

Kumulacja wybranych pierwiastków w migdałkach gardłowych dzieci w wyniku zjawiska wtórnego pylenia

Accumulation of selected elements in the pharyngeal tonsils of children as a result of secondary dust emission

Maria Gerycka^{1 (b, c, d, e)}, Ewa Nogaj^{2 (d, f)}, Jerzy Kwapuliński^{3 (a, e, f)}

¹ Studia doktoranckie, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

² Śląski Uniwersytet Medyczny, Katedra Toksykologii, Sosnowiec
Kierownik: dr hab. D. Wiechula

³ Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec
Dyrektor: dr n. med. P.Z. Brewczyński

^(a) koncepcja pracy

^(b) zebranie materiału do badań

^(c) badania laboratoryjne

^(d) opracowanie statystyczne

^(e) interpretacja wyników

^(f) opracowanie tekstu i piśmiennictwa

STRESZCZENIE

Wstęp. Celem pracy było ustalenie jaki udział w intoksykacji migdałków posiada zjawisko wtórnego pylenia gleb oraz emisja samochodowa. **Materiał i metody.** Zawartość Pb, Be, Ba, Ca, Mg i Sr w migdałkach gardłowych dzieci mieszkających w Tychach (n = 86), oraz w migdałkach dzieci z Chorzowa (n = 76), jak również zawartość badanych pierwiastków w pyłach zawieszonych oznaczono metodą ICP – AES przy pomocy spektrometru SOLAR 2000. Materiał biologiczny uprzednio poddany został mineralizacji na mokro z wykorzystaniem kwasu azotowego (V) spektralnie czystego firmy Merck. **Wyniki.** Zagadnienie zjawiska wtórnego pylenia jako potencjalnego dodatkowego źródła obecności poszczególnych pierwiastków w odniesieniu do migdałków opisano za pomocą współczynnika wtórnej emisji oraz ustalono dodatkową masę danego metalu obecną w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza. **Wnioski.** Stopień kumulacji berylówców i Pb w tkance migdałka gardłowego w dużej mierze zależał od zawartości tych pierwiastków w formie rozpuszczalnej w pyłach zawieszonych w przyziemnej warstwie powietrza, jako rezultat wtórnej emisji pyłów oraz emisji samochodowej.

Słowa kluczowe: migdałki gardłowe, pyły zawieszone, ołów, pierwiastki śladowe, wtórne pylenie

ABSTRACT

Background. The aim of the study was to determine the influence of secondary dust and car emission on the intoxication of adenoids. **Material and methods.** The amount of Pb, Be, Ba, Ca, Mg and Sr in pharyngeal tonsils of children living in Tychy (n 86), and in Chorzów (n 76) as well as the amount of the selected elements in suspended dust was determined by the ICP – AES method. The biological material had previously been subjected to mineralization using of nitric acid (V) spectrally pure Merck. **Results.** Secondary emission as a potential additional source of trace elements in tonsils is described by secondary emission coefficient and by the additional weight of the metal present in general air pollution. **Conclusions.** The degree of accumulation of analyzed elements in the adenoid tissue mostly depends on the content of these elements in soluble form in suspended dust in the ground layer of air, as a result of secondary and car emissions.

Key words: adenoids, particulate matter, lead, trace elements, secondary emission

WSTĘP

Wiele pierwiastków na wybranych terenach objętych obszarową emisją przemysłową ma charakter pierwiastków charakterystycznych. Szczególnym źródłem tych pierwiastków są pyły elektrowniane, które zawierają ok 50% cząstek mniejszych niż 20 µm. Stanowią one największe zagrożenie dla zdrowia, ponieważ w przyziemnej warstwie powietrza są najdłużej obecne. Przykładowo zawartość molibdenu w odległości ok 0,5 km od elektrowni węglowej wynosiła 0,630 µg/m³, a w odległości 2,5 km: 0,487 µg/m³ i w odległości 6 km: 0,249 µg/m³. Podobnie cyrkon obecny w pyłach elektrownianych występował kolejno w ilościach: 0,650 µg/m³, 0,503 µg/m³, 0,257 µg/m³ [1]. Istnieje duża możliwość kumulowania tych pierwiastków w migdałkach gardłowych, które w układzie oddechowym położone są w głównym strumieniu wdychanego powietrza. Oprócz tego duże znaczenie dla kumulacji pierwiastków śladowych w migdałkach gardłowych posiada zjawisko wtórnego pylenia, które polega na wtórnym uniesieniu drobnodispersyjnych cząstek wcześniej osiadłych pyłów z emisji przemysłowej i komunikacyjnej [2].

Dynamikę występowania zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie powietrza opisuje współczynnik wzbogacenia oraz dodatkowa ilość danego pierwiastka w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza w sąsiedztwie powierzchni utwardzonych, podczas wietrznych dni lub wymuszonej emisji pyłów przez przejeżdżające ulicami samochody [3–7].

Współczynnik wzbogacenia określa udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu przyziemnej warstwy powietrza [3].

$$X = \frac{m1 - m2}{m1}$$

X – udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu przyziemnej warstwy powietrza, wyrażony w %,

m1 – masa danego metalu zawarta w 1g pyłu zawieszonego, w punkcie przy ulicy, wyrażona w µg,

m2 – masa danego metalu zawarta w 1g pyłu zawieszonego, w punkcie będącym poza zasięgiem oddziaływania wtórnego pylenia, wyrażona w µg.

Z kolei za pomocą poniższego wzoru wyznaczono dodatkową ilość danego pierwiastka z wtórnej emisji do ogólnej masy przeciętnego zanieczyszczenia powietrza [4].

$$M = X \cdot Xg$$

M – dodatkowy udział danego pierwiastka w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza w sąsiedztwie powierzchni utwardzonych, wyrażony w µg,

X – udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu, wyrażony w %,

Xg – średnia geometryczna zawartość poszczególnych pierwiastków w sąsiedztwie ulicy, wyrażona w µg/g.

Wpływ zjawiska wtórnego pylenia na stopień kumulacji wybranych pierwiastków w migdałkach gardłowych celowo rozpatrzono na przykładzie populacji dzieci mieszkających w dwóch ośrodkach wielkomiejskich, różniących się stopniem zapylenia powietrza, a mianowicie Chorzów – jako miasto z dużym zapyleniem powietrza w porównaniu do Tychów – o mniejszym zapyleniu powietrza [WSSE Katowice].

Dlatego też celem poznawczych badań było znalezienie odpowiedzi na pytanie: jaki udział w intoksykacji migdałków berylowcami i Pb posiada zjawisko wtórnego pylenia wraz z emisją samochodową. W związku z powyższym drugim celem badań było ustalenie parametrów charakteryzujących zjawisko wtórnego pylenia oraz ich odniesienie do skutkujących zawartości wybranych pierwiastków w migdałkach gardłowych. Poznawczy cel badań polega na uzyskaniu odpowiedzi na pytanie: czy dodatkowe ilości związków badanych metali posiadają znaczenie w ogólnej zawartości pyłów zawieszonych w powietrzu na danym obszarze.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były migdałki gardłowe od 86 dzieci mieszkających w Tychach, w tym 39 migdałków pochodziło od chłopców i 47 od dziewczynek, oraz 76 migdałków od dzieci pochodzących z Chorzowa, w tym 40 od chłopców i 36 od dziewczynek.

Pozyskane migdałki były usunięte ze wskazań lecarskich podczas zabiegu adenotomii. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach nr NN-6501-255/I/04/05.

Dzieci w wieku 1–10 lat ze względów rodzinnych w ciągu dnia przebywały w różnych częściach wspomnianych miast. Dlatego pomiary pozwalające określić udział wtórnego pylenia w ogólnym zanieczyszczeniu przyziemnej warstwy powietrza zreali-

zowano na 7 stanowiskach pomiarowych w obrębie Tychów, oraz na 6 stanowiskach w Chorzowie (tab. I), celem uzyskania przybliżonej informacji o występowaniu zjawiska wtórnej emisji jako czynnika dodatkowo wpływającego na kumulację pierwiastków w migdałkach gardłowych podczas oddychania. Pobory prób w danym mieście realizowano jednocześnie o godzinie 11.00 w suchych okresach [3–5]. Była to najmniejsza ilość pyłu determinowana kryterium wykrywalności i czułości stosowanej metody oznaczania. Stanowiska poboru prób pyłu wyznaczono zgodnie z informacją WSSE Katowice – tab. I, ryc. 1 i 2.

Tabela I. Lokalizacja miejsc pomiarowych

Table I. Location of measurement sites

Stano-wisko pomia-rowskie	Chorzów	Tychy
R1	Stare Osiedle – ul. Podmiejska	Wzdłuż ul. Aleja Bielska – okolice Browaru
R2	ul. Graniczna	Okolice domu handlowego „AZET”
R3	Osiedle Klimzowiec – ul. Młodzieżowa	Okolice lodowiska (ul. De Gaulle’a)
R4	Osiedle Hutników – ul. Brzozowa	Okolice Szpitala Wojewódzkiego (ul. Edukacji/Wejcherta)
R5	ul. Floriańska	Park Miejski
R6	ul. Armii Krajowej – Dworzec PKP	Osiedle N
R7	–	Plac zabaw na ul. Grota Roweckiego

Ryc. 1. Lokalizacja miejsc pomiarowych w mieście Tychy
Fig. 1. Location of measurement places in TychyRyc. 2. Lokalizacja miejsc pomiarowych w mieście Chorzów
Fig. 2. Location of measurement places in Chorzów

Pyły zawieszone – metodyka

Pyły były pobierane przy użyciu aspiratora powietrza typ AP700 w ciągu godziny z zastosowaniem separatorów poszczególnych frakcji pyłu, które zapewniały zebranie danej frakcji przynajmniej o masie 100 mg. Zebrane na sączku pyłu o ustalonej masie poddano mineralizacji na gorąco mieszaniną 1:1 40% HF i 65% HNO₃ w ilości po 1 cm³, pozostałość po mineralizacji dodatkowo zadawano w 10 cm³ HNO₃ (V). Roztwory przeniesiono ilościowo do kolbek miarowych o pojemności 25 cm³, a następnie uzupełniono wodą redestylowaną do kreski. Poprawność wszystkich oznaczeń berylówców i Pb w badanych próbkach sprawdzono na podstawie ich oznaczeń w materiale referencyjnym SRM 1648 – NIST. Wyniki próbek wzorcowych różniły się w granicach od 3,8% dla Be do 5,3% dla Pb.

Migdałki – metodyka

Po ustaleniu mokrej masy migdałków z dokładnością 10⁻⁵ g, materiał biologiczny poddano suszeniu pod lampami promiennikowymi. Suche migdałki o znanej masie roztworzono w 5 cm³ kwasu azotowego (V) spektralnie czystego firmy Merck. Proces rozpuszczania próbki realizowano na łożni piaskowej za pomocą 2-krotnego zadania jej 5 cm³ kwasu azotowego (V), aż do momentu uzyskania klarownego roztworu. W przypadku, kiedy nie wszystkie roztwory stawały się w pełni klarowne, dodawano kilka kropel H₂O₂. Uzyskane klarowne roztwory przeniesiono do wykalibrowanych kolbek i uzupełniono wodą redestylowaną do objętości 10 cm³.

Zawartość metali w migdałkach gardłowych oraz w pyłach w formie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej została oznaczona metodą ICP – AES. Zasto-

sowana metoda była walidowana w oparciu o wzorce zawartości berylowców i Pb, odpowiadające zakresami występowania w badanej próbie biologicznej we współpracy z Zakładem Chemii Nieorganicznej Politechniki Śląskiej. Różnice w oznaczeniach wynosiły: Pb \approx 3,8%, Ba \approx 4,3%, Be \approx 3,9%, Sr \approx 4,0%, Ca \approx 1,8%, Mg \approx 2,2%. Analizę zawartości Pb, Be, Ba, Sr, Mg, Ca wykonano przy użyciu spektrometru SOLAR 2000, przy czym warunki oznaczeń były następujące: dokładność: 0,001 $\mu\text{g/g}$, wykrywalność: 0,005 $\mu\text{g/g}$, czułość: 0,01 $\mu\text{g/g}$, precyzja: $r = 0,999$. Uzyskane wyniki zostały poddane analizie statystycznej z wykorzystaniem programów Statistica for Windows ver 7.1 i Microsoft Exel.

W przypadku nielicznych przykładów rozkładu normalnego użyto Testu t-Studenta, jeśli został spełniony warunek równości wariancji w celu stwierdzenia znamienności statystycznej różnic między grupami, a przy różnych wariancjach posłużono się testem Cochran-Coxa dla dwóch grup i analizy wariancji dla kilku grup. Gdy rozkład odbiegał od normalnego rozkładu to zastosowano test U Manna-Whitneya dla dwóch grup lub test ANOVA Kruskala-Wallisa dla większej liczby grup. Za istotne statystycznie przyjmowano hipotezy, których prawdopodobieństwo wynosiło przynajmniej 95% ($\alpha = 0,05$).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Rezultaty badań charakteryzujące zjawisko wtórnego pylenia ze względu na zawartość berylowców i Pb w przyziemnej warstwie powietrza przedstawiają tabele II–V.

Emisja wtórnego pylenia – Tychy

Współczynnik określający udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu przyziemnej warstwy powietrza poszczególnymi pierwiastkami w formie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej różnił się obszarowo, a także ze względu na rodzaj pierwiastka (tab. II). W wyniku wtórnego pylenia wzbogacenie przyziemnej warstwy powietrza rozpuszczalnymi i nierozpuszczalnymi związkami ołowiu na całym badanym obszarze było rzędu 35–99%. Beryl i ołów w formie związków rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych w powietrzu bardziej intensywnie wzbogacane były w wyniku ruchu komunikacyjnego w sąsiedztwie głównej arterii miejskiej (Aleja Bielska) (Pb: 96% i 99%, Be: 94% i 87%). Udział związków Mg i Ca we wtórnej emisji w ujęciu obszarowym był podobny z wyjątkiem ulic o mniejszym natężeniu ruchu.

Wówczas dla Mg wyniósł on 42%–50% a dla Ca 17%–45%. Obszar o dużym nasileniu ruchu komunikacyjnego charakteryzowały większe współczynniki wzbogacenia frakcjami rozpuszczalnymi pierwiastków: Pb: 99%, Ba: 73%, Sr: 61%, Mg: 87%, Ca: 85%, oraz nierozpuszczalnymi: Pb: 96%, Ba: 76%, Sr, Mg i Ca: 67%.

O ile wyniki przedstawione w tab. II orientują o potencjalnym wpływie zjawiska wtórnego pylenia, to ich praktyczny udział opisuje procentowy względny wzrost zawartości danego pierwiastka w sąsiedztwie powierzchni utwardzonych (boiska asfaltowe).

Wyniki zestawione w tab. III. pokazują, że zróżnicowane narażenie dzieci w wyniku zjawiska wtórnego pylenia wyraża dodatkowy udział frakcji rozpuszczalnej w ogólnej ilości danego pierwiastka w powietrzu. I tak w wyniku wtórnego pylenia i emisji samochodowej w przyziemnej warstwie powietrza występują dodatkowe ilości Pb rzędu 24–26 μg , w przypadku Ba: 0,8–18 μg , Sr: 5,3–13 μg . Z kolei największym zróżnicowaniem w występowaniu w przyziemnej warstwie powietrza odznacza się obecność Mg i Ca, która dla Mg jest rzędu 4–6,5 \cdot 10² μg , a dla Ca 2–4 \cdot 10³ μg . Wyniki przedstawiające dodatkowy udział frakcji nierozpuszczalnej należy traktować jako dodatkową ilustrację roli zjawiska wtórnego pylenia na przyrost zawartości Pb, Be, Ca, Mg, Ba, Sr w przyziemnej warstwie powietrza w formie pyłów drobnodispersyjnych.

Emisja wtórnego pylenia – Chorzów

W przypadku Chorzowa jako obszaru o większym zapyleniu powietrza w porównaniu do Tychów, znaczenie wtórnego pylenia rozpatrzono tylko na podstawie dodatkowego udziału rozpuszczalnych form wybranych berylowców i Pb w ogólnej ilości pyłów zawieszonych (tab. IV), bowiem rozrzut wyników form nierozpuszczalnych określony był wyłącznie zanieczyszczeniem z emisji przemysłowej. Wartości współczynnika wzbogacenia przyziemnej warstwy powietrza przez rozpuszczalne związki Pb były rzędu 75–93%, Be: 38–83%, Ba: 18–63%, Mg: 61–83%. Udział Sr w ogólnej masie pyłu zawieszonego w powietrzu był ustabilizowany poza obszarem osiedla Klimzowiec, położonego po przeciw wietrznej stronie względem zakładów przemysłowych, gdzie wzbogacenie przyziemnej warstwy powietrza rozpuszczalnymi związkami Sr opisuje współczynnik 99%.

W związku z powyższym interesujące było określenie dodatkowej masy badanego metalu w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza w 6 różnych dzielnicach Chorzowa (tab. V). Dodatkowa obecność rozpuszczalnych związków Sr w przyziemnej war-

stwie powietrza zaznaczyła się jedynie na terenie osiedla Klimzowiec (0,4 µg), co wskazuje, że na pozostałych terenach Chorzowa dzieci nie podlegały intensywnemu wpływowi zjawiska wtórnego pylenia ze strony tego pierwiastka. Z kolei na przykładzie Pb można zauważyć uprzednią, historyczną i te-

rażniejszą rolę zlokalizowanych zakładów przemysłowych na terenie Chorzowa oraz rolę dużej emisji samochodowej na kierunkach Katowice – Chorzów – Bytom oraz Katowice – Chorzów – Świętochłowice. Stąd dodatkowy udział Pb w zapyleniu powietrza jest rzędu 77–96 µg. Dodatkowy udział roz-

Tabela II. Współczynnik wzbogacenia przyziemnej warstwy powietrza przez rozpuszczalne i nierozpuszczalne frakcje pierwiastków w różnych obszarach Tychów [X – %]

Table II. The enrichment factor the ground layer of air by soluble and insoluble fractions of the elements in various areas of Tychy [X – %]

Metal		Rejon	R1 X [%]	R2 X [%]	R3 X [%]	R4 X [%]	R6 X [%]	R7 X [%]
Pb	Frakcja rozpuszczalna		99	91	93	98	97	92
	Frakcja nierozpuszczalna		96	77	88	85	35	84
Be	Frakcja rozpuszczalna		94	0	0	0	0	0
	Frakcja nierozpuszczalna		87	0	0	0	0	0
Ca	Frakcja rozpuszczalna		85	45	49	54	17	76
	Frakcja nierozpuszczalna		67	59	56	59	44	62
Mg	Frakcja rozpuszczalna		87	59	65	60	42	50
	Frakcja nierozpuszczalna		67	61	64	57	43	48
Ba	Frakcja rozpuszczalna		73	15	3,3	–81*	–61*	–263*
	Frakcja nierozpuszczalna		76	–17*	79	61	36	53
Sr	Frakcja rozpuszczalna		61	29	25	37	0	40
	Frakcja nierozpuszczalna		67	53	46	50	46	46

* deficyt badanego metalu (proces wzbogacenia tytułem zjawiska wtórnego pylenia nie zachodzi)

* shortage of investigated metal (enrichment process due to secondary dusting is not ongoing)

Za punkt odniesienia (m2) przyjęto obszar R5 – Park Miejski

Reference point (m2) area R5 – city park

Tabela III. Dodatkowa masa danego metalu z wtórnego pylenia w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza na terenie Tychów [M – µg]

Table III. Additional mass of the given metal from secondary emission of general air pollution in Tychy [M – µg]

Metal		Rejon	R1 M [µg]	R2 M [µg]	R3 M [µg]	R4 M [µg]	R6 M [µg]	R7 M [µg]
Pb	Frakcja rozpuszczalna		26	24	24	26	25	24
	Frakcja nierozpuszczalna		17	24	16	15	6,3	15
Be	Frakcja rozpuszczalna		0,09	0	0	0	0	0
	Frakcja nierozpuszczalna		0,09	0	0	0	0	0
Ca	Frakcja rozpuszczalna		4235	2230	2456	2713	821	3787
	Frakcja nierozpuszczalna		1473	1284	1213	1278	964	1335
Mg	Frakcja rozpuszczalna		359	449	492	457	394	378
	Frakcja nierozpuszczalna		153	140	147	132	99	109
Ba	Frakcja rozpuszczalna		18	3,7	0,83	–20*	–15*	–66*
	Frakcja nierozpuszczalna		12	–2,7*	13	9,9	5,8	8,5
Sr	Frakcja rozpuszczalna		13	6,2	5,3	7,7	0	8,4
	Frakcja nierozpuszczalna		10	8	7	7,5	7	7

Tabela IV. Współczynnik wzbogacenia przyziemnej warstwy powietrza przez rozpuszczalne frakcje pierwiastków w różnych obszarach Chorzowa [X – %]

Table IV. The enrichment factor of ground layer of air by soluble fractions of the elements in different areas of Chorzów [X – %]

Metal \ Rejon	R1 X [%]	R2 X [%]	R3 X [%]	R4 X [%]	R5 X [%]	R6 X [%]
Pb	m ² (0,2 µg)	75	92	83	93	77
Be	m ² (0,001µg)	m ² (0,001µg)	83	38	58	–99*
Mg	83	79	m ² (105 µg)	83	61	81
Ba	63	41	m ² (1,44 µg)	61	18	57
Sr	m ² (0,001µg)	m ² (0,001µg)	99,9	m ² (0,001µg)	m ² (0,001µg)	m ² (0,001µg)

* deficyt badanego metalu (proces wzbogacenia tytułem zjawiska wtórnego pylenia nie zachodzi)

* *shortage of investigated metal (enrichment process due to secondary dusting is not ongoing)*

m² – punkt odniesienia (µg), masa danego metalu zawarta w 1g pyłu zawieszonym w punkcie pozostającym poza zasięgiem oddziaływania wtórnego pylenia

m² – *reference point (µg) mass of a given metal in 1 g of suspended dust in the point outside of secondary dusting*

Tabela V. Dodatkowa masa danego metalu w formie rozpuszczalnej z wtórnego pylenia w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza na terenie Chorzowa [M – µg]

Table V. The additional mass of soluble form of the given metal from secondary emission of general air pollution in Chorzów [M – µg]

Metal \ Rejon	R1 M [µg]	R2 M [µg]	R3 M [µg]	R4 M [µg]	R5 M [µg]	R6 M [µg]
Pb	Xg (1,03 µg/g)	77	95	86	96	80
Be	Xg (0,002 µg/g)	Xg (0,002 µg/g)	0,17	0,08	0,12	–0,2*
Mg	31755	30225	Xg (383 µg/g)	31755	23338	30990
Ba	162	105	Xg (2,6 µg/g)	157	46	147
Sr	Xg (0,004 µg/g)	Xg (0,004 µg/g)	99,9	Xg (0,004 µg/g)	Xg (0,004 µg/g)	Xg (0,004 µg/g)

* deficyt badanego metalu (proces wzbogacenia tytułem zjawiska wtórnego pylenia nie zachodzi)

* *shortage of investigated metal (enrichment process due to secondary dusting is not ongoing)*

Xg – punkt odniesienia (µg), masa danego metalu zawarta w 1g pyłu zawieszonym w punkcie pozostającym poza zasięgiem oddziaływania wtórnego pylenia

Xg – *reference point (µg) mass of a given metal in 1 g of suspended dust in the point outside of secondary dusting*

puszczalnych związków Ba był rzędu 105–162 μg z wyjątkiem mało ruchliwej ulicy Floriańskiej – 46 μg (R5). Na ogół zapylenie powietrza rozpuszczalnymi związkami Mg w wyniku zjawiska wtórnego pylenia opisywały ilości rzędu $2\text{--}3\cdot 10^4$ μg . Ten fakt tłumaczy się bezpośrednim sąsiedztwem Huty Batory, Elektrowni Chorzów oraz nieczynnej już Huty Kościuszko. Zjawisko wtórnego pylenia powodowało również zwiększenie udziału rozpuszczalnych form Be na różnych obszarach Chorzowa w granicach 0,08–0,17 μg .

Migdałki gardłowe zostały uznane wcześniejszymi badaniami jako próby biologiczne, spełniające cechy biomarkera ekspozycji [5–9]. Migdałki gardłowe mogą być intoksykowane zarówno rozpuszczalnymi związkami badanych pierwiastków podczas włączania się ich w warstwę śluzu pokrywającego migdałek, jak i na drodze działania sił adhezji i adsorpcji cząstek nierozpuszczalnych na powierzchni migdałka. W rezultacie zachodzi zjawisko ich kumulacji. Wyniki przedstawione w tab. II–V wyraźnie sugerują na istnienie możliwości kumulacji większych ilości badanych pierwiastków w tkance migdałka gardłowego. To przypuszczenie potwierdzają rezultaty badań zawartości Pb, Be, Ba, Sr, Ca i Mg w migdałkach gardłowych chłopców i dziewczynek mieszkających w Tychach (tab. VI) oraz w Chorzowie (tab. VII).

Z charakterystyki statystycznej występowania berylowców i Pb w migdałkach gardłowych chłopców i dziewczynek zamieszkujących obszar Tychów i Chorzowa wynika, że Mg i Ca są znaczącymi pierwiastkami w strukturze mineralnej migdałków, natomiast Pb, Be, Ba i Sr są pierwiastkami śladowymi, które w zróżnicowany sposób mogą być kumulowane w tkance tego narządu, jako rezultat konkurencji o receptor bądź w wyniku interakcji między nimi.

Odnosząc się do tych informacji należy podkreślić fakt, że średnie zawartości Ba w migdałkach różniły się istotnie (chłopcy: $p \leq 0,04$, dziewczynki: $p \leq 0,02$) i tak u chłopców z Tychów były rzędu 1,06 $\mu\text{g/g}$, u dziewczynek 1,01 $\mu\text{g/g}$ a w migdałkach chłopców mieszkających w Chorzowie 0,33 $\mu\text{g/g}$ oraz u dziewczynek 0,35 $\mu\text{g/g}$. Zawartości te każdorazowo były dużo wyższe od dostrzeżonych wcześniej przez Nogaj i wsp. [9] w migdałkach dzieci mieszkających w Krakowie (chłopcy: 0,009 $\mu\text{g/g}$, dziewczynki: 0,13 $\mu\text{g/g}$) i Jurze Krakowsko-Częstochowskiej (chłopcy: $\leq 0,65$ $\mu\text{g/g}$, dziewczynki: $\leq 0,005$ $\mu\text{g/g}$). Na podstawie przytoczonych powyżej danych widać wyraźnie, że Ba jest pierwiastkiem charakterystycznym, który podlega kumulacji w migdałkach gardłowych podczas procesu oddychania. W przypadku Pb odwrotnie, jego przeciętna zawartość w migdałkach chłopców i dziewczynek z Chorzowa (0,7 $\mu\text{g/g}$) była

Tabela VI. Charakterystyka statystyczna występowania berylowców i Pb w migdałkach gardłowych z uwzględnieniem płci dzieci mieszkających w Tychach [$\mu\text{g/g}$]

Table VI. Statistical characteristics of given elements content in the adenoids taking into account the gender of children living in Tychy [$\mu\text{g/g}$]

Metal	Średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe	Średnia geometryczna	Zakres zmian		Zawartości odpowiadające percentylowi		Współczynnik zmienności (%)
			min	max	10	95	
Chłopcy (n = 39)							
Pb	0,71±0,58	0,51	0,11	2,07	0,16	1,94	82
Be	0,01±0,01	0,01	0,003	0,03	0,005	0,02	49
Ca	746±399,7	664	339	1889	386	1795	54
Mg	1332±275,3	1303	836	1859	961	1698	21
Ba	1,81±1,9	1,06	0,19	6,24	0,26	5,93	102
Sr	1,11±1,4	0,49	0,1	4,76	0,14	4,32	127
Dziewczynki (n = 47)							
Pb	0,74±0,59	0,54	0,11	2,02	0,19	1,85	79
Be	0,02±0,01	0,02	0,003	0,04	0,01	0,04	55
Ca	979±627,6	817	339	2642	429	2289	64
Mg	1386±272,05	1360	951	1984	1002	1888	20
Ba	1,53±1,29	1,01	0,16	5,19	0,22	3,53	84
Sr	1,36±1,69	0,58	0,11	5,6	0,16	5,04	125

wyższa w porównaniu do migdałków dzieci z Tychów (0,5 µg/g) ($p \leq 0,05$). Podobnie zarówno przeciętne, najniższe zawartości Pb w migdałkach chłopców z Chorzowa (0,3 µg/g) i dziewczynek (0,27 µg/g) były wyższe analogicznie w porównaniu do chłopców z Tychów (0,16 µg/g) i dziewczynek (0,19 µg/g) ($p \leq 0,05$). Poszczególne dane, zawarte w charakterystyce statystycznej występowania Sr w migdałkach gardłowych można wykorzystać jako informacje o jego fizjologicznej zawartości. Przyjmując jako kryterium średnią geometryczną zawartość dostrzeżono odrębny sposób występowania tego pierwiastka w migdałkach. Migdałki chłopców z Tych zawierają mniejsze ilości Sr (0,49 µg/g) w porównaniu do migdałków dziewczynek (0,58 µg/g) ($p \leq 0,05$), natomiast u dzieci z Chorzowa nie dostrzeżono istotnej różnicy ze względu na płeć dziecka w występowaniu Sr w migdałkach (0,4 µg/g). Różnice dotyczą natomiast maksymalnych zawartości Sr, które są ok 2 razy większe w migdałkach dzieci z Tych w odniesieniu do dzieci z Chorzowa ($p \leq 0,008$). Obecność Sr podobnie jak Ba w migdałkach będzie determinowana ich chemopodobnymi właściwościami w odniesieniu do Mg i Ca. To niewielkie zróżnicowanie obecności Sr w migdałkach wynika z niewielkiej zmienności poziomu zawartości tego pierwiastka w pyłe zawieszonym w powietrzu. Za przypuszczeniem o dużej, specy-

ficznej roli fizjologicznej Mg i Ca, jak i ich właściwości chemicznych świadczy podobne występowanie Mg i Ca, różne ze względu na płeć. W migdałkach gardłowych dzieci z Tych w podobnych ilościach pierwiastki występowały u dziewczynek w porównaniu do chłopców, a mianowicie: Mg: 1360 µg/g, Ca: 817 µg/g oraz Mg: 1303 µg/g, Ca: 664 µg/g. Rola płci w kumulacji Mg jest złożona. Przeciętna zawartość Mg w migdałkach chłopców i dziewczynek z Tych wynosiła odpowiednio 1303 µg/g i 1360 µg/g ($p \leq 0,08$), u chłopców i dziewczynek z Chorzowa przeciętne mniejsze zawartości tego pierwiastka wynosiły odpowiednio 724 µg/g i 740 µg/g ($p \leq 0,13$). Stąd też w migdałkach dzieci z Chorzowa udział Mg w strukturze mineralnej migdałków był istotnie mniejszy w porównaniu do migdałków dzieci z Tych ($p \leq 0,005$).

WNIOSKI

1. W dynamice występowania zanieczyszczeń pyłowych w przyziemnej warstwie powietrza dużą rolę pełni zjawisko wtórnego pylenia, co może skutkować także dodatkową intoksykacją migdałków gardłowych berylowcami i Pb.
2. Dostrzeżono, że zawartość berylowców i Pb w migdałkach gardłowych jest różnicowana ze

Tabela VII. Charakterystyka statystyczna występowania berylowców i Pb w migdałkach gardłowych z uwzględnieniem płci dzieci mieszkających w Chorzowie [µg/g]

Table VII. Statistical characteristics of given elements content in the adenoids including the gender of children living in Chorzów [µg/g]

Metal	Średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe	Średnia geometryczna	Zakres zmian		Zawartości odpowiadające percentylowi		Współczynnik zmienności (%)
			min	max	10	95	
Chłopcy (n = 40)							
Pb	0,61±0,66	0,7	0,23	2,28	0,3	2,19	69
Be	0,01±0,01	0,01	0,003	0,04	0,005	0,03	70
Ca	628,±592,1	593	144	2391	168	2103	76
Mg	358±655,08	724	410	1697	440	1616	45
Ba	0,42±0,31	0,33	0,1	1,57	0,12	1,37	91
Sr	0,69±0,44	0,46	0,11	2,47	0,14	2,31	99
Dziewczynki (n = 36)							
Pb	0,81±0,71	0,73	0,23	2,47	0,27	2,4	78
Be	0,01±0,01	0,01	0,004	0,04	0,004	0,04	78
Ca	488±502,42	554	164	2338	179	1358	70
Mg	334±661,58	740	433	1627	482	1485	42
Ba	0,43±0,34	0,35	0,05	1,48	0,08	1,46	84
Sr	0,53±0,38	0,42	0,11	2,36	0,11	1,65	90

względu na płeć dzieci oraz stopniem zapylenia przyziemnej warstwy powietrza. Zawartość tych pierwiastków w migdałkach gardłowych w szczególności zależy od zawartości poszczególnych pierwiastków w formie rozpuszczalnej w pyłach zawieszonych.

Źródło finansowania: środki własne Śląskiego Uniwersytetu Medycznego

PIŚMIENNICTWO

1. Pacyna J.: Elektrownie węglowe jako źródło skażenia środowiska metalami i radionuklidami. Monografie Pol. Wrocławskiej 1980; nr 40.
2. Kwapuliński J., Mirosławski J., Cyganek M. i wsp.: Występowanie drobnodyspersyjnych pyłów w warunkach wtórnego pylenia. Ochrona Powietrza 1991; 6: 145-48.
3. Hewitt C.N., Rashed M.B.: The deposition of selected pollutants adjacent to a major small highway. Atmos Environ 1991; 25A(5-6): 979-983.
4. Rzepka J., Nogaj E., Kwapuliński J., Rochel R., Bogunia M.: Zjawisko wtórnej emisji ołowiu i kadmu, jako zagrożenie cywilizacyjne dzieci i młodzieży. Materiały V Konferencji Naukowej, Katowice 2007, 30-39.
5. Kwapuliński J., Mirosławski J., Podleska J.: Chemiczne formy występowania metali w ulicznym pyłe osiadłym na terenach rekreacyjnych (Brenna). Problemy Ekologii 1999; 3: 43-47.
6. Endler Z., Markiewicz K., Michalczyk J.: Zawartość metali ciężkich w liściach, kwiatach i owocach bzu czarnego. Wiadomości Zielarskie 1989; 2: 5-6.
7. Szymczykiwicz K.: Toksykologia pyłów. IMP Sosnowiec.
8. Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka II. PZWL Warszawa; 1992: 116-119, 129-131, 140-143.
9. Zakrzewska A., Górski P.: Migdałek gardłowy jako część układu tkanki limfatycznej nosa i gardła – anatomia, fizjologia oraz zmiany towarzyszące chorobom alergicznym u dzieci. Alergia Astma Immunologia 2004; 9(2): 61-69.
10. Nogaj E., Kwapuliński J. i wsp.: Aluminium as trace element in pharyngeal tonsil. Polish J of Environ Stud 2010;15: 621-626.
11. Nogaj E., Kwapuliński J., Bazowska M. i wsp.: Wpływ biernego palenia na występowanie Cu i Ca w migdałkach dzieci z obszaru miasta Tychy. Przegl Lek 2010; 67: 933-935.
12. Nogaj E., Kwapuliński J. i wsp.: Pharyngeal tonsil as new biomarker of pollution on example of barium. Polish J Environ Stud 2011; 20: 167-172.

Adres do korespondencji:

Prof. dr hab. Jerzy Kwapuliński
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
ul. Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec
Tel: 502 606 612
e-mail: psorek_1940@o2.pl