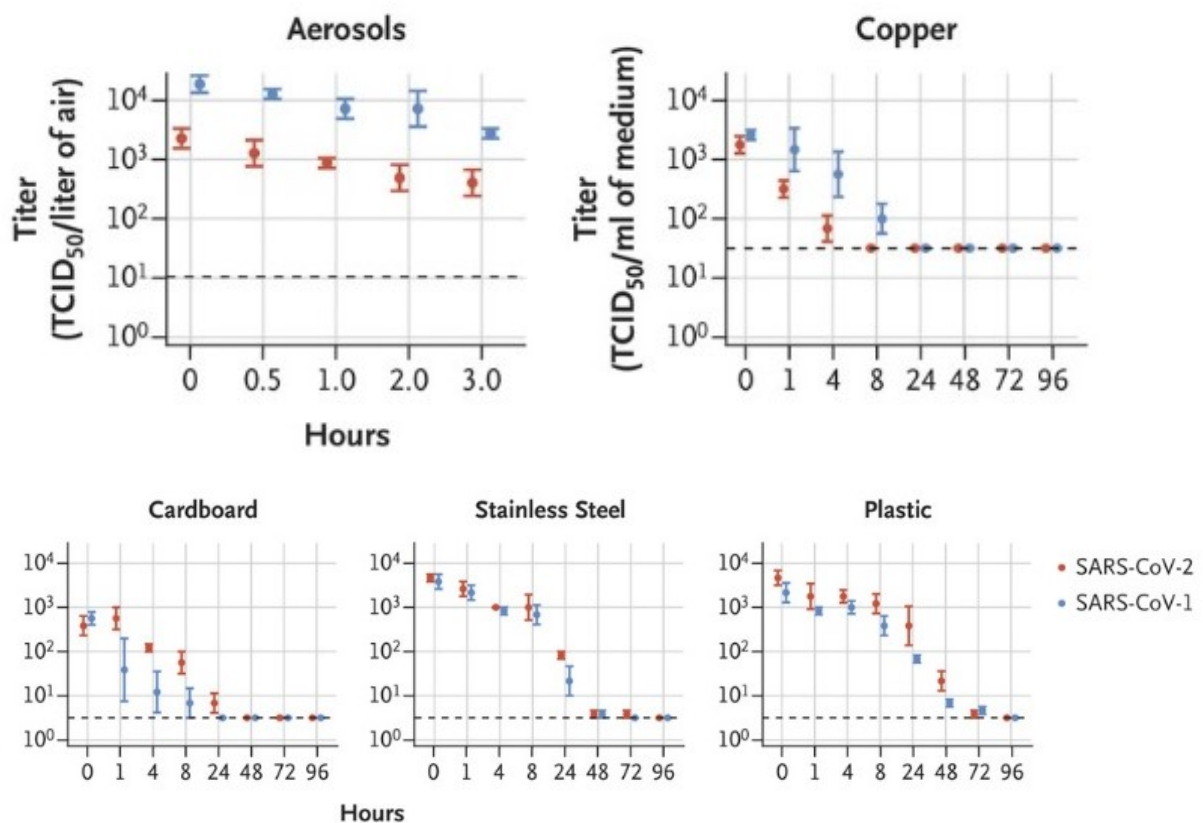


Možnost inaktivace mikroorganismů např. virů (COVID – 19?)



Autoři Van Doremalen a kol. [1] uveřejnili nedávno studii o stabilitě koronaviru SARS-CoV-1 a 2 na některých površích, a to se zaměřením na ty, které jsou běžně využívány v domácnostech, nemocnicích, firmách atd. Z výsledků vyplývá (Obr. 1), že na plastech může být virus aktivní po dobu několika dní a naopak nejvhodnějším povrchem z pohledu inaktivace viru je měď.



Obr. 1 Životaschopnost SARS-CoV-1 a SARS-CoV-2 v aerosolu a na různých površích [1]

Měď a její slitiny jsou přírodní antibakteriální a fungicidní materiály. Již starověké civilizace využívaly antimikrobiální vlastnosti mědi a již před staletími bylo také pozorováno, že voda skladovaná v měděných nádobách byla lepší kvality než voda skladovaná v jiných materiálech.[2]

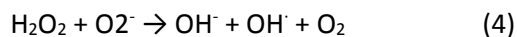
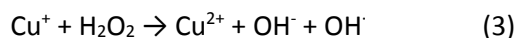
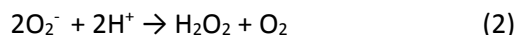
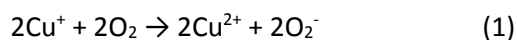
Jak tedy ukázal aktuální výzkum, virové částice uvolněné z infikovaných pacientů kašlem nebo kýchním mohou přežít po delší dobu ve vzduchu a na površích. K přenosu viru dochází přímým kontaktem mezi lidmi, kontaktem s kontaminovanými kapičkami ve vzduchu nebo kontaktem s kontaminovanými povrchy. Použití antivirových materiálů je účinným způsobem inaktivace virových částic v prostředí, které brání přenosu viru a tím snižuje riziko infekce. Pro tento účel jsou anorganické sloučeniny v pevném stavu, jako jsou oxidy kovů, dobrými kandidáty a to především z důvodu jejich chemické odolnosti, snadné syntézy a v neposlední řadě také z důvodu jejich špatné rozpustnosti (na rozdíl od jejich iontových forem např. Cu^{2+}).[3]

Řada výzkumů se proto dříve i nyní věnuje výzkumu materiálů na bázi mědi a jejich anorganických sloučenin, zejména oxidů, sulfidů, jodidů a chloridů ve formě nanočástic nanesených na povrchy, tkaniny, membrány apod. nebo jsou používány jako fotokatalyzátory. Účelem je vyvinout nová a dostupná antivirová činidla. Jak uvádí Hank a kol. [3], měď v různých formách vykazuje antivirovou aktivitu, ale na rozdíl od zlata, stříbra a siliky je měď nezbytným stopovým prvkem v lidském těle, které hraje klíčovou roli v biochemii všech živých organismů a je tedy považována za bezpečnou pro člověka.

Velmi dobré výsledky ukazuje použití materiálů na bázi nanočástic $\text{CuO-Cu}_2\text{O}$. Tyto materiály byly zkoumány již v řadě mikrobiologických testů a prokázaly velmi dobré antibakteriální, antivirové, fungicidní a fotokatalytické účinky, např. při:

- inaktivaci viru hepatitidy C (HCV) [3]
- inaktivaci viru chřipky A (H1N1) a bakteriofágu Q β nebo denaturaci hemaglutinu (HA) již při nízkých koncentracích [4]
- inhibici *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* nebo velmi dobrou inhibiční aktivitu proti rakovinným buňkám (HCT-15) [5]
- odstraňování bakteriofágů MS2 z kontaminované vody za použití membrány tvořené uhlíkovými nanotrubicemi modifikovanými Cu_2O [6]
- inhibici *Staphylococcus aureus* [7,18]
- fotokatalytické degradaci methyl oranže [8,9]
- inaktivaci viru *Herpes simplex* (HSV) [11]
- deaktivaci viru lidské imunodeficiency typu 1 (HIV-1) [12]
- deaktivaci *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus* [13,14,15,17,20]
- deaktivaci *Klebsiella pneumonia*, *Salmonella enterica* a *Staphylococcus aureus* [19]

Autoři Warnes a kol. [10] studovali deaktivaci koronaviru 229E, což je koronavirus (HCoV-229E), který je jedním ze skupiny lidských koronavirů zahrnující HCoV-NL63, HCoV-OC43, HCoV-HKU1 a SARS-CoV-2. V uvedené studii byla prokázána rychlá inaktivace lidského koronaviru 229E na řadě materiálů obsahujících měď. Vystavení koronaviru mědi zničilo virové genomy a nevratně ovlivnilo morfologii viru, včetně rozpadu obálky a rozptýlení povrchových částic (hrotů). Cu(I) a Cu(II) byly zodpovědné za inaktivaci, která byla zvýšena tvorbou reaktivní kyslíkových částic (superoxidové anionty, hydroxylové radikály, peroxid vodíku) na povrchu materiálu, což podporovalo ještě rychlejší inaktivaci viru. Kontaktem kapénky obsahující virovou částici s Cu povrchem dojde k řadě chemických reakcí za vzniku, pro virus, vysoce toxických částic. Předpokládá se, že ačkoli z počátku neexistuje žádný peroxid vodíku, který by podporoval vznik OH radikálu, dochází k reakci Cu(I) s molekulárním kyslíkem za vzniku superoxidu (1) a následně ke vzniku peroxidu vodíku (2), který dále produkuje hydroxylové radikály Fentonovou reakcí (3) nebo Haber-Weissovou reakcí (4).



Výsledky této studie ukázaly, že vir si může udržovat infekčnost na běžných tvrdých površích déle, než se dříve myslelo a může tak představovat skutečné riziko infekce pro kohokoli, kdo se dostane do kontaktu s kontaminovaným povrchem. Nyní existuje velké množství důkazů z laboratorních studií a malých klinických studií, které naznačují, že začlenění měděných povrchů by mohlo hrát významnou roli při snižování přenosu infekce (koronavirus, SARS, MERS atd.) z kontaminovaných povrchů. [10]

Z pohledu přípravy nanočástic Cu_2O je využívána řada technik, které umožňují tyto materiály připravit v práškové formě (např. pro čištění vod) nebo ukotvené na vhodném povrchu (např. na textiliích). [14,15,16,17] Publikované postupy vycházejí např. z octanu [14], dusičnanu [16] nebo síranu měďnatého [17,19], případně je pro tkaniny využíván přímo Cu_2O [15] s využitím ultrazvuku. [13] Syntézy obvykle vycházejí ze srážení pomocí NaOH , NH_3 [17] a následné redukce pomocí hydrazin hydrátu apod. [19]. Využitím templátů lze připravit duté a porézní Cu_2O částice. [9] Tkaniny připravené těmito postupy neměly žádné nepříznivé účinky na pokožku [20] a bylo možné je vystavit několika pracím cyklům.

REFERENCE

- [1] VAN DOREMALEN, Neeltje, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*, 2020. DOI: 10.1056/NEJMc2004973, vyšlo 17.3.2020
- [2] https://www.wikiwand.com/en/Antimicrobial_properties_of_copper
- [3] HANG, Xiaofeng, et al. Antiviral activity of cuprous oxide nanoparticles against hepatitis C virus in vitro. *Journal of virological methods*, 2015, 222: 150-157.
- [4] MINOSHIMA, Masafumi, et al. Comparison of the antiviral effect of solid-state copper and silver compounds. *Journal of hazardous materials*, 2016, 312: 1-7.
- [5] KARLE, Asish, et al. An investigation on the synergistic effect of Cu₂O-Ag nanoparticle on its bactericidal and anticancerous properties. *Materials Research Express*, 2020.
- [6] NÉMETH, Zoltán, et al. Enhanced virus filtration in hybrid membranes with MWCNT nanocomposite. *Royal Society open science*, 2019, 6.1: 181294.
- [7] DHANABALAN, K. et al. Nanocrystalline copper oxide thin films deposited by SILAR technique: Morphological, structural, optical and antibacterial studies, on-line: <https://www.bharathuniv.ac.in/journal/sna/downloads/02.%20Manuscript.pdf>
- [8] HO, Weng Chye Jeffrey, et al. Photocatalytic and adsorption performances of faceted cuprous oxide (Cu_2O) particles for the removal of methyl orange (MO) from aqueous media. *Molecules*, 2017, 22.4: 677.
- [9] YU, Yuan, et al. Preparation of hollow porous Cu₂O microspheres and photocatalytic activity under visible light irradiation. *Nanoscale research letters*, 2012, 7.1: 347.
- [10] WARNES, Sarah L.; LITTLE, Zoë R.; KEEVIL, C. William. Human coronavirus 229E remains infectious on common touch surface materials. *MBio*, 2015, 6.6: e01697-15.

- [11] ISHIDA, Tsuneo. Antiviral Activities of Cu²⁺ Ions in Viral Prevention, Replication, RNA Degradation, and for Antiviral Efficacies of Lytic Virus, ROS-Mediated Virus, Copper Chelation. *World Scientific News*, 2018, 99: 148-168.
- [12] BORKOW, Gadi et al. Deactivation of Human Immunodeficiency Virus Type 1 in Medium by Copper Oxide-Containing Filters. *Antimicrob Agents Chemother*, 2008, 52(2): 518–525.
- [13] EL-NAHHAL, Issa. Nanostructured copper oxide-cotton fibers: synthesis, characterization, and applications. *International Nano Letters*, 2012, 2; 14.
- [14] REZAIE, Ali B. Environmentally friendly low cost approach for nano copper oxide functionalization of cotton designed for antibacterial and photocatalytic applications. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 204: 425-436.
- [15] KORUYUCU, Ashtan. Evaluation of crosslinking type and antibacterial activities of copper oxide loaded cotton textile fabrics. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2018, 02(03): 278-281.
- [16] REDWANUL, Hasan. Production of Antimicrobial Textiles by Using Copper Oxide Nanoparticles. *International Journal of Contemporary Research and Review*, 2018, 9.8: 20195-20202.
- [17] SEDIGHI, Ali. Synthesis of nano Cu₂O on cotton: Morphological, physical, biological and optical sensing characterizations, 2014, 110: 489-498.
- [18] SINGH, Avinash. Antibiofilm and Membrane-Damaging Potential of Cuprous Oxide Nanoparticles against *Staphylococcus aureus* with Reduced Susceptibility to Vancomycin, 2015, 59.11: 6882-6890.
- [19] ERROKH, A. Controlled growth of Cu₂O nanoparticles bound to cotton fibres, *Carbohydrate Polymers*, 2016, 141:229–237.
- [20] MONTAZER, Majid. Simultaneous synthesis and fabrication of nano Cu₂O on cellulosic fabric using copper sulfate and glucose in alkali media producing safe bio- and photoactive textiles without color change. *Cellulose*, (2015), 22:4049–4064.

Rešerše: stav ke 25.3.2020