

KONCENTRACE AEROSOLOVÝCH ČÁSTIC V ZUBNÍ ORDINACI

JIRÍ SMOLÍK^a, LUCIE ONDRÁČKOVÁ^a
a JIŘINA MARŠÍKOVÁ^b

^aLaboratoř chemie a fyziky aerosolů, Ústav chemických procesů Akademie věd České republiky, v. v. i., Rozvojová 135, 165 02 Praha 6, ^bStomatologická ordinace, Flemingovo náměstí 2, 166 10 Praha 6
dzumbova@icpf.cas.cz

Došlo 2.11.09, přepracováno 21.5.10, přijato 10.6.10.

Klíčová slova: zubní ordinace, aerosolové částice, emise částic

Úvod

Z výsledků epidemiologických studií^{1–5} vyplývá, že zvýšená koncentrace aerosolových částic, obsažených ve vzduchu, má negativní dopad na lidské zdraví. Protože lidé ve městech stráví většinu svého života ve vnitřním prostředí (doma, v práci, v dopravních prostředcích), je důležité studovat, jak jednotlivé zdroje a činnosti přispívají ke koncentracím aerosolových částic v tomto prostředí. Chování aerosolových částic ve vnitřním prostředí určuje do značné míry jejich velikost⁶. Částice akumulárního módu (0,1 až 1 μm) nejnáze pronikají obvodovým pláštěm budovy z vnějšího prostředí do prostředí vnitřního, mají dlouhou zdržnou dobu v ovzduší a po vdechnutí jsou v plicích nejméně deponovány. Oproti tomu ultrajemné částice (< 0,1 μm) a hrubé částice (>2,5 μm) bývají nejvíce zachyceny v obvodovém plášti difuzí a sedimentací a dále jsou nejnáze deponovány na vnitřních površích a v plicích. Velikost částic do určité míry ukazuje i na původ aerosolových částic⁷. Tuto skutečnost obsahují i hygienické limity pro práci v prašném prostředí, dané Nařízením vlády č. 361/2007 Sb. (cit.⁸), které uvažují přípustný expoziční limit pro celkovou koncentraci prachových částic, které mohou být vdechnuty nosem nebo ústy (vdechovatelná frakce) a pro respirabilní frakci, která proniká do té části dýchacích cest, kde není řasinkový epitel a do plicních sklípků. Základní normou pro vymezení velikostních frakcí pro měření prachových částic v ovzduší na pracovištích je ČSN EN 481 (cit.⁹).

Zajímavým pracovištěm z hlediska prašnosti je zubní ordinace. Vnitřními zdroji aerosolových částic jsou jednak jednotlivé zákroky, zahrnující např. vrtání, broušení, leštění zubů, odstraňování pigmentací proudem aerosolu s částicemi abraziva, odstraňování zubního kamene ale i použití dezinfekčních sprejů. Dalšími zdroji jsou personál

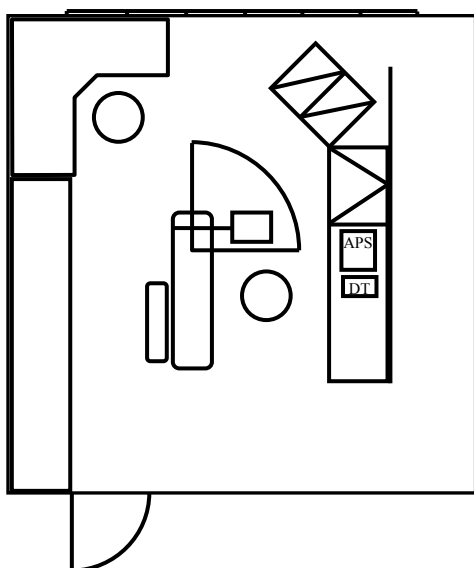
a pacienti (dýchání, mluvení, kašláni, kýchání, otěry pokožky a oděvů, prach z ošacení a bot) a resuspenze již deponovaného prachu při úklidu. Vnějšími zdroji jsou venkovní ovzduší (přirozená ventilace, větrání, klimatizace) a dále částice z čekárny, pronikající do ordinace při příchodu a odchodu pacientů. Sledování kvality ovzduší v zubních ordinacích tak nabývá v posledních letech významného zájmu^{10,11}. Odborné práce na toto téma se zabývají jednak emisemi choroboplodných zárodků^{12–21} a dále pak velikostními distribucemi a složením částic vznikajících při různých typech zákroků^{22–32}.

Expozice pacientů a personálu zubní ordinace prachovým částicím, závisí zejména na koncentraci a velikostní distribuci částic suspendovaných v ovzduší ordinace. Množství částic deponovaných po vdechnutí v plicích je úměrné jejich koncentraci v ovzduší, velikost částic pak určuje v jakých partiích plic a v jakém množství budou částice deponovány. Velikost částic dále určuje, jaká je jejich zdržná doba v ovzduší a jak jsou odstraňovány z vnitřního ovzduší depozicí na vnitřních površích. Pro zjištění expozice je tak potřeba znát časovou, případně prostorovou variabilitu distribuce koncentrace částic podle velikosti. Cílem této práce bylo odhadnout, jakým koncentracím a jakým velikostem částic jsou během běžného pracovního dne exponováni pacienti a personál zubní ordinace, případně jak jednotlivé zdroje přispívají k znečištění vnitřního ovzduší ordinace prachovými částicemi. Za tímto účelem byly v průběhu čtyř pracovních dnů kontinuálně měřeny v ovzduší vybrané ordinace početní koncentrace, velikostní distribuce a hmotnostní koncentrace částic PM₁ (částice menší než 1 μm) a současně zaznamenávány jednotlivé činnosti.

Experimentální část

Postup měření

Měřicí kampaň probíhala v období 18.–22. února 2008. Velikostní distribuce početní koncentrace částic byla měřena na přístroji APS (Aerodynamic Particle Sizer, model 3321, TSI Inc., USA) po celou dobu trvání kampaně a v době od 20. do 22. února byla měřena také hmotnostní koncentrace PM₁ pomocí DustTrak monitoru (model 8520, TSI Inc., USA). Oba přístroje vzorkovaly s periodou 1 minuta. Během celé měřicí kampaně byly zaznamenávány veškeré aktivity, ke kterým ve stomatologické ordinaci docházelo (typ zákroků, otevření oken a dveří, úklid, použití dezinfekčního prostředku, atd.). Ordinaci představovala jedna místnost o rozměrech 4,8 × 4,9 × 3,1 m, jejíž zjednodušený náčrt je uveden na obr. 1. Přístroje byly umístěny na stole ve vzdálenosti 1,5 m od zubařského křesla ve výšce 0,8 m nad zemí. Uprostřed místnosti bylo umístěno zubařské křeslo, napravo od něj se nacházel stůl, na němž byly umístěny přístroje a v levém rohu u oken naproti dveřím byl pracovní stůl sestry.



Obr. 1. Schéma uspořádání zubní ordinace

Použité přístroje

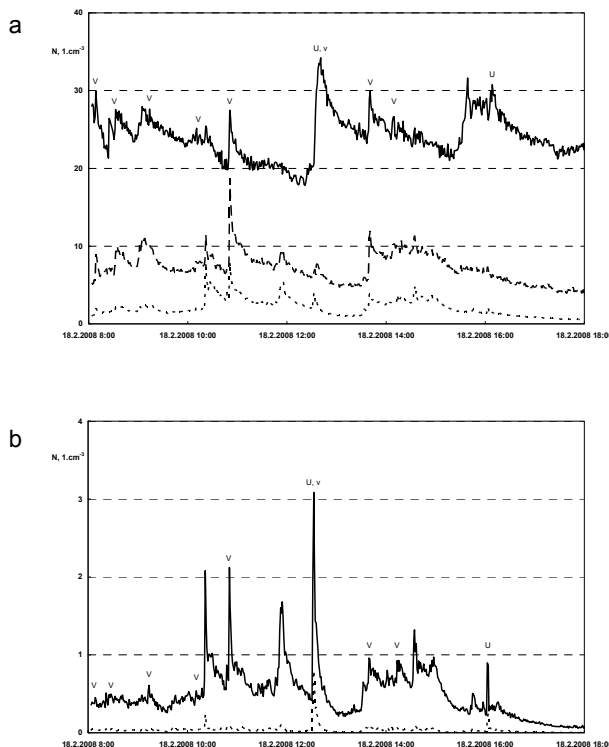
Přístroj APS je spektrometr s vysokou rozlišovací schopností, který v reálném čase měří velikostní distribuci počtu částic (50 kanálů) v rozmezí 0,5–20 μm na základě aerodynamického průměru a zároveň měří celkovou početní koncentraci částic v rozsahu 0,375–20 μm na základě rozptylu světla. Přístroj APS měří v rozsahu 0,001–1000 částic/ cm^3 s přesností $\pm 10\%$.

DustTrak monitor je přenosný fotometr pracující v reálném čase, který měří hmotnostní koncentraci částic na základě rozptylu světla a je kalibrován oproti referenční gravimetrické metodě pomocí respirabilní frakce Arizonského prachu (ISO 12103-1, A1 testovací prach). DustTrak monitor je schopen detegovat částice od velikosti 0,1 μm a měří hmotnostní koncentraci PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10} v rozmezí 0,001–100 mg m^{-3} s přesností $\pm 0,001 \text{ mg m}^{-3}$.

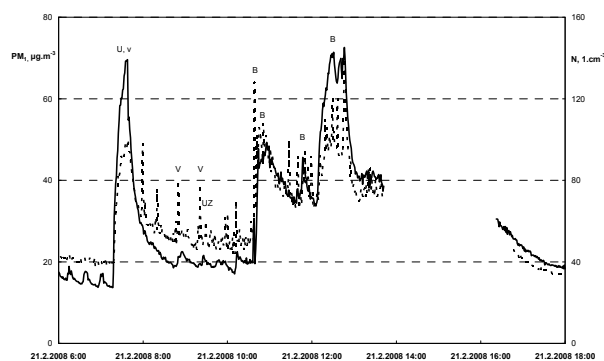
Výsledky a diskuse

Časový průběh koncentrací pěti velikostních frakcí během prvního dne měření je ukázán na obr. 2a,b. Ze srovnání časového průběhu a záznamu činnosti je patrné, že hlavními zdroji částic byly vrtání (V) a resuspenze prachu při úklidu (U). Zde je potřeba si uvědomit, že resuspenze prachu zahrnuje i částice z předchozích zákroků deponované na podlaze. Z porovnání průměrných koncentrací naměřených v době ordinačních hodin a mimo ordinační hodiny pak vyplývá, že koncentrace v době provádění zákroků byla cca 1,5krát vyšší než v době, kdy se neordinovalo. Z obr. 2a,b je dále patrné, že ke zvýšení koncentrací dochází u všech monitorovaných frakcí, včetně frakce

částic menších než 0,5 μm . Abychom proto zjistili, zda mohou vznikat v jednotlivých procesech i menší částice, byl při dalších měřeních použit také přístroj DustTrak. Tento přístroj monitoroval při daném nastavení celkovou



Obr. 2. Časový průběh početních koncentrací N frakcí: a) $< 0,5 \mu\text{m}$ (plná čára), $0,5-1 \mu\text{m}$ (čárkovaná čára) a $1-2 \mu\text{m}$ (tečkovaná čára) μm ; b) $2-5 \mu\text{m}$ (plná čára) a $5-20 \mu\text{m}$ (tečkovaná čára). Symboly nad křivkami představují: V – vrtání; U, v – úklid, větrání



Obr. 3. Srovnání celkové početní koncentrace N částic $\leq 1 \mu\text{m}$ (plná čára) a celkové hmotnostní koncentrace částic PM_{10} (tečkovaná čára) během čtvrtého dne měření. Symboly nad křivkami představují: V – vrtání; B – broušení; UZ – odstraňování zubního kamene pomocí ultrazvuku; U, v – úklid, větrání

Tabulka I

Průměrné početní koncentrace částic (1 cm^{-3}) v jednotlivých velikostních frakcích během různých režimů v ordinaci

Koncentrace	< 0,5 μm	0,5–1 μm	1–2 μm	2–5 μm	5–20 μm
Prům. konc. v ordináčnách hodinách	39,1	10,6	2,8	0,8	0,07
Prům. konc. mimo ordináčnách hodiny	32,6	3,7	0,2	0,02	0
Průměrná maxima – vrtání	30,7	10,7	3,6	1,0	0,2
Průměrná maxima – broušení	75,8	32,4	21,4	6,8	1,4

hmotnostní koncentraci částic PM_{10} , zahrnující podle údajů výrobce částice $0,1 \leq 1 \mu\text{m}$ a umožňoval tak v principu detegovat i příspěvek menších částic. Srovnání časových průběhů celkové početní koncentrace částic $\leq 1 \mu\text{m}$ a celkové hmotnostní koncentrace částic PM_{10} , měřených v průběhu posledního dne přístroji APS a DustTrak je na obr. 3. Na obr. 3 je vedle příspěvku vrtání zubů (V) a uklízení (U) patrný i příspěvek broušení zubů (B) a odstraňování zubního kamene ultrazvukem (UZ). Ze srovnání obou průběhů je pak zřejmé, že při jednotlivých technikách mohou vznikat i částice $< 0,375 \mu\text{m}$.

Výsledky naměřené v rámci této práce jsou srovnatelné s měřeními jiných autorů^{10,31}. Průměrné početní koncentrace částic jednotlivých velikostních frakcích během různých režimů v ordinaci jsou uvedeny v tab. I. Trendy jsou srovnatelné s měřeními Sotiriou a spol.¹⁰.

Závěr

Cílem této předběžné studie bylo ověřit, zda lze jednoduchou měřicí technikou zjistit, jaké jsou zdroje emisí částic při jednotlivých zákrocích prováděných v zubní ordinaci, jaké je chování těchto částic a jaká je expozice pacientů a personálu v ordinaci.

V průběhu čtyř pracovních dnů byly proto ve vybrané zubní ordinaci kontinuálně monitorovány početní koncentrace a velikostní distribuce aerosolových částic v rozsahu velikostí 0,375–20 μm a během dvou dnů také celkové hmotnostní koncentrace částic PM_{10} (0,01–1 μm). Výsledky ukázaly, že během ordináčnách hodin jsou hlavními zdroji částic vrtání a broušení zubů a resuspenze deponovaných částic při úklidu. Koncentrace částic v ovzduší vzrostla během zákroků cca 1,5krát, celkové koncentrace částic byly během ordináčnách hodin cca o 30 % vyšší ve srovnání s hodnotami, změřenými mimo pracovní dobu. Výsledky dále ukázaly, že ke zvýšení koncentrací dochází u všech monitorovaných frakcí, nejvíce však u částic $< 1 \mu\text{m}$. Srovnáním výsledků měření početních a hmotnostních koncentrací frakce PM_{10} bylo dále zjištěno, že jednotlivé zákroky mohou generovat i částice $< 0,375 \mu\text{m}$. Protože měření představovala vzhledem k vzájemné poloze zubařského křesla a odběrového místa průměrné hodnoty v místnosti, byla emisím z jednotlivých zákroků exponována i zdravotní sestra.

K detailnějšímu popisu emisí z jednotlivých zákroků,

chování emitovaných částic ve vnitřním ovzduší a expozici přítomných osob by bylo potřeba použít techniku, monitorující vnitřní ovzduší ve vztahu k ovzduší vnějšímu, včetně zjištění výměny vzduchu mezi vnitřním prostředím a okolím, umožňující měření chování v širším rozsahu velikostí částic, včetně ultrajemných částic a nanočástic³³. Pro zjištění případné toxicity by bylo účelné zjistit i velikostně rozlišené složení částic³⁴ ve vnitřním ovzduší zubní ordinace.

Tato práce vznikla v rámci řešení projektu 101/07/1361 finančně podporovaného Grantovou agenturou České republiky.

LITERATURA

1. Pope C. A., Dockery D. W., Spengler J. D., Raizenne, M. E.: *Am. Rev. Respir. Dis.* 144, 668 (1991).
2. Pope C. A., Thun M. J., Namboodiri M. M., Dockery, D. W., Evans J. S., Speizer F. E., Haeth C. W.: *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 151, 669 (1995).
3. Oberdörster G., Gelein R. M., Ferin J. a Weiss B.: *Inhal. Toxicol.* 7, 111 (1995).
4. Pope C. A.: *J. Aerosol Med.* 1314, 335 (2000).
5. Kampa M., Castanas E.: *Environ. Pollut.* 151, 362 (2008).
6. Smolík J., Barták M.: *Ochr. Ovzduší* 2, 13 (2004).
7. Hinds W. C.: *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*. J. Wiley, New York 1999.
8. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., *kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*, částka 111, str. 5183.
9. ČSN EN 481: *Ovzduší na pracovišti. Vymezení velikostních frakcí pro měření polévatého prachu* (říjen 999).
10. Sotiriou M., Ferguson S. F., Davey M., Wolfson J. M., Demokritou P., Lawrence J., Sax S. N., Koutrakis P.: *Environ. Monit. Assess.* 137, 351 (2008).
11. Helmis C. G., Tzoutzas J., Flocas H. A., Halios C. H., Stathopoulou O. I., Assimakopoulos V. D., Panis V., Apostolatos M., Sgouros G., Adam E.: *Sci. Total Environ.* 377, 349 (2007).
12. Al Maglouth A., Al Yousef Y., Al Bagieh N.: *J. Contemp. Dent. Pract.* 5, 91 (2004).
13. Bennett A. M., Fulford M. R., Walker J. T., Bradshaw D. J., Martin M. V., Marsh R. D.: *Br. Dent. J.* 189,

- 664 (2000).
14. Cellini L., Di Campi E., Di Candia M., Chiavaroli G.: *Public Health* 115, 301 (2001).
 15. Dutil S., Veillette M., Mériaux A., Lazure L., Barbeau J., Duchaine C.: *Environ. Microbiol.* 9, 2836 (2007).
 16. Grenier D.: *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 3165 (1995).
 17. Harrel S. K., Molinari J.: *J. Am. Dent. Assoc.* 135, 429 (2004).
 18. Ishihama K., Koizumi H., Iida S., Tanaka S., Yamaniishi T., Enomoto A., Kogo M.: *J. Hosp. Infect.* 71, 359 (2009).
 19. Kedjarune U., Kukiattrakoon B., Yamong B., Chowanadisai S., Leggar P.: *Int. Dent. J.* 50, 103 (2000).
 20. Miller R. L., Micik R. E.: *Dent. Clin. North Am.* 22, 453 (1978).
 21. Monarca S., Grotto M., Feretti D., Gigola P., Zerbin I., Alberti A., Zani C., Sapelli P. L.: *Minerva Stomatol.* 51, 319 (2002).
 22. Langworths S., Sällsten G., Barregård L., Cynkier I., Lind M.-L., Söderman E.: *J. Dent. Res.* 76, 1397 (1997).
 23. Tuček M.: *Čes. Prac. Lek.* 1, 26 (2006).
 24. Tuček M., Bencko V., Krýsl S.: *Chem. Listy* 101, 1038 (2007).
 25. Collard L., McDaniel R. K., Johnston D. A.: *Am. J. Dent.* 2, 247 (1989).
 26. Collard S. M., Vogel J. J., Ladd G. D.: *Am. J. Dent.* 4, 143 (1991).
 27. Day C. J., Price R., Sandy J. R., Ireland A. J.: *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthoped.* 133, 11 (2008).
 28. Godwin C. C., Batterman S. A., Sahni P., Peng, C.-Y.: *Am. J. Dent.* 16, 260 (2003).
 29. Grundy J. R.: *J. Dent. Res.* 46, 409 (1967).
 30. Legnani P., Checci L., Pelliconi G. A., D'Achille C.: *Quintessence Int.* 25, 435 (1994).
 31. Madden R. M., Hausler W. J. Jr., Leaverton P. E.: *J. Dent. Res.* 48, 341 (1969).
 32. Milejczak C. B.: *J. Dent. Hyg.* 79, 20 (2005).
 33. Smolík J., Lazaridis M., Moravec P., Schwarz J., Zari-pov SH. K., Ždímal V.: *Water, Air, Soil Pollut.* 165, 301 (2005).
 34. Smolík J., Dohányosová P., Schwarz J., Ždímal V., La-zaridis M.: *Water, Air, Soil Pollut: Focus* 8, 35 (2008).

J. Smolík, L. Ondráčková, and J. Maršíková
(Institute of Chemical Processes, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague): Aerosol Particle Concentration in Dental Surgery

Verification of a simple technique for monitoring of aerosol particles in dental surgery as well as determination of particle concentrations and size distribution were performed.

It was found that the main source of aerosol particles in the surgery hours is teeth drilling, grinding and resuspension of particles in cleaning the surgery.

The particle concentration increased 1.5 times during the surgery and the total particle concentrations during surgery hours were by 30 % higher compared with the background values. The concentration increase was pronounced in all particle size fractions, the largest for particles < 1 μm. Comparing the results of mass and number concentrations of submicron fraction, it was found out that the individual surgery is capable of producing particles < 0.375 μm.