proLékaře.cz | 25.10.2026

Nanoplasty – opravdu nový rizikový faktor kardiovaskulárních onemocnění?

Nanoplastics – is this really a new risk factor for cardiovascular disease?

Jaroslav A. Hubáček[1,2]

[1]Centrum experimentální medicíny IKEM, Praha
[2]III. interní klinika – endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN v Praze

✉ **doc. Ing. Jaroslav A. Hubáček, CSc., DSc.** | jahb@ikem.cz | www.ikem.cz

Doručeno do redakce | Doručené do redakcie | Received 31. 7. 2026
Přijato po recenzi | Prijaté po recenzii | Accepted 13. 8. 2026

Abstrakt
Přes rozsáhlý výzkum a extenzivní analýzy se nám stále nedaří uspokojivě predikovat riziko kardiovaskulárních onemocnění (KVO). Snažíme se tedy kromě tradičních rizikových faktorů najít a definovat další, prozatím neznámé rizikové faktory KVO. Jedním z nových potenciálních rizikových faktorů jsou nanočástice, produkty degradace plastů o velikosti 1–1 000 nm. Jejich přítomnost byla prokázána prakticky v celé biosféře; u lidí byly nanoplasty detekovány ve všech orgánech. Případná kauzalita mezi nanoplasty a KVO byla dokladována ve studii analyzující přítomnost nanoplastů v aterosklerotických plátech. Nanoplasty byly nalezeny u cca 50 % jedinců, a ti měli v průběhu 3 let vyšší riziko infarktu myokardu, mrtvice, nebo úmrtí z jakýchkoli příčin oproti pacientům, u kterých přítomnost nanoplastů prokázána nebyla. Studie s odlišným designem ukazují i na potenciální vliv nanoplastů na koagulaci, dyslipidemii, srdeční frekvenci či inflamační markery. Animální studie pracují obvykle s extrémně vysokými expozicemi nanočásticím a jejich závěry je třeba brát s velkou rezervou. Pro získání informací o přesném vlivu nanočástic na KVO bude třeba provést řadu dalších pečlivě připravených studií.

Klíčová slova: kardiovaskulární onemocnění – nanočástice – nanoplasty

Abstract
Despite extensive research and in-depth analyses, we are still unable to satisfactorily predict the risk of cardiovascular disease (CVD). We are therefore striving to identify and define additional, as yet unknown risk factors for CVD, in addition to traditional risk factors. One such factor are nanoparticles – plastic degradation products ranging in size from 1 to 1 000 nm. Their presence has been proven throughout virtually the entire biosphere; in humans, nanoplastics have been detected in all organs. A potential causal link between nanoplastics and CVD was demonstrated in a study analyzing their presence in atherosclerotic plaques. Nanoplastics were found in approximately 50 % of subjects, and after 3-years of follow-up three years, these individuals had a higher risk of myocardial infarction, stroke, or all cause death compared to patients in whom the presence of nanoplastics was not detected. Studies with different designs also point to a potential effect of nanoplastics on coagulation, dyslipidemia, heart rate, and inflammatory markers. Animal studies typically use extremely high exposures to nanoparticles, and their conclusions should be interpreted with caution. To obtain information on the precise effect of nanoparticles on cardiovascular disease, a series of carefully designed studies will need to be conducted.

Key words: cardiovascular disease – nanoparticles – nanoplastics

Úvod

Jako nanočástice jsou označovány produkty degradace plastů. Prvním syntetizovaným plastem (plastickou hmotou) byl v roce 1907 bakelit. Plast je definován jako polymer skládající se z jednoduchých molekul uhlovodíků, jako je např. etylen (PE) nebo vinylchlorid (PVC), případně z několika různých organických molekul – např. PET kombinuje etylenglykol a kyselinu tereftalovou. K masivnímu rozšíření plastů jak v průmyslu, tak v každodenní spotřebě došlo po 2. světové válce. Z chemického hlediska existují stovky různých druhů plastů a další stovky jejich modifikací.

Degradace plastů je vzhledem k délce lidského života velmi pomalá (dle druhu je poločas rozpadu od jednotek po

proLékaře.cz | 25.10.2026

tisíce let) [1]. Pozvolnou degradací plastů (ať už mechanickou nebo biologickou cestou) vznikají tzv. nanoplasty (NP), nanočástice. V současné době jsou nanoplasty detekovatelné v celé biosféře: ve vzduchu, vodě a prakticky i ve všech živých organizmech [2,3].

Primárně se nanočástice definují dle své velikosti; rozlišujeme mikroplasty (částice velikosti 1 000 nm – 5 mm) a nanoplasty, částice menší než 1 000 nm.

Vstup nanočástic do organizmu

Z biologického hlediska jsou zajímavé primárně nanoplasty, tedy částice o velikosti 1–1 000 nm. Pro lepší představu, typická částice nanoplastu má přibližně velikost viru. Pro definici je důležité, že mohou vytvářet ve vodě koloidní roztoky. Tyto částice jsou tedy tak malé, že projdou přes buněčnou membránu prostou difuzí. Většina nanoplastů je ale silně lipofilní a větší NP tak procházejí buněčnou membránou i aktivní difuzí.

Animální studie ukázaly, že NP mohou vstoupit do organizmu nejen dýchacím a trávicím traktem, ale i pokožkou. Protože plasty se nejčastěji používají v textilním průmyslu a pro uchovávání a balení potravin, expozice NP exponenciálně narůstá. Uvádí se, že z potravin jsou největšími zdroji NP balené nápoje, mořské ryby a plody [2]. Přítomnost NP již byla prokázána prakticky ve všech lidských orgánech a tkáních (pro přehled [3]).

Metody stanovení mikro- a nanoplastů v biologických vzorcích

Analýza přítomnosti nanoplastů v krvi, krevní plazmě a tkáních je metodicky velmi náročná, protože částice jsou přítomny v nízkých koncentracích, mají rozdílnou velikost i chemické složení a při některých destruktivních metodách může signál interagovat s produkty proteinů, lipidů či dalších složek vzorku. Před vlastní analýzou je proto obvykle nutné biologickou hmotu odstranit a plastové částice následně zkoncentrovat [4,5].

Spektroskopické metody (např mikro-Ramanova spektroskopie a infračervená spektroskopie) umožňují určit chemické složení jednotlivých částic i zjistit jejich počet, velikost a morfologii. U částic menších než několik set nanometrů jejich citlivost ale výrazně klesá [6]. Elektronová mikroskopie může zjistit přítomnost částic nanometrové velikosti a jejich lokalizaci v tkáni, neposkytuje ale informaci o složení polymeru. Pro kvantifikaci celkové hmotnosti jednotlivých polymerů se nejčastěji používá pyrolytická plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií identifikující plasty podle charakteristických produktů tepelného rozkladu [4,7,8]. Metoda je ale destruktivní, takže obvykle nelze rozlišit velikost detekovaných nanoplastů. Výhodou je zde vysoká chemická specificita pro určité nanoplasty, ale pro některé (zejména polyetylen a PVC) mohou pyrolyzáty lipidů a dalších biologických látek vést k falešně pozitivním nebo nadhodnoceným výsledkům [8]. Za nejspolehlivější se proto považuje multimodální přístup kombinující všechny výše zmíněné metodiky [4,5,8,9], což je ovšem finančně velmi náročné.

Metodicky je tedy hodnocení přítomnosti a kvantifikace NP v biologických vzorcích nesnadné, neexistují rozsáhlé studie porovnávající a standardizující různé metodiky, což může být vysvětlením heterogenity výsledků některých studií.

Experimentální a animální studie

Makrofágy inkubované s NP vykazovaly **poškození některých organel** (mitochondrií a lyzosomů), měly zvýšenou produkci proinflamačních cytokinů (např. IL1, IL12 a TNFα) a reaktivních forem kyslíku (ROS) [10].

Polystyrenové a polyetylenové nanočástice, pokud byly inkubovány s roztokem cholesterolu, vyčeřovaly **cholesterol** lépe než bilirubin [11]. Pokud se nanočástice stanou součástí buněčné membrány, ovlivňují rozložení cholesterolu v membráně [12], nicméně není jasné, jaký konkrétní vliv bude tato změna mít.

Několik experimentálních studií (většinou na rybách) ukázalo, že expozice NP ovlivní **srdeční frekvenci** (pro přehled [13]). Bohužel, ačkoli většina studií prokázala snížení tepové frekvence, existují i studie poukazující na její zvýšení. Popisované zvýšení hemolýzy po expozici NP se zdá být logickým následkem potenciálního mechanického poškození červených krvinek, navíc k němu dochází pouze za nefyziologických podmínek in vitro. Obvykle stačí k promytým krvinkám přidat alespoň několik procent krevní plazmy a k hemolýze nedojde.

Zcela protichůdné výsledky byly publikovány v případě otázky vlivu NP na **koagulaci**. NP se v organizmu modifikují, primárně se jedná o karboxylace a o aminace. Pokud byly do vzorků lidské plazmy přidány aminované NP, došlo ke snížení koncentrace trombinu, což zásadně sníží srážlivost krve [14]. Animální studie (křečci) [15] neprokázala vliv nemodifikovaných NP na tvorbu trombu – aminované NP naopak jeho tvorbu zvyšovaly a karboxylované NP snižovaly. Vše bylo ještě komplikováno skutečností, že vliv se lišil podle velikosti NP. Jiní autoři popsali [16], že NP signifikantně zvyšují agregaci krevních destiček.

Některé studie tak naznačují, že přítomnost NP v plazmě by tedy nemusela mít nutně pouze negativní účinky.

Humánní studie

Hned na začátku je třeba zmínit, že většina autorů nevylučuje možnost kontaminace analyzovaných vzorků tkání během procesu jejich získání a následného zpracování. Vzhledem ke svému protokolu jsou dosavadní studie, až na jednu výjimku, asociační a neprokazují kauzalitu.

Patrně nejdůležitější publikace ukazující na potenciální kauzalitu mezi NP a KVO byla publikována v roce 2024. Marfella et al [17] analyzovali přítomnost NP v plátech získaných od 304 pacientů s významnou (> 70%) asymptomatickou stenózou karotických tepen, kteří podstoupili endarterektomii. Přibližně u poloviny pacientů byla prokázána přítomnost NP v aterosklerotických plátech. Osud pacientů

proLékaře.cz | 25.10.2026

byl sledován po další přibližně 3 roky: Pacienti, v jejichž plátech byla prokázána přítomnost NP, měli po této době nejen vyšší expresi inflamačních markerů, ale hlavně i významně vyšší riziko infarktu myokardu, mrtvice, nebo úmrtí z jakýchkoli příčin oproti pacientům, u kterých přítomnost NP prokázána nebyla.

Podobně byly nanoplasty detekovány v aortách, koronárních arteriích a karotidách získaných od celkem 17 pacientů podstupujících chirurgický výkon pro disekci aorty nebo významné koronární či karotické aterosklerotické postižení [18]. Koncentrace NP byla okolo 100 µg v jednom gramu tkáně a byla vyšší v cévách postižených aterosklerózou. Není ale jasné, zda NP pomáhají indukovat vznik plátu, nebo zda vstupují do již existujícího a tvořícího se plátu např. prostřednictvím monocytů/makrofágů, které nanoplasty dříve fagocytovaly [10].

Přítomnost různých nanoplastů byla analyzována ve stolici 25 pacientů s koronárními kalcifikacemi a u 22 pacientů bez kalcifikací. Kalciové koronární skóre významně korelovalo s přítomností NP ve vzorcích [19].

Analýza 14 různých typů NP u 239 čínských jedinců ukázala [20], že jejich absolutní množství mírně zvyšuje hladiny cholesterolu (o 0,05 mmol/l na každý IQR koncentrace) a podobně i riziko dyslipidemie přibližně o 5–10 %.

Závěr

Zvyšující se koncentrace plastových nanočástic v životním prostředí mohou představovat závažný faktor negativně ovlivňující naše zdraví. Originálních článků na téma rizika z expozice nanočásticím a KVO existuje zatím minimum (podstatná část literatury jsou přehledové články) a vlastní výzkum je v počátcích. Vzhledem k tomu, že nanoplasty jsou prakticky všudypřítomné a v podstatě se nelze vyhnout jejich expozici, je extrémně obtížné zejména pro humánní studie získat vhodné kontrolní objekty. Expozici NP lze částečně snížit filtrací pitné vody, dostupné filtry ale zachytí částice o velikostech až od 10 nm.

Animální studie pak, jak bývá obvyklé, často využívají extrémně vysoké a naprosto nereálné expozice, které několikařádově přesahují skutečnou environmentální expozici, a zdá se, že jsou koncipovány tak, aby za každou cenu našly škodlivý efekt NP. Např. při analýze vlivu NP na přežívání žížal v půdě byly tyto pěstovány v substrátu s 28–60 % mikroplastů [21]. Studie na myších prokazující epigenetický vliv nanoplastů na regulační RNA v srdečním svalu exponovala zvířata 180 dní tak, že k pití měla emulzi 1 kg NP v 1 litru vody [22]. Podobně studie ukazující na riziko perikardiálního edému u embryí Danio rerio (zebřičky pruhované) je jednorázově injekčně vystavila koncentraci přibližně 250 000krát vyšší, než je obvyklá roční expozice celého lidského organizmu [23].

O tom, že se prozatím do značné míry jedná o „pole neorané“, svědčí i naprosto rozdílné až chaotické informace o množství nanočástic, jejichž expozici jsme za běžných podmínek vystaveni. Senathirajah et al [24] uvádějí, že člověk za rok přijme 5–250 gramů (ano, skutečně gramů!) plastových nanočástic. Jeden gram nanočástic by jich měl ale obsahovat až stovky miliard a pro představu, jedna 1,5 litrová PET lahev váží cca 40 gramů. Jiní autoři [3] odhadují příjem nanočástic lidského organizmu na přibližně 100 000 ročně (to odpovídá zhruba stovkám nanogramů až 1 µg), což je číslo, které můžeme považovat za mnohem reálnější. Dosavadní studie navíc ukázaly, že efekt NP se prakticky vždy liší podle jejich velikosti, tvaru i podle toho, zda jsou nějak modifikované nebo ne.

Naše znalosti o přímém efektu NP na lidské zdraví jsou prozatím nedostatečné. Animální studie bude třeba koncipovat tak, aby více odpovídaly reálné situaci. Rovněž metodika analýz NP není unifikovaná a ne všechny studie analyzují NP stejného původu a velikosti. Pro získání informací o přesném vlivu nanočástic na lidské zdraví (a nejen riziko KVO) bude třeba provést řadu dalších pečlivě koncipovaných a kontrolovaných studií.

Podpořeno MZ ČR – RVO („Institut klinické a experimentální medicíny – IKEM, IČ 00023001.

Literatura

1. Chamas A, Moon H, Zheng J et al. Degradation rates of plastics in the environment. ACS Sustainable Chem Eng 2020; 8(9): 3494–3511. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/Degradation rates of plastics in the environment10.1021/acssuschemeng.9b06635>.

2. Borriello L, Scivicco M, Cacciola NA et al. Microplastics, a global issue: Human exposure through environmental and dietary sources. Foods 2023; 12(18): 3396. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/foods12183396>.

3. Cox KD, Covernton GA, Davies HL et al. Human consumption of microplastics. Environ Sci Technol 2019; 53(12): 7068–7074. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>. Erratum in: Environ Sci Technol 2020; 54(17): 10974. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.0c04032>.

4. Nardella F, Brits M, van Velzen MJ et al. Advancing pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry for the accurate quantification of micro- and nanoplastics in human blood. Microplast Nanoplast 2025; 5(1): 48. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s43591-025-00152-7>.

5. Leslie HA, van Velzen MJ, Brandsma SH et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environ Int 2022; 163: 107199. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>.

6. Schwaferts C, Sogne V, Welz R et al. Nanoplastic analysis by online coupling of raman microscopy and field-flow fractionation enabled by optical tweezers. Anal Chem 2020; 92(8): 5813–5820. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.analchem.9b05336>.

7. Wang T, Yi Z, Liu X et al. Multimodal detection and analysis of microplastics in human thrombi from multiple anatomically distinct sites. EBioMedicine 2024; 103: 105118. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ebiom.2024.105118>.

8. Garcia MA, Liu R, Nihart A et al. Quantitation and identification of microplastics accumulation in human placental specimens using pyrolysis gas chromatography mass spectrometry. Toxicol Sci 2024; 199(1): 81–88. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/toxsci/kfae021>.

9. Rauert C, Charlton N, Bagley A et al. Assessing the efficacy of pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry for nanoplastic and microplastic analysis in human blood. Environ Sci Technol 2025; 59(4): 1984–1994. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.4c12599>.

10. Ahmadi P, Doyle D, Mojarad N et al. Effects of micro- and nanoplastic exposure on macrophages: a review of molecular and cellular mechanisms.

proLékaře.cz | 25.10.2026

Toxicol Mech Methods 2025; 35(8): 823–846. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15376516.2025.2500546>.

11. Zhang D, Wu C, Liu Y et al. Microplastics are detected in human gallstones and have the ability to form large cholesterol-microplastic heteroaggregates. J Hazard Mater 2024; 467: 133631. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.133631>.

12. Gurtovenko AA. Nanoplastics alter lateral and transverse distributions of cholesterol in model cell membranes. Langmuir 2025; 41(37): 25187–25196. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.langmuir.5c02180>.

13. Zhu X, Wang C, Duan X et al. Micro- and nanoplastics: A new cardiovascular risk factor? Environ Int 2023; 171: 107662. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2022.107662>.

14. Oslakovic C, Cedervall T, Linse S et al. Polystyrene nanoparticles affecting blood coagulation. Nanomedicine 2012; 8(6): 981–986. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nano.2011.12.001>.

15. Nemmar A, Hoylaerts MF, Hoet PH et al. Ultrafine particles affect experimental thrombosis in an in vivo hamster model. Am J Respir Crit Care Med 2002; 166(7): 998–1004. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.200110-026OC>.

16. Smyth E, Solomon A, Vydyanath A et al. Induction and enhancement of platelet aggregation in vitro and in vivo by model polystyrene nanoparticles. Nanotoxicology 2015; 9(3): 356–364. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.3109/17435390.2014.933902>.

17. Marfella R, Prattichizzo F, Sardu C et al. Microplastics and nanoplastics in atheromas and cardiovascular events. N Engl J Med 2024; 390(10): 900–910. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa2309822>.

18. Liu S, Wang C, Yang Y et al. Microplastics in three types of human arteries detected by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry (Py-GC/MS). J Hazard Mater 2024; 469: 133855. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.133855>.

19. Yan J, Pan Y, He J et al. Toxic vascular effects of polystyrene microplastic exposure. Sci Total Environ 2023; 905: 167215. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167215>.

20. Lu W, Xu X, Fan L et al. Association between exposure to microplastics and lipid disorders: A case-control study. J Adv Res 2026: S2090-1232(26)00152-9. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2026.02.020>.

21. Lwanga HE, Gertsen H, Gooren H et al. Microplastics in the terrestrial ecosystem: Implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae). Environ Sci Technol 2016; 50 (5): 2685–2691. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.5b05478>.

22. Zhang M, Shi J, Zhou J et al. N6-methyladenosine methylation mediates non-coding RNAs modification in microplastic-induced cardiac injury. Ecotoxicol Environ Saf 2023; 262: 115174. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115174>.

23. Sulukan E, Şenol O, Baran A et al. Nano-sized polystyrene plastic particles affect many cancer-related biological processes even in the next generations; zebrafish modeling. Sci Total Environ 2022; 838(Pt 3): 156391. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156391>.

24. Senathirajah K, Attwood S, Bhagwat G et al. Estimation of the mass of microplastics ingested – A pivotal first step towards human health risk assessment. J Hazard Mater 2021; 404(Pt B): 124004. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124004>.