

Udział rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych form berylowców i Pb w pyłe zawieszonym i w migdałkach gardłowych

The part of soluble and insoluble forms of Pb, Be, Ba, Ca, Mg, Sr in particulate matter and in the pharyngeal tonsils

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

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

^(b) zebranie materiału do badań

^(c) badania laboratoryjne

^(d) statystyka i interpretacja wyników

^(e) opracowanie tekstu i piśmiennictwa

STRESZCZENIE

Wstęp. Migdałek gardłowy na podstawie dotychczasowych badań, uznany został jako dobry biomarker ekspozycji, dzięki swojemu położeniu w głównym strumieniu wdychanego powietrza i wiele pierwiastków może być w nim kumulowanych. Celem niniejszych badań było ustalenie, jaki udział posiadają formy rozpuszczalne i nierozpuszczalne związków poszczególnych pierwiastków w pyłe zawieszonym w kumulacji Pb, Be, Ba, Sr, Ca, Mg w migdałkach gardłowych. **Materiał i metody.** Zawartość badanych pierwiastków określono w 86 próbkach migdałków gardłowych dzieci mieszkających w Tychach oraz w 76 migdałkach dzieci z Chorzowa, jak również w pyłach zawieszonych w powietrzu, występujących w formie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej. Wyszczególnione współczynniki k_1 , k_2 obecne w równaniu podziału pozwalają wskazać na większe znaczenie frakcji rozpuszczalnej lub nierozpuszczalnej danego pierwiastka obecnej we wdychanym pyłe zawieszonym. **Wyniki.** Wartości współczynników w równaniu podziału potwierdziły znaczenie płci dziecka oraz zwróciły uwagę na możliwość ich obszarnego zróżnicowania w odniesieniu do biernego palenia, w stopniu kumulowania w migdałkach gardłowych Pb, Be, Ba, Sr, Mg, Ca. **Wnioski.** Równanie podziału pozwala ocenić względne udziały poszczególnych frakcji w odniesieniu do ogólnej zawartości danego pierwiastka w migdałkach gardłowych.

Słowa kluczowe: migdałek gardłowy, równanie podziału, pyły zawieszone

ABSTRACT

Introduction. Previous studies have confirmed that the pharyngeal tonsil is a good biomarker of exposure due to its position relative to inhaled air so that multiple elements can be accumulated in this organ. The aim of the study is to determine the share of soluble and insoluble compounds of individual elements in suspended particles in the accumulation of Pb, Be, Ba, Sr, Ca, Mg by the pharyngeal tonsils. **Material and methods.** The content of the analyzed elements is defined in 86 samples of pharyngeal tonsils from children living in Tychy and in 76 samples of pharyngeal tonsils from children living in Chorzów, as well as in the suspended particles in the air occurring in soluble and insoluble form. The specified coefficients k_1 , k_2 present in the equation division allow the indication the greater importance of soluble and insoluble fraction of an element present in the inhaled air. **Results.** The value of the coefficients in the equation division based on gender confirmed its importance. **Conclusions.** The values detect area variation in relation to passive smoking in the extent of accumulation of Pb, Be, Ba, Sr, Mg, Ca in pharyngeal tonsils.

Key words: pharyngeal tonsil, equation division, suspended particles

WSTĘP

Wcześniejsze badania pierwiastków nad występowaniem wielu pierwiastków, m.in.: Cu, Ca, Fe, Mn, Al, Ba, Cd, Zn, Cr w migdałkach gardłowych [1–10] uzasadniły zainteresowanie się rolą poszczególnych form rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych berylowców i Pb w wodzie obecnych w pyłe zawieszonym w procesie ich kumulowania w migdałkach gardłowych. Migdałki gardłowe w przypadku powyższych pierwiastków wykazały się określoną, m.in. wiekiem dziecka, różną kumulacją poszczególnych pierwiastków. W procesie ich kumulacji podczas oddychania ważnym jest, że migdałek gardłowy zlokalizowany jest w głównym strumieniu wdychanego powietrza. Powyższa kumulacja pierwiastków w tkance migdałka modyfikowana jest także tzw. fazą dostępności toksykologicznej, polegającą na odpowiednio różnym udziale rozpuszczalnych w wodzie związków tych pierwiastków w pyłe zawieszonym jak również wybiórczymi zdolnościami migdałka gardłowego do kumulowania metali przez tkankę tego narządu. Dlatego też ze względu na płeć dzieci, zamieszkałych w bezpośrednim lub daleko sięgającym oddziaływaniu pyłów przemysłowych, mogą pojawić się różnice w stopniu intoksykacji migdałków gardłowych.

Proces kumulacji pierwiastków, jakkolwiek może być selektywnie wybiórczy, to jednak w przypadku charakterystycznej dla emisji pierwiastków należy spodziewać się odpowiednich współzależności w występowaniu pierwiastków w migdałku gardłowym. Prawdopodobnym jest, że migdałki gardłowe nie tylko dzięki swojej specyficznej lokalizacji w strumieniu wdychanych zanieczyszczeń pyłowych, lecz również ze względu na przeważający jednorodny, ciągły wpływ pyłów z emisji elektrowni, leżących blisko siebie w promieniu ok. 20 km (ryc. 1), mogą być wykorzystane do oceny narażenia populacji dziecięcej [11, 12, 13]. Podkreślić należy, iż poziom zawartości pierwiastków w migdałkach gardłowych może być zróżnicowany nie tylko ich obecnością w pyłe, lecz także względnym udziałem form rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych związków chemicznych w śluzie pokrywającym migdałki gardłowe. Ponadto nie bez znaczenia pozostaje fakt, że obszary zamieszkania dzieci na ogół mają charakter niepowtarzalny: topograficznie, meteorologicznie i chemicznie. Dlatego zasadna jest odpowiedź na pytanie jaki udział mają formy rozpuszczalne i nierozpuszczalne Pb, Be, Ca, Mg, Ba, Sr w wodzie redystrylowanej, obecne w pyłe zawieszonym, lecz również w śluzie na migdałkach gardłowych lub osadzających się siłami adhezji. Dlatego głównym celem badań było określenie udziału obecności w pyłach zawieszonych rozpuszczalnych i nie-

rozpuszczalnych form berylowców i Pb w wodzie redystrylowanej, w ich kumulacji w migdałkach gardłowych. Cel ten ma charakter poznawczy, bowiem pierwiastki te nie były dotąd oznaczane w tym narządzie. Beryl uważany jest za pierwiastek o silnych własnościach nowotworowych w odniesieniu do układu oddechowego. Bar i stront posiadają duże powinowactwo w procesach chemicznych podobnych do Ca i Mg. Wyniki badań mogą mieć ewentualnie zastosowanie do wykorzystania migdałków gardłowych jako pomocniczego biomarkera ekspozycji na berylowce lub Pb w programach screeningowych.

Odpowiedź na to pytanie można uzyskać wykorzystując równanie podziału [14, 15].

$$C_M = k_1 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + k_2 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$$

C_M – średnia zawartość danego pierwiastka w migdałku [$\mu\text{g/g}$],

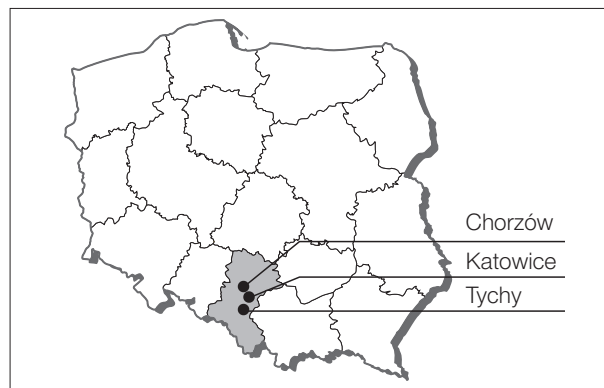
$C_{\text{rozpuszcz}}$ – średnia zawartość danego pierwiastka we frakcji rozpuszczalnej pyłu zawieszzonego [$\mu\text{g/g}$] w wodzie redystrylowanej,

$C_{\text{nierozpuszcz}}$ – średnia zawartość danego pierwiastka we frakcji nierozpuszczalnej pyłu zawieszzonego [$\mu\text{g/g}$] w wodzie redystrylowanej,

k_1 – współczynnik charakteryzujący udział danego pierwiastka w formie części rozpuszczalnej pyłu zawieszzonego w wodzie redystrylowanej,

k_2 – współczynnik charakteryzujący udział danego pierwiastka w formie części nierozpuszczalnej pyłu zawieszzonego w wodzie redystrylowanej.

Wyszczególnione współczynniki k_1 , k_2 pozwalają wskazać na większe znaczenie frakcji rozpuszczalnej bądź nierozpuszczalnej obecnej we wdychanym pyłe zawieszonym. W przypadku, gdy $k_1 > k_2$, to wówczas obecność danego pierwiastka pochodzi w głównej mierze na podstawie sorpcji związków rozpuszczalnych w pyłe zawieszonym.



Ryc. 1. Lokalizacja miast zamieszkałych przez badaną grupę dzieci (Tychy i Chorzów)

Fig. 1. Location of the cities inhabited by a group of studied children (Tychy and Chorzów)

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły 162 próby całych migdałków gardłowych od dzieci zdrowych, usunięte ze wskazań lekarskich, w tym 86 migdałków pochodziło od dzieci mieszkających w Tychach, a 76 od dzieci z Chorzowa. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach nr NN-6501-255/I/04/05. W ankiecie rodzice ujawniali fakt palenia przynajmniej 5 papierosów w obecności dziecka w domu.

Migdałki

Migdałki gardłowe po uprzednim zważeniu na wadze ZMP WA-32 z dokładnością 1×10^{-5} g, zostały poddane mineralizacji w łaźni piaskowej za pomocą 5 cm^3 kwasu azotowego (V) (Supra Pure Merck), aż do momentu uzyskania klarownych roztworów. Jeśli dany roztwór nie był w pełni klarowny to dodawano kilka kropel nadtlenku wodoru.

Pyły zawieszane

Wydajność separowania pyłów za pomocą aspiratorów w ciągu 1 godziny zapewniły uzyskanie masy pyłu na wykonanie oznaczenia badanych pierwiastków z dokładnością stosowanej metody instrumentalnej.

Pyły w Tychach i w Chorzowie były pobierane równocześnie, zawsze o godzinie 11.00, za pomocą aspiratorów powietrza AP700 w ciągu godziny z zastosowaniem separatorów poszczególnych frakcji pyłu, by zapewnić uzyskanie pyłu przynajmniej o masie 120 mg. Wyboru sześciu punktów poboru dokonano na wybranych osiedlach i przy szkołach zgodnie z danymi WSSE Katowice. Zebrane pyły poddano frakcjonowaniu za pomocą 50 cm^3 wody redystylowanej na formę rozpuszczalną i nierozpuszczalną za pomocą twardych sączków. Frakcję rozpuszczalną odparowano do sucha do stałej masy. Suchą postać frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej pyłu o znanej masie poddano mineralizacji na gorąco 1 cm^3 1:1 40% HF i 65% HNO_3 , a pozostałość po mineralizacji dodatkowo roztworzono w 10 cm^3 HNO_3 (V). Próby pyłów w Tychach i w Chorzowie pobierano 13 razy w ciągu roku w okresie wiosenno jesiennym. Jest to zasadniczy okres zabaw dzieci na powietrzu.

Zawartość berylownców i Pb we wszystkich próbkach została oznaczona metodą ICP – AES przy pomocy spektrometru SOLAR 2000, w certyfikowanym laboratorium Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach (AB 146). Dokładność oznaczeń $0,01 \mu\text{g/g}$ sprawdzono przy dodatku

wzorca firmy Merck. Natomiast wykrywalność była równa: $0,005 \mu\text{g/g}$, czułość: $0,01 \mu\text{g/g}$ oraz precyzja: $r = 0,999$. Analizę statystyczną uzyskanych wyników opracowano za pomocą programu Statistica for Windows ver 7.1. Zastosowana metoda była dodatkowo walidowana w oparciu o wzorce zawartości berylownców i Pb odpowiadająca zakresami ich występowania w badanych próbach, we współpracy z Zakładem Chemii Nieorganicznej Politechniki Śląskiej. Różnice w oznaczeniach wykonane w Głównym Instytucie Górniczym w Katowicach oraz na Politechnice Śląskiej wynosiły: Pb – 3,8%, Ba – 4,3%, Be – 3,9%, Sr – 4,0%, Ca – 1,8%, Mg – 2,2%.

WYNIKI BADAŃ

Dyskusję o udziale związków pierwiastków występujących w formie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w pyłe zawieszonym w powietrzu, przeprowadzono na poziomie występowania tych pierwiastków w migdałkach gardłowych odpowiadających średniej geometrycznej, gdyż często występowanie zawartości badanych metali miało charakter nieparametryczny, najczęściej prawostronnie rozwinięty. oraz stopniem zanieczyszczenia powietrza w Tychach i Chorzowie (tab. I i tab. II). Odchylenie standardowe nie przekraczało 9,5% danej wartości. Normalność rozkładu występowania poszczególnych zawartości berylownców i Pb w migdałkach gardłowych oceniono testem Kołgomorowa-Smirnowa z poprawką Lillieforsa oraz Testem Shapiro-Wilka.

W przypadku nielicznych przykładów rozkładu normalnego użyto Testu t-Studenta. Gdy rozkład odbiegał od normalnego rozkładu to zastosowano test U Manna-Whitneya. Za istotne statystycznie przyjmowano hipotezy, których prawdopodobieństwo wynosiło przynajmniej 95% ($\alpha = 0,05$).

W analizie sposobu udziału związków chemicznych berylownców i Pb występujących w pyłe zawieszonym, dodatkowo rozważano zmiany ze względu na płeć oraz jednoczesne oddziaływanie biernego palenia (*Environmental Tobacco Smoke* – ETS).

Równanie podziału – Tychy

Porównanie odpowiednich współczynników występujących w równaniach podziału zestawionych w tab. III wskazują, że obecność Pb w migdałkach chłopców i dziewczynek determinowana jest obecnością zarówno frakcji rozpuszczalnej jak i nierozpuszczalnej.

Z kolei Ba w większym stopniu obecny jest w migdałkach chłopców i dziewczynek na podsta-

wie adsorpcji i działania sił adhezji na powierzchni migdałków, co potwierdzają ok. 1,5–2,0 razy mniejsze współczynniki podziału w porównaniu do udziału frakcji nierozpuszczalnej (chłopcy: 4,3 i dziewczynki: 3,48). Znaczenie frakcji rozpuszczalnej ze względu na płęć jest podobne (chłopcy: 2,2 i dziewczynki: 2,04).

Charakterystyczne jest zachowanie się Ca w migdałkach, a mianowicie ujemny znak przy współczynnika k_1 wskazuje na możliwość antagonistycznego oddziaływania na obecność w migdałkach innych ksenobiotyków np. Pb lub Ba. Z kolei duża wartość współczynnika k_2 charakteryzującego udział frakcji nierozpuszczalnej rzędu 45 dla migdałków chłopców i 60 dla migdałków dziewczynek wskazuje, że Ca, którego udział w pyłe zawieszonym jest bardzo duży może być absorbowany w śluzie w trakcie oddychania. Ujemna wartość współczynnika k_1 dla Ca w odniesieniu do migdałków chłopców – 4,67 i do migdałków dziewczynek – 5,67 interpretujemy jako pewien niedobór tego pierwiastka w tym narządzie, który w dalszej ko-

lejności jest uzupełniany w trakcie procesu oddychania.

Ten rodzaj zachowania się Ca potwierdził się także w przypadku dzieci dodatkowo narażonych na ETS. Odpowiednie współczynniki podkreślające znaczenie frakcji nierozpuszczalnej są także duże rzędu 55 u dzieci narażonych na ETS i 58 u dzieci nienarażonych. W podobny sposób zachowuje się Sr podczas procesu jego kumulacji w migdałkach dzieci zarówno narażonych jak i nienarażonych na dym tytoniowy, prawdopodobnie jest to wyrazem chemopodobnych właściwości Ca i Sr.

Z kolei Ba w migdałkach dzieci narażonych na ETS obecny jest w podobnych proporcjach zarówno z części związków rozpuszczalnych jak i z nierozpuszczalnych, natomiast ta „swoista równowaga” ustępuje jeśli uwzględnimy wartości współczynników podziału charakteryzujące migdałki dzieci nienarażonych. Wówczas znaczenie frakcji rozpuszczalnej związków Ba opisuje współczynnik podziału 2,64, a znaczenie części nierozpuszczalnej związków Ba większy współczynnik rzędu 4,6.

Tabela I. Zawartość berylownców i Pb w pyłach zawieszonych i migdałkach gardłowych dzieci zamieszkałych w Tychach (średnia geometryczna, $\mu\text{g/g}$)

Table I. Content of given elements and Pb suspended dust and in adenoids of children living in Tychy (geometric mean, $\mu\text{g/g}$)

Metal	Pyły		Migdałki			
	Frakcja rozpuszczalna	Frakcja nierozpuszczalna	Chłopcy n = 39	Dziewczynki n = 47	Narażone na ETS n = 44	Nienarażone na ETS n = 42
Pb	0,22	0,14	0,51	0,54	0,51	0,55
Be	0,001	0,001	0,01	0,02	0,01	0,01
Ca	43,7	19,1	664	817	709	794
Mg	6,59	2,04	1303	1360	1344	1326
Ba	0,25	0,14	1,06	1,01	0,93	1,15
Sr	0,19	0,13	0,49	0,58	0,48	0,62

Istotność różnic (*significance of differences*)

Pyły: Pb – $p \leq 0,01$, Be – ni
Ca – $p \leq 0,008$, Mg – $p \leq 0,02$
Ba – $p \leq 0,05$, Sr – $p \leq 0,005$

Płęć (*gender*)

Pb, Be, Ba, Sr – ni
Ca – $p \leq 0,04$, Mg – $p \leq 0,05$

ETS

Be, Pb – ni
Ca – $p \leq 0,03$, Ba – $p \leq 0,05$
Mg – $p \leq 0,04$, Sr – $p \leq 0,05$

Tabela II. Zawartość berylownców i Pb w pyłach zawieszonych i migdałkach gardłowych dzieci zamieszkałych w Chorzowie (średnia geometryczna, $\mu\text{g/g}$)

Table II. Content of given elements and Pb in suspended dust and in adenoids of children living in Chorzów (geometric mean, $\mu\text{g/g}$)

Metal	Pyły		Migdałki			
	Frakcja rozpuszczalna	Frakcja nierozpuszczalna	Chłopcy n = 40	Dziewczynki n = 36	Narażone na ETS n = 34	Nienarażone na ETS n = 42
Pb	1,03	0,91	0,70	0,73	0,63	0,78
Be	0,002	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01
Ca	0,5	130	593	554	510	628
Mg	383	18,2	724	740	741	724
Ba	2,58	0,48	0,33	0,35	0,36	0,32
Sr	0,004	0,38	0,46	0,42	0,41	0,46

Istotność różnic (*significance of differences*)

Pyły: Pb, Be – ni
Sr, Mg, Ca – $p \leq 0,000$
Ba – $p \leq 0,01$

Płęć (*gender*)

Pb, Be, Ba, Sr, Mg – ni
Ca – $p \leq 0,05$

ETS

Be, Ba, Sr – ni
Ca – $p \leq 0,01$
Mg – $p \leq 0,05$

Tabela III. Równania podziału występowania berylownców i Pb w migdałkach gardłowych dzieci zamieszkujących obszar Tychów, występujących w pyłe zawieszonym

Table III. Equations of distribution of given elements and Pb in suspended dust in adenoids of children living in Tychy

Metal	Równanie podziału [$C_M = k_1 \cdot C_{1 \text{ rozpuszcz}} + k_2 \cdot C_{2 \text{ nierozpuszcz}}$]	
Pb	$C_M = 1,54 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 2,19 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	$K_1:K_2 p \leq 0,02$ Chłopcy
Ca	$C_M = -4,67 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 45 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ba	$C_M = 2,2 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 4,3 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Pb	$C_M = 1,57 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 2,3 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	$K_1:K_2 p \leq 0,04$ Dziewczynki
Ca	$C_M = -5,67 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 60 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ba	$C_M = 2,04 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 3,48 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Pb	$C_M = 0,87 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 1,5 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	$K_1:K_2 p \leq 0,01$ Dzieci narażone na ETS
Ca	$C_M = -6,67 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 55 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ba	$C_M = 2,2 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 3 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Sr	$C_M = -0,48 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 4 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Pb	$C_M = 1 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,1 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	$K_1:K_2 p \leq 0,02$ Dzieci nienarażone na ETS
Ca	$C_M = -5 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 58 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Mg	$C_M = -84 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 1000 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ba	$C_M = 2,64 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 4,6 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Sr	$C_M = -0,67 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 5,5 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	

C_M – stężenie badanego metalu w migdałku gardłowym (*concentration of the tested metal in pharyngeal tonsil*)

$C_{1 \text{ rozpuszcz}}$ – stężenie badanego metalu w części rozpuszczalnej pyłów zawieszonych (*concentration of the tested metal in soluble portion of suspended particles*)

$C_{2 \text{ nierozpuszcz}}$ – stężenie badanego metalu w części nierozpuszczalnej pyłów zawieszonych (*concentration of the tested metal in insoluble portion of suspended particles*)

Rolę Mg we frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej na kumulację w migdałkach dzieci nienarażonych na ETS możliwe było także na podstawie równań podziału. Podobnie jak w przypadku Ca i Sr w pierwszej kolejności ujemna wartość współczynnika podziału k_1 (-84) wskazuje, że proces kontaminacji migdałków następuje dopiero po uzupełnieniu deficytu Mg i ma charakter zmian wprost proporcjonalnych, opisywanych współczynnikiem 10^3 .

Równanie podziału – Chorzów

Permanentna, duża emisja przemysłowa nad terenem Chorzowa sprawia, że wszystkie równania podziału dla migdałków chłopców i dziewczynek mają charakter zmian wprost proporcjonalnych (tab. IV).

Tabela IV. Równania podziału występowania berylownców i Pb w migdałkach gardłowych dzieci zamieszkujących obszar Chorzowa, występujących w pyłe zawieszonym

Table IV. Equations of distribution of given elements and Pb in suspended dust in the adenoids of children living in Chorzów

Metal	Równanie podziału [$C_M = k_1 \cdot C_{1 \text{ rozpuszcz}} + k_2 \cdot C_{2 \text{ nierozpuszcz}}$]	
Pb	$C_M = 0,29 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,4 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	$K_1:K_2 p \leq 0,05$ Chłopcy
Be	$C_M = 6,67 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 4,1 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ca	$C_M = 1080 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,5 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Mg	$C_M = 0,83 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 22,6 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ba	$C_M = 0,05 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,4 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Pb	$C_M = 0,38 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,5 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	$K_1:K_2 p \leq 0,05$ Dziewczynki
Be	$C_M = 8 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 2 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ca	$C_M = 1106 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} - 0,06 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Mg	$C_M = 1,14 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 7 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ba	$C_M = 0,05 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,45 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Pb	$C_M = 0,22 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,5 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	$K_1:K_2 p \leq 0,05$ Dzieci narażone na ETS
Be	$C_M = -0,5 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 5,8 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ca	$C_M = 1019 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} - 0,05 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Mg	$C_M = 1,15 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 4 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ba	$C_M = 0,055 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,48 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Pb	$C_M = 0,31 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,42 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	$K_1:K_2 p \leq 0,05$ Dzieci nienarażone na ETS
Be	$C_M = 2,67 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 5,1 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ca	$C_M = 1000 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 1 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Mg	$C_M = 0,93 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 18 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	
Ba	$C_M = 0,05 \cdot C_{\text{rozpuszcz}} + 0,4 \cdot C_{\text{nierozpuszcz}}$	

C_M – stężenie badanego metalu w migdałku gardłowym (*concentration of the tested metal in pharyngeal tonsil*)

$C_{1 \text{ rozpuszcz}}$ – stężenie badanego metalu w części rozpuszczalnej pyłów zawieszonych (*concentration of the tested metal in soluble portion of suspended particles*)

$C_{2 \text{ nierozpuszcz}}$ – stężenie badanego metalu w części nierozpuszczalnej pyłów zawieszonych (*concentration of the tested metal in insoluble portion of suspended particles*)

Migdałki chłopców, zamieszkujących obszar Chorzowa, są prawie równomiernie intoksykowane rozpuszczalnymi i nierozpuszczalnymi związkami Pb. Stopień kontaminacji migdałków dziewczynek ołowiem jest podobny jak w przypadku chłopców.

Znaczenie frakcji rozpuszczalnej jest zdecydowanie większe w przypadku Be i Ca. Z kolei Ba jest ok 8 razy w mniejszym stopniu sorbowany ze frakcji rozpuszczalnej. Podobnie dla Mg współczynnik k_2 jest ok 27 razy większy od współczynnika k_1 . Zjawisko podobnej roli obu rodzajów związków che-

micznych obserwujemy w kontaminacji migdałków dziewczynek i chłopców jonami wapnia. Znaczenie frakcji rozpuszczalnej Mg i Ba w porównaniu do frakcji nierozpuszczalnej w ich kumulacji jest również podobne.

Porównując odpowiednie współczynniki podziału charakteryzujące intoksykację migdałków ze względu na płeć widać wyraźnie jak duże znaczenie posiada przeciętna zawartość danego pierwiastka w pyłe zawieszonym. W każdym przypadku frakcję rozpuszczalną Ca podkreśla duży współczynnik k_1 równy 10^3 . Z kolei frakcję nierozpuszczalną charakteryzuje dużo mniejszy współczynnik rzędu 10^{-1} .

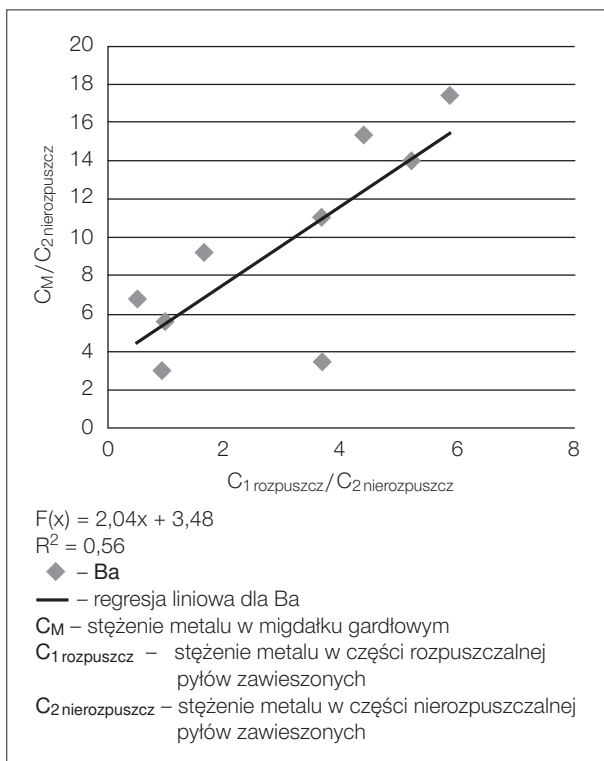
Obecność związków Ba w powietrzu, utrzymującym się na stałym poziomie, podkreśliła w pierwszym rzędzie podobne znaczenie frakcji nierozpuszczalnej w odniesieniu do dzieci narażonych na ETS (0,48) i nienarażonych (0,4). Z kolei znaczenie frakcji rozpuszczalnej związków Ba podkreślił podobny współczynnik podziału (0,05).

W przypadku Be zwracają uwagę prawie podobne wartości współczynników podziału charakteryzujące nierozpuszczalne i rozpuszczalne w wodzie frak-

cje związków Be rzędu 5,1 i 5,8. Frakcja rozpuszczalna związków berylu, obecna w pyłe zawieszonym w powietrzu oddziałuje wprost proporcjonalnie na stopień kumulacji w migdałkach dzieci nienarażonych na ETS, przeciwnie u dzieci narażonych na ETS obserwowany jest pewien deficyt związków berylu, opisany ujemnym współczynnikiem ($-0,5$) spowodowany wybiórczą kumulacją fizjologicznych pierwiastków.

Kontaminacja Mg migdałków dzieci narażonych na ETS w większym stopniu zachodzi kosztem frakcji rozpuszczalnej (1,15) w porównaniu do dzieci nienarażonych na ETS (0,93). Jednakże znaczenie frakcji nierozpuszczalnej związków magnezu dla intoksykacji migdałków dzieci nienarażonych jest silniejsze o ok 4,5 razy w odniesieniu do dzieci narażonych.

Graficzne przedstawienie równania podziału ilustruje przykładowa ryc. 2, przedstawiająca udział frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej Ba w pyłach zawieszonych w intoksykacji migdałków gardłowych dziewczynek mieszkających, w Tychach.



Ryc. 2. Udział frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej Ba obecnego w pyłach zawieszonych w intoksykacji migdałków dziewczynek mieszkających w Tychach

Fig. 2. Contribution of soluble and insoluble form of Ba in suspended dust in the intoxication of the girls' adenoids living in Tychy

WNIOSKI

1. Udział rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych w wodzie form związków chemicznych berylłowców i Pb występujących w pyłe zawieszonym w odniesieniu do ich kumulacji w migdałkach gardłowych pozwala ocenić zastosowane równanie podziału.
2. Wartości współczynników w równaniu podziału potwierdziły zróżnicowane znaczenie płci dziecka w stopniu kumulowania Pb, Be, Ba, Ca, Mg, Sr w migdałkach gardłowych a także uwidoczniły różnice obszarowe (Tychy-Chorzów) ze względu na narażenie dzieci na bierne palenie.

Źródło finansowania: środki własne Śląskiego Uniwersytetu Medycznego

PIŚMIENICTWO

1. 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.
2. Nogaj E., Kwapuliński J., Suflita M. i wsp.: Zawartość wapnia w migdałkach gardłowych dzieci w zależności od płci, miejsca zamieszkania i wpływu biernego palenia tytoniu. *Med Środow* 2011; 14 (1): 65-74.
3. Nogaj E., Kwapuliński J., Bazowska M. i wsp.: Zmiana zawartości Fe i Mn w migdałkach dzieci narażonych na bierne palenie i ich lokalną imisję na przykładzie Chorzowa. *Przegl Lek* 2010; 67: 940-943.

4. Nogaj E., Kwapuliński J. i wsp.: Aluminium as trace element in pharyngeal tonsil. Polish J of Environ Stud 2010;15: 621-626.
5. 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.
6. Nogaj E., Kwapuliński J., Misiótek M. i wsp.: Wpływ biernego palenia na zawartość pierwiastków fizjologicznych w migdałkach gardłowych w nawiązaniu do płci i miejsca zamieszkania. Przegl Lek 2009; 66 (10): 665-668.
7. Nogaj E., Kwapuliński J., Bazowska M. i wsp.: Bioindykacja kadmu u dzieci narażonych na wpływ biernego palenia papierosów, za pomocą migdałków gardłowych, w zależności od wieku, płci i miejsca zamieszkania. J Ecol Health 2011;15 (3): 142-149.
8. Misiótek M., Kwapuliński J., Macioł Z.: Pharyngeal tonsil cadmium contamination in children from regions of Upper Silesia and Małopolska. Bull Environ Contam Toxicol 2007; 78 (6): 436-439.
9. Nogaj E., Kwapuliński J., Cecherz K. i wsp.: Badania nad wyznaczeniem środowiskowych i fizjologicznych zawartości cynku w migdałkach gardłowych. Med. Środ 2010; 13 (1): 65-71.
10. Nogaj E., Kwapuliński J., Misiótek M., et al.: Changes in chromium content in pharyngeal tonsils. Pol J Environ Stud 2006; 15 (5): 90-93.
11. Buszman A., Grossman A., Kwapulińska G., Kwapuliński J.: Problem zanieczyszczenia środowiska berylem przez pyły z elektrowni. GWTS 1975; 7/8: 242-244.
12. Kwapuliński J., Nowak B., Poloczek D., Buszman A.: Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń pyłowych na przykładzie berylu i radu znad obszaru Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP). Acta Geoph Pol 1977; 4: 351-365.
13. Buszman A., Kwapuliński J., Grossman A.: Beryl w opadach atmosferycznych. Acta Geoph Pol 1978; 1: 55-62.
14. Nogaj E., Kwapuliński J., Bebek M. i wsp.: wykorzystanie współczynnika wzbogacenia, współczynnika kumulacji oraz równania podziału do oceny intoksykacji Pb lub Cu migdałka gardłowego. J Ecol Health 2012; 16 (2): 70-76.
15. Głowiak B., Kwapuliński J., Buszman A.: Migracja berylu do wód powierzchniowych. GWTS 1978; 8: 232-234.

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*