubic-dokaze-zdesetinasobit-kapacitu-lithiovych-baterii.html>, 2011.
- [6] <http://www.gate2biotech.cz/svet-nanocastic-a-jejich-mozna-rizika-na-lidsky-zivot/>, 2011.