

Zawartość wapnia w migdałkach gardłowych dzieci w zależności od płci, miejsca zamieszkania i wpływu biernego palenia tytoniu

The occurrence of calcium in pharyngeal tonsils of children dependent on gender, living place and influence of passive smoking

Ewa Nogaj, Jerzy Kwapuliński, Małgorzata Suflita, Marcin Babula

*Katedra i Zakład Toksykologii, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Kierownik Zakładu Toksykologii: prof. dr hab. n. przyr. J. Kwapuliński*

Streszczenie

Przedmiotem badań były migdałki gardłowe uzyskane na drodze adenotomii od 60 dziewczynek i 90 chłopców, zamieszkujących w 9 rejonach województwa śląskiego pozostających w zasięgu oddziaływania przemysłu. Analizę zawartości wapnia w migdałkach gardłowych rozpatrywano w kontekście narażenia i nienarażenia dzieci na dym tytoniowy, wpływu parametrów środowiskowych oraz współwystępowania wapnia z innymi badanymi metalami: Al, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Mg, Ba. Zauważono występowanie u dziewczynek współzależności jonów Ca z Cd, Al., Zn, Ni, Pb. W przypadku chłopców wspólną zależnością była zależność Ca z Mg, Cd, Zn. Średnia zawartość Ca w migdałkach gardłowych pochodzących od dziewczynek narażonych na dym tytoniowy wynosiła 1345,00 µg/g, w przypadku dziewczynek nienarażonych zawartość wapnia była niższa – 1292,88 µg/g, przy czym różnice te nie były istotne statystycznie. Odwrotnie u chłopców: u narażonych na dym tytoniowy zawartość wapnia w migdałkach gardłowych wynosiła 1832,63 µg/g, a u nienarażonych zawartość badanego pierwiastka wynosiła 565,05 µg/g. Okazało się, iż płeć odgrywa znaczącą rolę w kumulacji wapnia i tu dostrzegalna była większa predyspozycja do kumulowania szkodliwych metali u dziewczynek.

Słowa kluczowe: wapń, dzieci, migdałki gardłowe

Abstract

The characteristic of occurrence calcium content in pharyngeal tonsils from 60 girls and 90 boys living in 9 region of Upper Silesia is presented in this article. Analysis of content of Ca in pharyngeal tonsils was observed in four groups of children: girls and boys exposed to tobacco smoke and unexposed to tobacco smoke, influence parameters environments on contents Ca in tissue tonsil and the cross-correlation analysis between content of ion Ca and other metals Al, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Mg, Ba, showed repeating co-dependences between Ca in girls from Cd, Al., Zn, Ni, Pb. In case of boys collective dependence was been dependence Ca in Mg, Cd, Zn. Arithmetic mean of calcium in pharyngeal tonsils from exposed girls was 1345.00 µg/g, in comparison to unexposed girls 1292.88 µg/g, in exposed to tobacco smoke boys- 1832.63 µg/g and unexposed boys 565.05 µg/g. It turned out that gender perform important part in absorbed calcium and here noticeable was been big ability to concentrate toxic metals in girls.

Key words: calcium, children, pharyngeal tonsils

Nadestano: 19.12.2009

Zatwierdzono do druku: 20.01.2011

Wstęp

Monitoring biologiczny wybranego pierwiastka polega na systematycznym pomiarze jego stężeń w tkankach, wydzielinach, wydalinach. Pozwala on ocenić wielkość narażenia na dany pierwiastek i związane z nim ryzyko zdrowotne. Oznaczanie zawartości ksenobiotyków w biomarkerach ekspozycji, pozwala na ocenę wielkości ekspozycji, także ekspozycji przewlekłej. Biomarkerami ekspozycji najczęściej wykorzystywanymi do oceny narażenia w miejscach pracy, są włosy, krew i mocz [1].

Kumulacja wybranego pierwiastka w danej tkance jest wynikiem nie tylko jego znaczenia biochemicznego lecz również jego potencjalnych interakcji z innymi pierwiastkami, które mogą posiadać właściwości antagonistyczne [2,3]. Właściwości chemiczne jonów wapnia pozwalają przeciwdziałać przenikaniu i odkładaniu się w organizmie toksycznych metali ciężkich jak, ołów, kadm, rtęć, beryl lub arsen. Nadmiar jonów wapnia lub ich niedobór w organizmie może powodować odkładanie się jonów innych metali w naczyniach krwionośnych, nerkach i innych narządach jako rezultat synergizmu lub antagonizmu. Sam nadmiar wapnia nie powoduje takich zmian bez udziału dodatkowych czynników jak: stany zapalne, uszkodzenia tkanek przez wolne rodniki, zbyt tłusta dieta czy niski poziom zawartości magnezu w pożywieniu [3, 4].

Duża podaż wapnia w pokarmach tylko nieznacznie zwiększa jego przyswajanie. Powodem tego jest istnienie bariery jelitowej regulującej ilość przyswajanego pierwiastka. Wchłanianie jonów wapnia w przewodzie pokarmowym wspomagają: witamina D oraz aniony mleczanów i cytrynianów. Natomiast wchłanianie związków glinu, nadmiar jonów magnezu, potasu, strontu oraz fosforanów, które dodawane są do wielu produktów i napojów gazowanych, może nasilać wydalanie jonów wapnia z moczem. Bilans wapnia stymulowany jest niekorzystnie tłuszczami, kwasem szczawiowym obecnym np. w czekoladzie oraz kwasem fitynowym zawartym w produktach zbożowych, a także dietą wysoko białkową z wysoką zawartością fosforu (spożywanie nadmiernych ilości produktów zwierzęcych, wysoko przetworzonych, napojów gazowanych) [5, 6].

Ostateczna kumulacja wybranych pierwiastków w tkance, zależy nie tylko od ich bezpośrednich interakcji między nimi oraz ich znaczenia fizjologicznego, lecz także od funkcji fizjologicznych danej tkanki i jej położenia w organizmie, a także od sposobu wchłaniania poszczególnych pierwiastków. Szczególną pozycję anatomiczną i fizjologiczną, na etapie wchłaniania jako rezultat także tzw. biodostępności toksykologicznej poszczególnych pierwiastków, posiada w układzie oddechowym migda-

łek gardłowy. Migdałek gardłowy jest tkanką adenoidalną, położoną w głównym strumieniu wdychanego powietrza wraz z pyłami zawieszonymi, które zawierają zróżnicowane ilości związków wybranych pierwiastków, w tym Ca. Dotąd nierozpoznana jest rola wapnia w budowie strukturalnej tkanek miękkich, dlatego migdałek gardłowy posiadając potencjalnie selektywne właściwości kumulowania Ca, pozwoli bliżej rozpoznać jego rolę fizjologiczną. Uważa się, że pomimo mniejszej roli fizjologicznej Ca w odniesieniu do tkanek miękkich zasadne będzie rozpoznanie udziału tego pierwiastka w strukturze mineralnej migdałka gardłowego jako potencjalnego antagonisty. Ważnymi tu będą potencjalne interakcje z Ca na poziomie wchłaniania i kumulacji z innymi dwuwartościowymi pierwiastkami np. Cu, Al, Mg, Fe, Cd, Zn [7, 8, 9, 10].

Znana rola fizjologiczna Ca w organizmie ludzkim nie była dotychczas dokładnie rozpoznana w migdałku gardłowym, który w sposób wybiórczy kontaktuje się wyłącznie ze związkami metali zawartymi w pyłe zawieszonym w powietrzu. Ten fakt oraz konieczność poszukiwania reprezentatywnych dla danego zanieczyszczenia wiarygodnych biomarkerów ekspozycji, uzasadnił zainteresowanie się migdałkiem gardłowym. W szczególności zasadne było przebadanie zmian zawartości Ca w nawiązaniu do narażenia dzieci na bierne palenie tytoniu w ich najbliższym otoczeniu, ich płci, wieku, a także miejsca zamieszkania w znaczeniu lokalnego występowania badanych pierwiastków we wdychanym pyłe zawieszonym.

Materiały i metody

Materiałem do badań zawartości Ca były migdałki gardłowe dzieci (n=150), w tym 60 pochodzących od dziewczynek i 90 od chłopców. Wszyscy pacjenci, od których pozyskano próbki, zostali zakwalifikowani z powodów zdrowotnych do usunięcia migdałka gardłowego poprzez wykonanie zabiegu adenotomii. Dla poszczególnych przypadków posiadano także informacje dotyczące pacjentów: ich wieku, płci, miejsca zamieszkania oraz narażenia na bierne palenie w najbliższym ich otoczeniu. Informacje o wpływie biernego palenia uzyskano od 121 dzieci. Narażoną na ETS (*Environmental Tobacco Smoke* – środowiskowy dym tytoniowy) populację stanowiło 44 dzieci w tym 15 dziewczynek i 29 chłopców, natomiast grupa dzieci nienarażonych stanowiła 77 dzieci, w tym 37 dziewczynek i 45 chłopców. Grupa badanych pochodziła z województwa śląskiego z 9 rejonów pozostających w zasięgu oddziaływania przemysłu. Informacje na ten temat zawiera tabela I. Obszar odniesienia stanowiły miejscowości – Żabno i Bielsko-Biała, które należą do terenów rekreacyjnych.

Tabela I. Podział na obszary ze względu na miejsce zamieszkania.**Table I.** Division on areas for the sake place of residence.

Obszar (rejon)	Miejscowość
R = 1	Zabrze
R = 2	Gliwice, Ornontowice, Paniówki
R = 3	Katowice, Chorzów
R = 4	Bytom, Piekary Śląskie, Tarnowskie Góry, Radzionków, Świętochłowice, Hanusek
R = 5	Tychy, Mikołów, Żory
R = 6	Rybnik, Czerwionka-Leszczyny, Knurów, Jastrzębie, Orzesze, Jejkowice
R = 7	Dąbrowa Górnicza, Jaworzno Szczakowa, Sosnowiec
R = 8 (tereny rekreacyjne)	Żabno, Bielsko-Biała
R = 9	Częstochowa, Lubliniec, Kleszczów, Kamińskie Młyny

Dane dotyczące zawartości Ca w glebie i w powietrzu uzyskano z Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Katowicach [11] oraz z „Atlasu Geochemicznego Górnego Śląska ” [12].

Na przeprowadzenie badań mających na celu oznaczenie Ca w migdałku gardłowym, uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach.

Oznaczanie metali w uprzednio przygotowanych próbkach przeprowadzono metodą ICP-AES w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach, za pomocą aparatu SOLAR 2000. Ca został wykryty z dokładnością 0,1 µg/g. Zastosowana metoda była walidowana w oparciu o wzorce Ca firmy

Wzormat we współpracy Instytutu Chemii Nieorganicznej Politechniki Śląskiej. Odzysk Ca mieścił się w granicach 97%–102%. Wyniki analiz walidacyjnych różniły się od ilości testowanych od 2,0–4,0%. Walidacja obejmowała obserwowany zakres stężeń oznaczanych pierwiastków.

Wyniki i ich omówienie

Charakterystykę statystyczną występowania Ca w migdałkach gardłowych dziewczynek i chłopców w nawiązaniu także do wpływu ETS zawierają tabele II i III.

Tabela II. Charakterystyka statystyczna występowania wapnia w migdałkach gardłowych dzieci w zależności od płci [µg/g].**Table II.** Statistical characteristics of occurrence of calcium in pharyngeal tonsils in children depending on gender [µg/g].

Me- tale	Średnia arytmetyczna ± odchylenia standardowe	Zakres zmian najbardziej prawdopodobny statystycznie	Średnia geometryczna	Zaobserwowany zakres zmian	Zawartości odpowiadające percentylom			Współczynniki rozkładu		Współczynnik zmienności [%]
					10	50	95	sko- śność	kur- toza	
Cała badana populacja (n = 150)										
Ca	1190,61 ± 2871,28	575,00–1806,21	498,66	104,46–24604,15	149,05	343,55	4350,11	6,73	53,11	241
Dziewczynki (n = 60)										
Ca	1311,83 ± 1810,91	669,71–1953,95	617,76	106,83–7243,00	149,00	582,20	5856,50	2,00	3,38	138
Chłopcy (n = 90)										
Ca	1115,13 ± 3382,74	182,73–2047,53	436,40	104,46–24604,15	160,96	322,97	2917,86	6,69	47,01	303

Tabela III. Charakterystyka statystyczna występowania wapnia w migdałkach gardłowych u dziewczynek i chłopców narażonych i nienarażonych na dym tytoniowy [$\mu\text{g/g}$].

Table III. Statistical characteristics of occurrence of calcium in pharyngeal tonsils girls and boys exposure and unexposure passive smoking [$\mu\text{g/g}$].

Me- tale	Średnia arytmetyczna \pm odchylenia standardowe	Zakres zmian najbardziej prawdopodobny statystycznie	Średnia geometryczna	Zaobserwowany zakres zmian	Zawartości odpowiadające percentylom			Współczynniki rozkładu		Współczynnik zmienności [%]
					10	50	95	skośność	kurtoza	
Dziewczynki narażone na dym tytoniowy (n = 15)										
Ca	1345,00 \pm 1857,78	164,62–2525,38	655,12	117,69–5856,50	168,91	501,25	5856,50	1,95	2,83	138
Dziewczynki nienarażone na dym tytoniowy (n = 32)										
Ca	1292,88 \pm 1829,69	460,01–2125,74	597,38	106,83–7243,00	149,05	582,20	4350,11	2,19	4,88	142
Chłopcy narażeni na dym tytoniowy (n = 29)										
Ca	1832,63 \pm 5047,77	350,19–4015,45	563,81	131,78–24604,15	191,80	329,85	2917,86	4,55	21,29	275
Chłopcy nienarażeni na dym tytoniowy (n = 45)										
Ca	565,05 \pm 683,65	309,76–820,33	358,58	104,46–3200,54	135,17	293,37	1957,79	2,55	7,17	121

Najbardziej prawdopodobny statystycznie zakres zmian zawartości jonów Ca wynosi odpowiednio u dziewczynek i chłopców 670–1954 $\mu\text{g/g}$ i 183–2048 $\mu\text{g/g}$ (tabela II). Występowanie jonów Ca w migdałku gardłowym w zależności od płci opisuje współczynnik zmienności, który dla Ca w migdałkach gardłowych dziewczynek wynosi 138%, a chłopców 303%. Oznacza to, że udział Ca wyraźnie nawiązuje do stopnia zapylenia powietrza w miejscach zamieszkania, bowiem udział tego pierwiastka wg WSSE w Katowicach jest bardzo zróżnicowany [11]. Dodać należy, że ze względu na płęć zmienność występowania Ca w migdałkach gardłowych jest dużo większa w przypadku chłopców, którzy dodatkowo w wyniku dużej ruchliwości narażeni są poprzez większą wentylację płuc np. podczas zabaw ruchowych, przez drogi oddechowe (współczynnik zmienności 303%). Przeciętna zawartość Ca odpowiadająca średniej geometrycznej różni się istotnie ($p \leq 0,01$): dziewczynki 617 $\mu\text{g/g}$, chłopcy 436 $\mu\text{g/g}$. O dużych możliwościach kumulowania Ca świadczą również zawartości odpowiadające 95 percentylowi (tabela II). Zawartości te dla dziewczynek wynoszą 5856 $\mu\text{g/g}$, dla chłopców 2917 $\mu\text{g/g}$. Wartości te różnią się istotnie na poziomie $p \leq 0,01$. Charakter rozkładu częstości występowania Ca, opisany współczynnikami rozkładu wskazuje, że zawartości Ca odpowiadające 50 percentylowi w porównaniu do średniej geometrycznej są istotnie mniejsze u dziewczynek o 25 $\mu\text{g/g}$ ($p \leq 0,05$), a u chłopców o 114 $\mu\text{g/g}$ ($p \leq 0,05$). Wyznaczone zawartości odpo-

wiadające 10 percentylowi można interpretować jako stężenie fizjologiczne właściwe danej płci: u chłopców 161 $\mu\text{g/g}$, dziewczynek 149 $\mu\text{g/g}$. Uwzględniając informacje o zmienności występowania jonów Ca w migdałkach gardłowych (współczynnik zmienności, skośności, kurtozy) wskazują, że wartości te można uznać jako zawartości odpowiadające przeciętnemu narażeniu środowiskowemu.

Kolejnym źródłem obecności jonów Ca w tkance migdałka gardłowego dzieci jest narażenie na działanie środowiskowego dymu tytoniowego – ETS (tabela III). Porównanie przeciętnych zawartości odpowiadających średniej geometrycznej Ca, wyraźnie wskazuje na wzrost zawartości Ca w migdałkach gardłowych u chłopców narażonych, o 205 $\mu\text{g/g}$, a u dziewczynek o 58 $\mu\text{g/g}$ ($p \leq 0,05$).

Kolejną przesłanką wskazującą na rolę zjawiska biernego palenia jest różnica między zawartościami odpowiadającymi 10 percentylowi, które są większe w migdałkach gardłowych dziewczynek narażonych na ETS o około 20 $\mu\text{g/g}$ ($p \leq 0,05$) w porównaniu do dziewczynek nienarażonych na ETS. W przypadku chłopców sytuacja wygląda podobnie z tym, że różnica ta wynosiła ok. 60 $\mu\text{g/g}$. Również zawartości odpowiadające 95 percentylowi, które są odpowiednio większe w migdałkach pochodzących od dziewczynek i chłopców narażonych na ETS (5856,5 $\mu\text{g/g}$ i 2917,9 $\mu\text{g/g}$, wskazuje, że dym tytoniowy może być dodatkowym źródłem obecności Ca w tkance migdałka gardłowego (tabela III).

Rolę lokalnej emisji środowiskowej ilustrują dane zawarte w tabeli IV, dotyczące gleby jako źródła potencjalnej wtórnej emisji, w wyniku obecności ruchu samochodowego i wiatru o określonej prędkości, co wywołuje dodatkową emisję metali. Region drugi, który pozostaje pod dużym wpływem emisji elektrownianej m. in. wapnia, sprawia, że w migdałkach gardłowych dzieci zamieszkałych na terenie i w okolicach Gliwic zawartość Ca 1017

µg/g jest największa. Również w Zabrze migdałki gardłowe dzieci zawierały przeciętnie wapń w ilości 834 µg/g. Najmniejsze ilości wapnia obserwowano u dzieci z terenu Sosnowca, Jaworzna Szczakowej, Dąbrowy Górniczej i w innych miastach Zagłębia, które ze względu na przeciętną „różę wiatrów”, pozostają pod mniejszym, zróżnicowanym, bezpośrednim wpływem emisji pyłów elektrownianych [11].

Tabela IV. Współczynniki wzbogacenia i kumulacji wapnia w glebie w odniesieniu do poszczególnych rejonów.
Table IV. Enriche and cumulation calcium in soil in connection to particular region.

	R = 1	R = 2	R = 3	R = 4	R = 5	R = 6	R = 7	R = 8	R = 9
C _{Ca} w migdałku [µg/g]	834,32	1017,59	258,16	637,02	755,28	743,66	221,48	276,20	725,93
C _{Mn} w migdałku [µg/g]	1,56	2,39	1,66	2,34	1,89	1,85	0,68	0,74	1,51
C _{Ca} w glebie [µg/g]	0,50	0,50	1,75	3	1,5	0,50	3,5	0,50	0,50
C _{Mn} w glebie [µg/g]	250	500	375	750	125	125	125	100	100
Współczynnik wzbogacenia – gleba	267,41	425 769,87	33 325,30	68 057,70	33 301,59	100 494,60	11 632,35	74 648,65	96 149,67
Współczynnik kumulacji – gleba	1668,64	2035,18	147,52	212,34	503,52	1487,32	442,96	552,4	1451,86

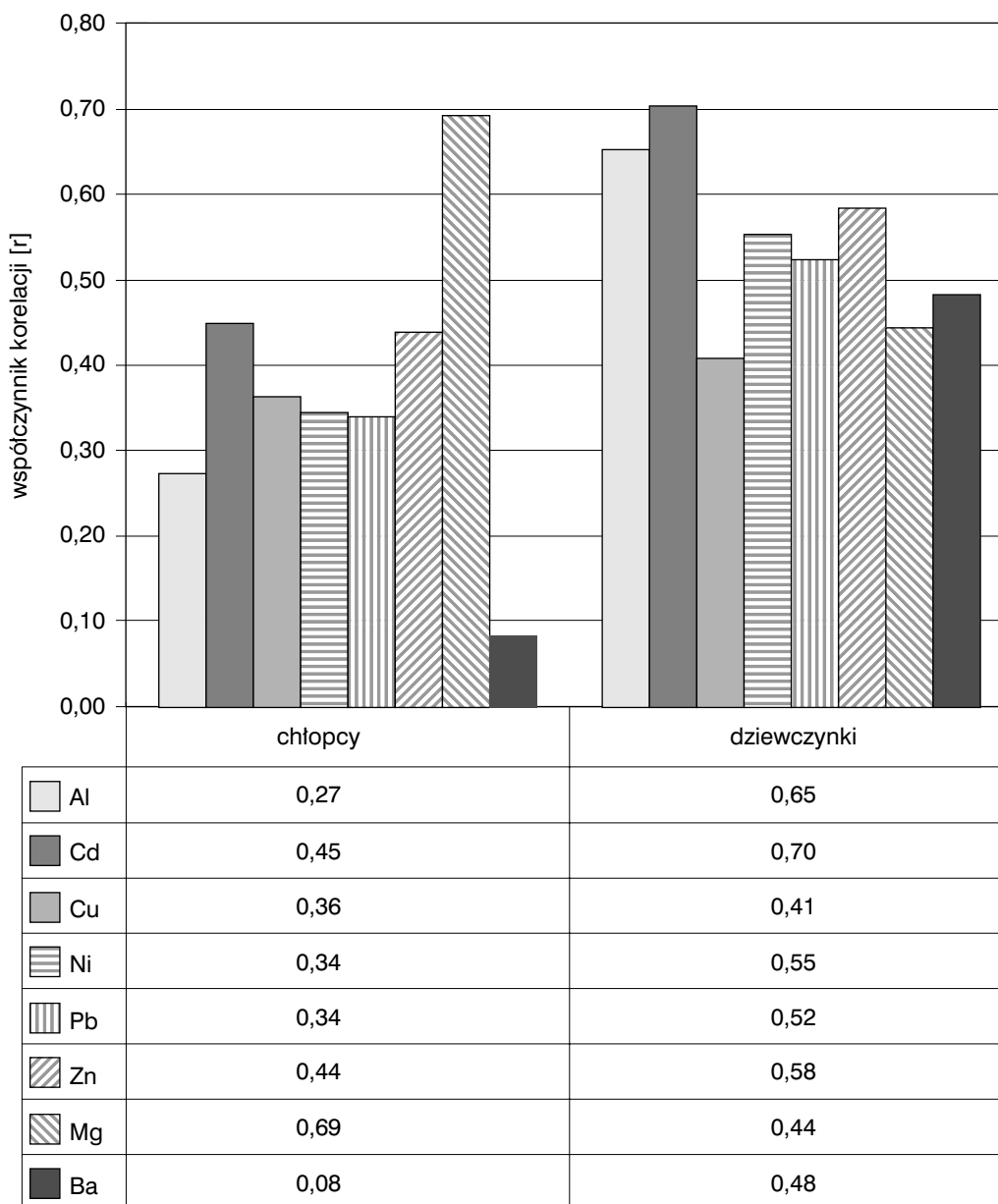
Kolejnym zagadnieniem potencjalnie determinującym występowanie jonów Ca w nawiązaniu do zmian zawartości innych wybranych jonów metali opisuje współczynnik korelacji (rycina 1). Porównanie współczynników, opisujących współwystępowanie Ca z: Al, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Mg, Ba wskazuje na obecność silniejszych ich relacji w migdałkach gardłowych dziewczynek, w szczególności dotyczy to Al, Cd, Zn, Pb, Ni i Ba. Współzależność charakteryzowana podobnymi współczynnikami korelacji dotycząca migdałków chłopców i dziewczynek miała miejsce w przypadku jonów Cu. Jakkolwiek zmiany zawartości jonów Ca w migdałkach chłopców jak i dziewczynek miały charakter zmian wprost proporcjonalnych, to jednak charakterystyczne były mniejsze współczynniki korelacji. Obserwowany sposób zmian zawartości Ca, w funkcji zmian zawartości pozostałych pierwiastków wyraźnie wskazuje, że migdałek gardłowy poddany jest ekspozycji homogenicznego strumienia pyłów zawieszonych w powietrzu, a dla ogólnej populacji obserwuje się zróżnicowaną kumulację ze względu na różne zapylenie powietrza w miejscu zamieszkania dzieci.

Dyskusja

Wpływ zanieczyszczenia środowiska na zdrowie człowieka stanowi powszechnie podejmowany problem. Emisja wielu toksycznych substancji do środowiska przyrodniczego tj. powietrza, gleby czy wód, przyczynia się do powstawania licznych schorzeń, w wyniku zdolności niektórych tkanek do kumulowania szkodliwych substancji [13].

Obszar województwa śląskiego należy do najbardziej zanieczyszczonego w kraju drobnodispersyjnymi pyłami. Jest to wynik dużej lokalnej emisji pyłów przemysłowych, obecności zjawiska wtórnego pylenia, pyłów powstających w wyniku ruchu komunikacyjnego, które powodują nie tylko ich homogenizację lecz także wzrost ich zawartości we wdychanym powietrzu [14].

Badanie wpływu zanieczyszczenia na zdrowie człowieka polega na określeniu skutków kontaktu organizmu z toksycznymi substancjami egzogennymi. W celu umożliwienia analizy skutków działania ksenobiotyku stosowane są biomarkery, które stanowią odpowiedź biologiczną, oraz mierzalne zmia-



Rycina 1. Współwystępowanie wapnia z pozostałymi badanymi pierwiastkami w migdałkach gardłowych chłopców i dziewczynek ($p \leq 0,05$) ($r \geq 0,35$).

Figure 1. Co-occurrence of Ca in other identified elements in pharyngeal tonsils in boys and girls ($p \leq 0.05$) ($r \geq 0.35$).

ny w tkankach organizmu i zachodzących w nich biochemicznych procesach wymiany i kumulacji wchłoniętych związków wybranych pierwiastków. Stosowanie biomarkerów umożliwia szacowanie ryzyka zdrowotnego. Biomarkery mają na celu zapobieganie rozwojowi zaburzeń, używa się ich także w monitorowaniu narażenia i ocenie skuteczności leczenia [15].

Jako biomarkery ekspozycji wykorzystywane są różne tkanki, które kumulują dostające się wraz z krwią substancje egzogenne i które odzwierciedlają właściwe narażenie i stanowią o szeroko rozpo-

wszechnionej biokumulacji [16].

W dostępnym piśmiennictwie brak jest danych dotyczących bezpośredniej kumulacji w tkankach związków Ca. Tkanki, w których możliwe jest przeprowadzenie analizy ksenobiotyków są trudno dostępne [17, 18]. Migdałek gardłowy stanowi wyjątek, ze względu na swoje położenie anatomiczne, bowiem jest jedną z pierwszych tkanek organizmu, które wchodzi w bezpośredni kontakt z wdychanym powietrzem. Stanowi on łatwo dostępny materiał do badań, ze względu na powszechnie wykonywany zabieg usunięcia migdałka tzw. adenotomia.

Tak więc migdałek gardłowy posiada cechy, które umożliwiają wykorzystanie go jako biomarkera ekspozycji na metale ciężkie, w tym Ca.

Wapń jako pierwiastek fizjologiczny w 99% znajduje się w szkielecie kostnym, pozostały 1% występuje w osoczu krwi [19]. W dostępnej literaturze dane wskazujące na właściwości kumulowania przez migdałki gardłowe metali ciężkich oraz innych substancji są fragmentarycznie. Przedstawione informacje o występowaniu Ca w migdałkach gardłowych, pozwalają sądzić, iż migdałek gardłowy może być przydatny jako niespecyficzny biomarker dla różnych związków chemicznych zawartych w powietrzu m. in. metali ciężkich [7–10].

Uzyskane wyniki dotyczą zróżnicowanej, ze względu na obecność Ca w pyłe zawieszonym w powietrzu, populacji migdałków gardłowych, a jego obecność opisuje odrębna zmienność statystyczna zawartości pierwiastków u chłopców i dziewczynek (tabela II).

Stężenia wapnia w badanych migdałkach gardłowych u całej populacji (tabela II) mieściły się w szerokim zakresie 104,46–24604,15 $\mu\text{gCa/g}$, przy czym średnia geometryczna wszystkich badanych prób wynosiła 498,66 $\mu\text{gCa/g}$. Wartość wapnia dla 50 percentyla wynosiła 343,55 $\mu\text{gCa/g}$ i była ponad dwunastokrotnie mniejsza od wartości odpowiadającej 95 percentylowi 4350,11 $\mu\text{gCa/g}$. Powyższe wyniki wskazują na powszechność występowania, wysokich przeciętnych stężeń wapnia w tkance migdałka, co odpowiada ich wysokim stężeniom w powietrzu i glebie [12].

Porównując wyniki stężenia wapnia w migdałkach gardłowych obu płci można zauważyć, że średnia geometryczna zawartość wapnia w migdałkach gardłowych dziewczynek okazała się istotnie wyższa (617,76 $\mu\text{gCa/g}$), w stosunku do zawartości wapnia u chłopców (436,40 $\mu\text{gCa/g}$) ($p \leq 0,05$). Jest to jeden z przykładów, wskazujących na rolę płci w kumulacji wapnia. Tłumaczy się to dysproporcją w tempie dojrzewania psychicznego i fizycznego chłopców i dziewczynek, oraz różnicami w szybkości metabolizmu i poziomie hormonów [20].

W dostępnym piśmiennictwie istnieją liczne publikacje, w których wskazano na ważną rolę nałogu palenia w występowaniu wielu pierwiastków w wybranych tkankach [21, 22, 23, 24]. Badania dotyczyły biernego narażenia dzieci na dym tytoniowy, na co miał wpływ udział palących rodziców. O roli biernego palenia świadczy większa zawartość wapnia w migdałkach gardłowych dzieci narażonych na bierne palenie tytoniu (tabela III). Porównując średnią geometryczną zawartość Ca u chłopców i dziewczynek narażonych i nienarażonych, zauważalna jest znaczna różnica w zawartości wapnia u dziewczynek i chłopców narażonych na bierne

palenie. Zawartości poszczególnych metali są znacznie większe u dzieci narażonych w stosunku do nienarażonych. Zawartość wapnia w migdałkach gardłowych dziewczynek narażonych na bierne palenie tytoniu wynosi 655,12 $\mu\text{gCa/g}$, w porównaniu do nienarażonych dziewczynek 597,38 $\mu\text{gCa/g}$. Z kolei zawartości wapnia u chłopców nienarażonych na ETS są rzędu 358,58 $\mu\text{gCa/g}$, natomiast w przypadku chłopców narażonych zawartość wapnia wynosi 563,81 $\mu\text{gCa/g}$. Porównując wyniki zestawione w tabeli III, można dostrzec wiele przykładów wpływających na metabolizm pierwiastków przy okazji biernego palenia. Uzyskane wyniki są zgodne z innymi wynikami, przykładowo dotyczącymi występowania ołowiu i kadmu w stawie biodrowym w aspekcie nałogu palenia [21], udziału ołowiu na stężenie we krwi tego pierwiastka, u dzieci narażonych na bierne palenie tytoniu [22], kumulacji miedzi w migdałkach gardłowych dzieci narażonych i nienarażonych na działanie dymu tytoniowego [23], wpływu ołowiu na stężenie osoczonego białka ciążowego A (PAPP-A) u kobiet palących tytoń [24], zawartości ołowiu we włosach dzieci w zależności od pochodzenia z rodziny palącej bądź niepalącej [25].

Współwystępowanie Ca z innymi metalami u dzieci w zależności od płci ilustrują dane przedstawione na rycinie 1. Współczynnik korelacji jonów Ca z Ba osiąga największe wartości u dziewczynek (0,48), natomiast u chłopców jest bardzo niski $r = 0,08$. Porównując współwystępowanie Ca z badanymi pierwiastkami u dziewczynek i chłopców, zauważalne są większe wartości współczynników korelacji Ca z pozostałymi metalami (Al, Cd, Ni, Zn, Mg, Ba) u dziewczynek, z kolei u chłopców współwystępowanie Pb, Cu i Ca z pozostałymi pierwiastkami było mniej zależne.

Charakterystyka ekotoksykologiczna opisująca właściwości kumulacyjne migdałka gardłowego obejmuje wyznaczenie współczynnika wzbogacenia i współczynnika kumulacji. Wyniki obliczeń współczynnika wzbogacenia odniesiono do zawartości Ca w glebie i w powietrzu (tabela IV). Współczynniki wzbogacenia i kumulacji migdałka gardłowego Ca są rzędu od 102 do 104. Ten fakt potwierdza, iż Ca jest bardzo ważnym fizjologicznym pierwiastkiem w strukturze mineralnej migdałka gardłowego. Największą kumulację Ca stwierdzono u dzieci zamieszkałych we wszystkich analizowanych rejonach, z wyjątkiem regionu pierwszego (Zabrza).

W podsumowaniu niniejszej dyskusji, biorąc pod uwagę powyższe spostrzeżenia, można uznać, że migdałek gardłowy może być dobrym biomarkerem ekspozycji w badaniach zmian zawartości Ca i innych metali ciężkich występujących zarówno w glebie jak i powietrzu.

Wnioski

1) Zawartość Ca w migdałku gardłowym determinowana jest zróżnicowaną zawartością Ca w pyłe zawieszonym (WSSE) oraz dodatkowo jest zależna od płci i miejsca zamieszkania (10 percentyl, średnia geometryczna).

3) Dodatkowym źródłem obecności jonów Ca w tkance migdałka gardłowego jest bierne palenie.

4) Fakt występowania proporcjonalnych zmian zawartości Ca z Al, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Mg, Ba, potwierdza przydatność tej tkanki nie tylko jako biomarkera ekspozycji na badane pierwiastki, lecz także podkreśla rolę interakcji między nimi na etapie wchłaniania.

Bibliografia

- Jakubowski M., Trzcinka-Ochocka M.: Biological Monitoring of Exposure: Trends and Key Developments. *J Occup Health* 2005; 47: 22-48.
- Seńczuk W.: Toksykologia. Podręcznik dla studentów, lekarzy i farmaceutów. PZWL, Warszawa 2002.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa, 1999.
- Koźłataj W., Szewczyk L.: Gospodarka wapniowa - rola wapnia w organizmie ludzkim. *Endokrynol. Pediatr.* 2006; 5 (1): 57-61.
- Tomaszewski J.: Diagnostyka Laboratoryjna. Podręcznik dla studentów medycyny. PZWL. Warszawa 2001.
- Kokot F.: Gospodarka wodno-elektrolitowa i kwasowo-zasadowa stanach fizjologii i patologii. PZWL, Warszawa 2005; 129-156.
- Nogaj E., Kwapuliński J., Cecherz K., Misiótek M. Badania nad wyznaczeniem środowiskowych i fizjologicznych zawartości cynku w migdałkach gardłowych. *Med. Środ.* 2010. 13, 1, 65-71.
- Nogaj E., Kwapuliński J., Misiótek M. i wsp. Aluminium as Trace Element in Pharyngeal Tonsils. *Polish J. of Environ. Stud.* 2010, 19, 3, 621-626.
- 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.
- Misiótek M., Kwapuliński J., Macioł Z. i wsp.: Pharyngeal tonsil cadmium contamination in children from regions of upper Silesia and Malopolska. *Bull Environ Contam Toxicol* 2007, 78(6):436-9.
- Sosnowska M., Tyczyński A. (red) Zanieczyszczenie atmosfery w województwie śląskim w roku 2007. Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Katowicach, Katowice 2007.
- Lis J., Pasieczna A. Atlas Geochemiczny Górnego Śląska. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1995.
- Olendrzyński K., Dębski B., Skośkiewicz J. i wsp.: Inwentaryzacja emisji do powietrza za rok 2003. Instytut. Ochr. Zdrow. Warszawa, 2003.
- Kwapuliński J., Mirosławski J. Charakterystyka fizyczno-chemiczna zjawiska wtórnego pylenia w otoczeniu ulicy. *Ochrona Powietrza* 1990, 5, 97101.
- Indulski J. A.: Kryteria zdrowotne środowiska. Biomarkery i ocena ryzyka. Pojęcia i zasady. Tom 155, Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1995.
- Albertini R., Bird M., Doerr N. et al.: The Use of Biomonitoring Data in Exposure and Human Health in Risk Assessments. *Environ. Health Perspective* 2006; 114(11)
- Delfino R., Sioutas C., Malik S.: Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environ Health Perspect* 2005; 113(8): 934-946
- Leeder J., Kearns G.: Pharmacogenetics in pediatrics. Implications for practice. *Pediatr Clin North Am* 1997, 44(1): 55-77.
- Angielski S., Jakubowski Z., Dominiczak M.: Biochemia kliniczna. PZWL, Gdańsk 1996.
- Szymanowski K., Chmaj-Wierchowska K., Florek E., Opała T.: Złogi wapnia w łożysku- czy świadczą wyłącznie o paleniu papierosów. *Przegląd Lekarski* 2007, (64) 10.
- Bogunia M., Brodziak-Dopierała B., Kwapuliński J i wsp.: Występowanie ołowiu, kadmu w stawie biodrowym w aspekcie narażenia na dym tytoniowy. *Przegląd Lekarski* 2008, (65), 10.
- Bogunia M., Kwapuliński J., Bogunia E., i wsp.: Występowanie ołowiu w krwi dzieci zamieszkałych w zasięgu oddziaływania Huty Cynku „Miasteczko Śląskie” narażonych na bierne palenie tytoniu. *Przegl. Lek.* 2007, 64, 10, 723-728.
- Kwapuliński J., Nogaj E., Misiótek M., i wsp.: Kumulacja Cu w migdałkach gardłowych dzieci narażonych i nienarażonych na działanie dymu tytoniowego. *Przegl. Lek.* 2008/65/10.
- Gomółka E., Piekoszewski W., Florek E. i wsp.: Wpływ ołowiu na stężenie osoczowego białka ciążowego A (PAPP-A) u kobiet ciężarnych palących tytoń. *Przegl. Lek.* 2006, (63), 10.
- Seńczuk M., Florek E., Piekoszewski W. i wsp.: Nikotyna we włosach noworodków jako wskaźnik palenia tytoniu przez kobiety w czasie ciąży- badania wstępne. *Przegl. Lek.* 2007, (64), 10.

Adres do korespondencji:
Dr n. med. Ewa Nogaj
Katedra i Zakład Toksykologii
Śląski Uniwersytet Medyczny
ul. Jagiellońska 4, 41-200 Sosnowiec
enogaj@sum.edu.pl