

DLHODOBÁ EXPOZÍCIA PEVNÝM ČASTICIAM V OVZDUŠÍ A RESPIRAČNÉ SYMPTÓMY U DETÍ

Prierezová epidemiologická štúdia s odhadom individuálnej expozície a zdravotných dôsledkov

Františka Hrubá, Kvetoslava Koppová, Eleonóra Fabiánová
Štátny zdravotný ústav, Banská Bystrica

Úvod

Epidemiologické štúdie v západnej Európe a USA z posledných rokov študujú vzťah medzi krátkodobou expozíciou pevným časticiam PM_{10} v ovzduší a zvýšenou mortalitou, hospitalizáciou, užívaním liekov, symptómami respiračných ochorení a redukciou hodnôt pľúcnych funkcií (1). Len niekoľko štúdií sledovalo, či aj dlhodobá expozícia pevným časticiam PM_{10} má rovnaké negatívne účinky (2-7). Niektoré štúdie naznačujú, že zdravotné účinky sú v silnejšom vzťahu s pevnými časticami v ovzduší menšími ako $2,5 \mu m$, ako s pevnými časticami PM_{10} .

V roku 1997 sa začal spoločný slovensko-americký projekt s cieľom študovať vplyvy životného prostredia na respiračné zdravie detí pomocou geografických informačných systémov. Východiskom boli údaje z medzinárodnej štúdie CESAR, údaje o znečistení ovzdušia a o respiračných ochoreniach detí. Hlavným cieľom projektu bolo vyvinúť a zhodnotiť metódy geografických informačných systémov pri ich použití v oblasti štúdia vplyvu životného prostredia na zdravie a odhadu zdravotného rizika, a to najmä ich využitie na aproximáciu individuálnej expozície znečistenému ovzdušiu, ako aj overenie homogenity znečistenia ovzdušia v rámci sledovanej oblasti. Hlavnou hypotézou štúdie bolo, že zvýšená dlhodobá expozícia znečisteniu ovzdušia súvisí so zvýšenou prevalenciou symptómov respiračných ochorení a zvýšenou prevalenciou respiračných ochorení u detí.

Materiál a metódy

Pre potreby analýz v tejto práci sme použili údaje z prierezovej epidemiologickej štúdie CESAR (8,9,10) zozbierané dotazníkovou metódou pre 667 detí vo veku 7-11 rokov v jednej zo sledovaných oblastí v rámci tejto štúdie, a to v oblasti centrum mesta Banská Bystrica. V tejto oblasti boli v roku 1996 zbierané aj údaje o znečistení ovzdušia pevnými časticami (PM_{10} , $PM_{2.5}$) z jedného monitorovacieho miesta reprezentujúceho danú oblasť.

V rámci tohto slovensko-amerického projektu boli zozbierané údaje o charakteristikách všetkých hlavných zdrojoch znečistenia ovzdušia v meste a okolí za rok 1996, s cieľom použiť disperzný model šírenia znečistenia v ovzduší ako metódu odhadu priemernej ročnej koncentrácie látok vo vonkajšom ovzduší v jednotlivých miestach bydliska detí. Pomocou metód geografických informačných systémov sa jednotlivým deťom priradili odhadnuté hodnoty priemernej ročnej koncentrácie v mieste ich konkrétneho bydliska ako aproximácia individuálnej expozície. Ukazovatele zdravotného stavu boli skúmané vo vzťahu k environmentálnej koncentrácii ako aj iným ovplyvňujúcim faktorom pomocou metódy logistickej regresie.

Metódy geografických informačných systémov: v prostredí ArcInfo/ArcView bol vytvorený ulicový model mesta Banská Bystrica pomocou digitalizácie leteckých snímok, tento

model bol upresnený pomocou metódy GPS (Global Positioning System). Pomocou metódy address matching bola každému študovanému subjektu priradená na základe adresy bydliska jeho bodová grafická reprezentácia. Boli vytvorené aj vrstvy rozmiestnenia škôl, meracích miest znečistenia ovzdušia, zdrojov znečistenia ovzdušia.

Odhad koncentrácií znečistenia ovzdušia: v rámci štúdie CESAR bolo v roku 1996 vykonané jednoročné monitorovanie koncentrácie pevných častíc PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ a NO₂ vo voľnom ovzduší, a to na meracom mieste, ktoré malo reprezentovať znečistenie ovzdušia pre túto oblasť. V centre mesta je umiestnená aj automatická monitorovacia stanica SHMÚ, ktorá sleduje koncentrácie tuhých znečisťujúcich látok TZL (pevné častice bez určenia priemeru, považované za PM₂₀), SO₂ a NO_x. Ako vstupné údaje pre disperzný model boli zbierané údaje o emisiách týchto troch látok v roku 1996 ako aj ďalších emisných parametroch pre všetky veľké, stredné zdroje a niekoľko malých zdrojov, spolu 137 zdrojov. Ako emisné parametre sa zbierali údaje o hmotnosti emitovaných látok, ich teplote, rýchlosti, o výške a priemere komína. Na odhad priemernej ročnej koncentrácie týchto látok v ovzduší bol použitý disperzný model ISC LT (Industrial Source Complex – Long Term), revidovaný pre podmienky na Slovensku (11), s využitím lokálnych meteorologických údajov pre rok 1996 z meteorologickej stanice na Kuzmányho ulici v centre mesta. Výsledkom modelu boli potom priemerné ročné hodnoty koncentrácií TZL, SO₂ a NO_x v štvorcovej sieti 100x100 metrov pokrývajúcej oblasť mesta Banská Bystrica (celkove 8500x8500 m). Táto sieť bola prenesená do prostredia geografických informačných systémov a využitá na určenie izo-oblastí koncentrácií. Pre každé dieťa v štúdiu bola priradená na základe geografickej lokalizácie priemerná ročná hodnota koncentrácie ako aproximácia individuálnej priemernej ročnej expozície. Analýzu vzťahu takejto expozície a zdravotných účinkov sa robila len pre deti bývajúce v oblasti centra mesta, aj keď boli k dispozícii aj modelované koncentrácie pre ďalšiu študovanú oblasť v rámci projektu CESAR, a to sídlisko Sásová. Použitý disperzný model neberie do úvahy vplyv nadmorskej výšky (sídlisko Sásová má asi o 100 m vyššiu n.v.), použité meteorologické údaje z meracej stanice v centre nereprezentujú meteorologickú situáciu na sídlisku Sásová, a teda modelované koncentrácie v oblasti Sásová nebolo možné považovať za dostatočne presné.

Štatistické analýzy. Na analýzu vzťahu ukazovateľov respiračných ochorení a modelovaných priemerných ročných koncentrácií TZL bola použitá metóda logistickej regresie, s kontrolou vplyvu ďalších ovplyvňujúcich faktorov ako vek, pohlavie, pasívne fajčenie, socio-ekonomické ukazovatele.

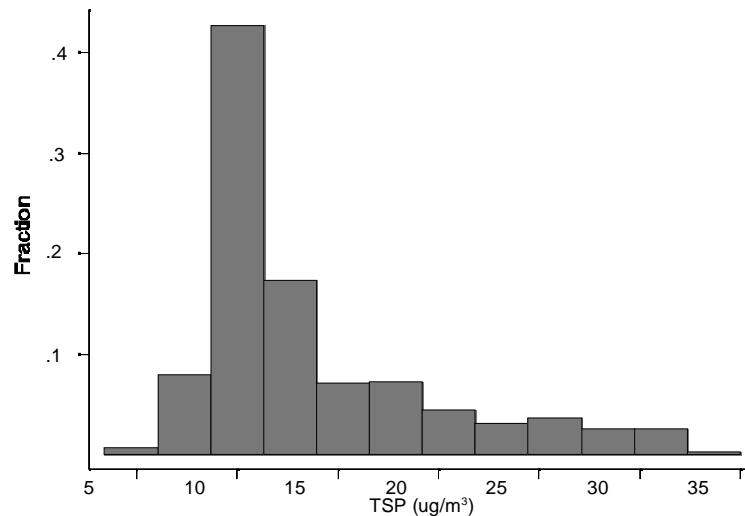
Výsledky a diskusia

Údaje z monitorovania znečistenia ovzdušia, získané z dvoch meracích miest v tesnej blízkosti, sa nedali použiť na overenie priestorovej variability koncentrácií celkovej prašnosti v území mesta Banská Bystrica. Preto sme ich použili iba na získanie predstavy o vzťahu medzi jednotlivými frakciami prachu v tejto lokalite, ako aj trendoch vývoja ročného priemeru počas života študovaných detí. Priemerné ročné hodnoty koncentrácie získané z monitorovacieho programu v roku 1996 (merania v 6-denných cykloch) boli 87 µg/m³ celkovej prašnosti TZL (rozsah 11-204 µg/m³), 47 µg/m³ PM₁₀ (rozsah 6-122 µg/m³) a 34 µg/m³ PM_{2.5} (rozsah 4-102 µg/m³). Aj keď sa počas života sledovaných detí stali na Slovensku veľké ekonomické zmeny, priemerné ročné hodnoty celkovej prašnosti boli relatívne stabilné počas celého tohto obdobia, s mierne zníženými hodnotami na začiatku rokov 1990, s mierne zvýšenými hodnotami v období

1994-1996. Priemerná ročná teplota bola v roku 1996 8°C, s nízkou rýchlosťou vetra (priemer 1.5 m/s) a veľmi častými teplotnými inverziami (pre centrum mesta 175-225 dní za rok).

Hodnoty koncentrácií celkovej prašnosti TZL, PM₁₀ a PM_{2.5} štatisticky významne korelovali (pre PM_{2.5} a PM₁₀ r=0.97, pre PM_{2.5} a celkovú prašnosť r=0.73), s priemerným pomerom medzi PM₁₀ k celkovej prašnosti 0.65, PM_{2.5} k celkovej prašnosti 0.45. Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀ a PM_{2.5} nie je možné modelovať (údaje o emisiách sa nezbierajú), takže vykonať takúto analýzu pre modelované koncentrácie nie je možné. Porovnanie modelovaných a nameraných koncentrácií TZL ukazuje, že modelované koncentrácie sú oveľa nižšie, čo sa dá vysvetliť tým že modelované koncentrácie vyjadrujú iba príspevok miestnych zdrojov k celkovej koncentrácii, bez požadovej koncentrácie. Aproximácia osobnej expozície detí reprezentovanej modelovanou priemernou ročnou koncentráciou TZL v mieste bydliska sa v centre mesta Banská Bystrica pohybuje v rozsahu od 3,4 do 32,8 µg/m³ (histogram – graf č.1). Táto analýza ukazuje, že homogenita znečistenia ovzdušia vo vnútri oblasti nebola podľa tohto modelu pre oblasť centrum mesta potvrdená.

Graf č. 1. Histogram hodnôt priemernej ročnej koncentrácie pevných častíc TZL [µg/m³] v ovzduší ako aproximácie osobnej expozície



Do dotazníkovej štúdie bolo celkove pozvaných 1005 detí vo veku 7-11 rokov, žijúcich a súčasne navštevujúcich školu v rámci sledovanej oblasti centrum mesta. Z tohto počtu sa vrátilo 719 dotazníkov (percento návratnosti 72%). Z analýzy boli vylúčené deti z nízkou pôrodnou váhou súčasne s komplikáciami pri narodení vyžadujúcimi pobyt na jednotke intenzívnej starostlivosti (n=7), deti žijúce mimo sledovanej oblasti identifikované pomocou GIS modelu (n=7) a deti s chýbajúcimi hodnotami vysvetľujúcich premenných použitých pri štatistickom modelovaní (n=38). Celkove bolo v sledovanom súbore 49.3% chlapcov, priemerný vek detí bol 9.2 roka. Fajčeniu v domácnosti bolo exponovaných 32% detí, 24% uvádzalo prítomnosť vlkhostí alebo plesní v byte niekedy počas života dieťaťa, 26% dotazníkov uvádzalo aspoň jedného z rodičov so sledovanými respiračnými ochoreniami v anamnéze, 25% detí malo matku s nižším ako stredoškolským vzdelaním. Prevalencia týchto faktorov sa menila len mierne v rámci kvartilov odhadnutej expozície (tabuľka č. 1).

Tabuľka č.1: Prevalencie faktorov potenciálne ovplyvňujúcich respiračné zdravie detí, podľa kvartilov modelovanej individuálnej expozície TZL: 667 detí, Banská Bystrica centrum, 1996

	Q1	Q2	Q3	Q4
Medián TZL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9.3	10.4	12.7	20.9
Nižšie vzdelanie matky ¹	28.3%	19.8%	22.8%	30.5%
Rodič s astmou, atopiou	27.7%	24.6%	29.9%	23.4%
Vlhkosť, plesne v domácnosti	20.5%	21.6%	21.6%	34.1%
Fajčenie v domácnosti	25.9%	30.5%	31.1%	38.9%

¹Vzdelanie nižšie ako stredoškolské

Podľa tabuľky č. 2 skoro všetky prevalence - chronického kašľa, chronického vykašliavania hlienu, bronchitídy, pneumónie a hospitalizácie vykazujú rast podľa kvartilov odhadnutej expozície celkovej prašnosti, iba prevalence astmy a príznakov dýchavičnosti nevykazujú rastúci trend. Prevalencia hospitalizácie z dôvodu astmy, bronchitídy alebo pneumónie má rastúci trend podľa kvartilov odhadnutej expozície celkovej prašnosti od 3.0% do 9.0%, prevalence lekárom diagnostikovanej bronchitídy od 49.4% po 65.3%.

Tabuľka č. 2: Prevalencie ukazovateľov respiračného zdravia detí, podľa kvartilov modelovanej individuálnej expozície TZL: 667 detí, Banská Bystrica centrum, 1996

	Q1	Q2	Q3	Q4
Medián TZL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9.3	10.4	12.7	20.9
Sipot, pískot na hrudi ¹	10.2%	7.8%	12.0%	12.6%
Astma diagnostikovaná lekárom ¹	4.2%	2.4%	3.6%	5.4%
Chronický kašeľ	22.9%	22.8%	25.8%	28.1%
Chronické vykašliavanie hlienu	3.6%	3.6%	4.2%	9.0%
Bronchitída diagnostikovaná lekárom ¹	49.4%	56.9%	63.5%	65.3%
Pneumónia diagnostikovaná lekárom ¹	9.0%	12.6%	13.2%	17.4%
Hospitalizácia z dôvodu astmy, bronchitídy alebo pneumónie	3.0%	3.6%	6.0%	9.0%

¹niekedy počas života dieťaťa

Táto súvislosť bola potvrdená aj metódou logistickej regresie, aj pri kontrole na ďalšie faktory ovplyvňujúce výskyt respiračných ochorení u detí (tabuľka č. 3). Podľa výsledkov modelu logistickej regresie, ktorý obsahoval vysvetľujúce premenné pre vek, pohlavie, vzdelanie matky, prítomnosť vlhkosti alebo plesní v byte, počet fajčiarov v domácnosti, astmu alebo atopiu v anamnéze rodičov, existuje signifikantný vzťah medzi modelovanou expozíciou celkovej prašnosti a bronchitídou diagnostikovanou lekárom, hospitalizáciou z dôvodu astmy, bronchitídy alebo pneumónie, ako aj príznakmi chronického zahlienenia. Relatívne riziko bolo merané ako odds ratio (OR) spojené s 15 ug/m³ nárastom modelovanej expozície celkovej prašnosti, a po adjustovaní na všetky vyššie vymenované ovplyvňujúce faktory bolo pre bronchitídu 1.53 (95%CI 1.02-2.30), pre hospitalizáciu 2.16 (95%CI 1.01-4.60), a pre príznaky chronického zahlienenia 3.43 (95%CI 1.64-7.16).

Tabuľka č. 3: Vzťah symptómov respiračných ochorení a respiračných ochorení s 15 µg/m³ nárastom ročného priemeru koncentrácie TZL: 667 detí, Banská Bystrica, 1996.

	Neadjustované		Adjustované*	
	OR	95%CI	OR	95%CI
Sipot, pískot na hrudi ¹	1.27	(0.71-2.29)	1.24	(0.68-2.28)
Astma diagnostikovaná lekárom ¹	1.54	(0.63-3.74)	1.62	(0.62-4.19)
Chronický kašeľ	1.12	(0.72-1.72)	0.97	(0.61-1.53)
Chronické vykašliavanie hlienu	3.08	(1.52-6.24)	3.43	(1.64-7.16)
Bronchitída diagnostikovaná lekárom ¹	1.52	(1.02-2.28)	1.53	(1.02-2.30)
Pneumónia diagnostikovaná lekárom ¹	1.48	(0.87-2.50)	1.35	(0.78-2.37)
Hospitalizácia z dôvodu astmy, bronchitídy alebo pneumónie	2.24	(1.09-4.58)	2.16	(1.01-4.60)

¹niekedy počas života dieťaťa

* adjustované na vek, pohlavie, vzdelanie matky, počet fajčiarov v domácnosti, výskyt vlhkosti a plesní v domácnosti, astmu alebo atopiu v anamnéze rodičov

Tento práca ukazuje, že aplikácie geografických informačných systémov poskytujú veľmi presné priestorové zobrazenia, ktoré sa dajú použiť ako základ pre priestorové a štatistické analýzy zdravotných ukazovateľov a faktorov životného prostredia (12). Výsledky naznačujú, že vplyv prachových častíc na respiračné ochorenia v rámci jednej oblasti je podobný ako pri pozorovaní tohto vplyvu v štúdiách z USA, Kanady a Európy, porovnávajúcich rozdiely medzi oblasťami (5,6,7). Podľa tejto práce expozícia prachovým časticami v ovzduší má vplyv aj na nárast prevalencie hospitalizácie z dôvodu respiračných ochorení – vážnejší účinok, ktorý doteraz nebol skúmaný pri zisťovaní vplyvu dlhodobej expozície prachu v ovzduší na detskú populáciu.

Literatúra

1. US. EPA Air Quality Criteria Document for Particulate Matter. 1996
2. Schwartz J. Particulate air pollution and chronic respiratory disease. *Environmental Research* 62:7-13, 1993
3. Euler G.L., et al. Chronic obstructive pulmonary disease symptom effects of long-term cumulative exposure to ambient levels of total suspended particulates and sulfur oxides in California Seventh-Day Adventist residents. *Arch Environ Health* 42:213-222, 1987
4. Abbey, et.al. Long-term ambient concentrations of particulates and oxidants and development of chronic disease in a cohort of nonsmoking California residents. *Inhal Toxicol* 7:19-34, 1995
5. Dockery D.W., et al. Health effects of acid aerosols on North American children: respiratory symptoms. *Environ Health Perspect* 104:500-505, 1996
6. Braun-Fahrlander C., et al. Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. *Am J Crit Care Med* 155:1042-1049, 1997
7. Goren A., et al. Respiratory problems associated with exposure to airborne particles in the community. *Arch Environ Health* 54:165-171, 1999
8. Fletcher T., Fabiánová E., et al. Central European Study on Air pollution and Respiratory health (CESAR): an introduction. *Epidemiology* 10, 1999
9. Fabiánová E., Koppová K., Holíková J., Kapašný M., Pernišová M., Mihalíková E., Hrubá F., Slotová K., Tímová S., Avdičová M., Miškovič P., Keleová A., Zacharová A., Ondrkalová Z.: CESAR: Stredoeurópska štúdia o vplyve znečisteného ovzdušia na dýchací systém. Záverečná správa z 1.časti medzinárodného projektu. ŠZÚ B.Bystrica, 1999
10. Fabiánová E., Koppová K., Slotová K., Hrubá F., Avdičová M., Mihalíková E., Tímová S., Pernišová M. Znečistenie ovzdušia a respiračné zdravie detí. Projekt CESAR na Slovensku. Zborník konferencie „Životné prostredie a zdravie“, 1998
11. Szabó, G. Metódy a aplikácie modelovania znečistenia ovzdušia zo stacionárnych zdrojov. Správa SHMÚ, ročník 40, 55-104. SHMÚ Bratislava, 1997
12. Nyergers T., et al. Geographic information systems for risk evaluation: Perspectives on applications to environmental health. *Cartography and GIS* 24:123-144, 1997