

Czy zęby mleczne mogą być wskaźnikiem środowiskowego narażenia dzieci na metale ciężkie?

Can primary teeth be an indicator of the environmental exposure of children to heavy metals?

Agata Piekut^{2 (a, b, c)}, Olena Moskalenko^{1 (d)}, Klaudia Gut^{2 (b, c)}

¹ Doktorantka w Katedrze Zdrowia Środowiskowego, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

² Katedra Zdrowia Środowiskowego, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, Kierownik: dr n. przyr. Ewa Marchwińska-Wyrwał

^(a) nadzór merytoryczny

^(b) opracowanie tekstu

^(c) przegląd piśmiennictwa

^(d) pobór i analiza próbek zębów

STRESZCZENIE

Wstęp. Zęby uważane są za jeden z lepszych bio-wskaźników środowiskowego narażenia na metale ciężkie, szczególnie w przypadku narażenia rozpoczynającego się od wczesnego dzieciństwa. Celem pracy jest ocena przydatności zębów mlecznych jako wskaźnika środowiskowego narażenia na Cd, Pb i Zn dzieci zamieszkających w Bytomiu.

Materiał i metody. Analizie poddano 45 zębów mlecznych, pochodzących od dzieci w wieku 2–14 lat, zamieszkających w Bytomiu. Zęby mleczne poddano procesowi mineralizacji w mineralizatorach mikrofalowych (Magnum II, firmy Ertec). W próbkach oznaczono zawartość metali ciężkich – kadmu (Cd), ołowiu (Pb) oraz cynku (Zn) metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) Savanta Sigma.

Wyniki. Analiza chemiczna pobranych prób wykazała różnicowanie stężeń metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w badanych próbkach zębów mlecznych. Oznaczone stężenia wybranych metali ciężkich w próbkach zębów w grupie dzieci od 2 do 14 lat odnotowano w zakresach: 0,002–1,352 µg/g dla Cd, <LOQ – 6,338 µg/g dla Pb oraz 0,033–24,335 mg/g dla Zn. Zawartość kadmu i ołowiu, metali zbędnych dla organizmu, jest wyższa w grupie dzieci młodszych niż starszych, co może wskazywać na prenatalne narażenie na te metale. Zawartość metali ciężkich w zębach mlecznych dzieci różni się w zależności od płci. Badania wykazały wyższe stężenia ołowiu i cynku w zębach chłopców, o odpowiednio 10% i 25%, w porównaniu do zawartości tych pierwiastków w zębach dziewczynek. Średnie stężenie kadmu natomiast było wyższe

o 10% w zębach dziewczynek.

Wnioski. Wyniki analizy chemicznej zebranych zębów mlecznych dzieci zamieszkających w Bytomiu wskazują na ograniczoną możliwość wykorzystania ich jako wskaźnika środowiskowego narażenia dzieci na kadm, ołów i cynk. Wydaje się, że narażenie prenatalne może być w przypadku dzieci czynnikiem zakłócającym.

Słowa kluczowe: zęby mleczne, metale ciężkie, narażenie środowiskowe, bio-wskaźnik

SUMMARY

Introduction. Teeth are considered one of the better indicators of environmental exposure to heavy metals, especially in exposure from early childhood. The aim of the study is to assess the suitability of primary teeth as an environmental indicator of exposure on Cd, Pb and Zn of children living in Bytom.

Material and methods. The analysis included 45 primary teeth of children aged 2–14, living in Bytom. Primary teeth were subjected to the mineralization process. In the samples, the concentration of cadmium, lead and zinc by the method of atomic absorption spectrometry was determined.

Results. The analysis showed differentiation of Cd, Pb, Zn concentrations in primary teeth. Concentrations of selected heavy metals in teeth in the group of children from 2 to 14 years were in the ranges: 0.002–1.352 µg/g for Cd, <LOQ – 6.383 µg/g for Pb and 0.033–24.335 mg/g for Zn. The content of cadmium and lead, metals

toxic for the organisms, is higher in group of younger, than older children, which may indicate prenatal exposure to these metals. The content of heavy metals in children's primary teeth varies depending on the sex. Studies have shown higher concentrations of lead and zinc in teeth of boys, by 10% and 25% respectively, compared to content of these metals in girls' teeth. The average concentration of cadmium was higher by 10% in girls' teeth.

Conclusions. The results of chemical analysis of collected primary teeth of children living in Bytom indicate a limited possibility of using them as an environmental indicator of exposure of children to cadmium, lead and zinc. It seems that prenatal exposure of children may be a interfering factor.

Key words: primary teeth, heavy metals, environmental exposure, bio-indicator

WSTĘP

Zanieczyszczenie środowiska naturalnego metalami ciężkimi jest poważnym problemem o wymiarze globalnym. Liczne prace wskazujące na zagrożenia zdrowia związane z występowaniem i oddziaływaniem metali ciężkich na organizm człowieka dotyczą zwłaszcza środkowej i wschodniej części Europy. Zagrożenie to występuje również na terenie Polski, gdzie najwyższą koncentracją metali ciężkich odznacza się południowa część kraju, w szczególności województwo śląskie, ze względu na wieloletnią działalność na tym terenie przemysłu ciężkiego, związanego z wydobywaniem i przetwórstwem rud metali nieżelaznych [1, 2].

Grupami szczególnie wrażliwymi na działanie czynników szkodliwych, w tym metali ciężkich takich jak kadm, ołów i cynk są, obok kobiet w ciąży oraz osób starszych, dzieci, które są narażone na zanieczyszczenia występujące w środowisku ich bytowania w większym stopniu niż osoby dorosłe. Wiąże się to z tym, iż nie posiadają one w pełni wykształconego układu oddechowego i odpornościowego. Ponadto, spędzają stosunkowo więcej czasu na zewnątrz pomieszczeń niż osoby dorosłe oraz charakteryzują się, zwłaszcza małe dzieci, specyficznymi zachowaniami, zwiększającymi ryzyko narażenia na metale ciężkie, tj. wkładanie brudnych rąk czy przedmiotów do ust [3, 4]. Skutki zdrowotne narażenia środowiskowego dzieci na metale ciężkie mogą objawiać się z opóźnieniem, co wynika z kumulacji poszczególnych metali w różnych narządach i tkankach organizmu. Narażenie na ołów może powodować u dzieci zmiany w rozwoju psychicznym i fizycznym. Metal ten wpływa na nieprawidłowy rozwój dzieci już od okresu niemowlęcego, powodując zaburzenia w rozwoju. Ponadto powoduje powstawanie stresu oksydacyjnego, który może prowadzić do poronień, obniżenia IQ, anemii oraz zmian neurotoksycznych [5, 6]. Kadm jest określany jako jeden z najbardziej szkodliwych metali, wpływający nie-

korzystnie na zdrowie człowieka, w tym dzieci, powodując m.in.: zaburzenia funkcjonowania nerek i wątroby, dysfunkcje układu rozrodczego, odwapnienie i w konsekwencji złamania kości. Kadm może wpływać również na powstawanie nowotworów płuc, jąder, piersi oraz nerek [7]. Nadmiar lub niedobór cynku w organizmie dziecka może mieć wpływ na wiele funkcji życiowych człowieka. Może przyczyniać się do przedwczesnych porodów, niskiej masy urodzeniowej dziecka czy opóźnienia rozwoju [8].

Ze względu na toksyczność metali ciężkich oraz ich zdolność do akumulacji w organizmie człowieka, konieczna jest ocena wpływu zanieczyszczonego środowiska na zdrowie człowieka. Jedną z metod oceny ryzyka, uznawaną przez wielu badaczy, jest monitorowanie akumulacji metali ciężkich w organizmach mieszkańców terenów zanieczyszczonych metalami ciężkimi na podstawie analizy zawartości poszczególnych pierwiastków we włosach, paznokciach, krwi, moczu, kościach i zębach [9–14]. Nie każdy z nich jest jednak właściwy do oceny przewlekłego środowiskowego narażenia człowieka na metale ciężkie. Krew i mocz są często wykorzystywane jako wskaźnik narażenia człowieka na metale ciężkie, szczególnie ołów, jednak okres półtrwania ołowiu we krwi czy moczu jest stosunkowo krótki (ok. 28–30 dni), dlatego nie są one wiarygodnymi wskaźnikami długotrwałej ekspozycji [15]. W przypadku włosów i paznokci okres półtrwania metali ciężkich jest dłuższy, wynosi od kilku miesięcy do kilku lat w zależności od metalu, jednak, ze względu na zanieczyszczenia zewnętrzne pochodzące z kurzu osiadającego na włosach, farb do włosów, lakierów do włosów i paznokci oraz innych kosmetyków, nie są one dobrymi wskaźnikami biologicznymi [15, 16]. Kości i zęby cechują się dużym powinowactwem do metali ciężkich. W przeciwieństwie do innych tkanek, kości są uważane za najlepszy bio-wskaźnik środowiskowego narażenia na metale ciężkie, szczególnie w przypadku prze-

wlekłej ekspozycji, rozpoczynającej się od wczesnego rozwoju. Jednak ludzka kość jest materiałem trudnodostępnym, a ewentualny pobór prób do badań jest zabiegiem bardzo inwazyjnym. Zęby natomiast są materiałem bardzo podobnym do tkanki kostnej i są uważane za część szkieletu człowieka, ponadto są materiałem łatwo dostępnym i to w sposób mało inwazyjny [16]. Akumulacja metali ciężkich w zębach rozpoczyna się już w okresie formowania się zawiązków zębów. Badania dowodzą, że zawartość ołowiu w zębach nie ulega zmianom przez dłuższy okres czasu. Pomiar zawartości metali ciężkich w zębach mieszkańców terenów zanieczyszczonych i populacji nienarażonej na toksyczne czynniki środowiskowe potwierdziły, iż zęby są odpowiednim materiałem badawczym do określenia stopnia zanieczyszczenia środowiska [11, 17, 18]. Najmniej inwazyjną metodą pozyskiwania materiału do badań dotyczących wpływu zanieczyszczenia środowiska na zdrowie są zęby mleczne u dzieci przez często ich samoistne wypadanie. Celem pracy jest zatem ocena przydatności zębów mlecznych jako wskaźnika przewlekłego, środowiskowego narażenia dzieci zamieszkujących w Bytomiu na Cd, Pb i Zn.

MATERIAŁ I METODY

Analizie poddano 45 zębów mlecznych, pochodzących od dzieci w wieku od 2 do 14 roku życia, zamieszkających w jednym z najbardziej zanieczyszczonych miast województwa śląskiego – Bytomiu. Materiał badawczy pozyskano w wyniku naturalnej wymiany zębów mlecznych na zęby stałe lub poprzez usunięcie ich z przyczyn medycznych. Wśród 45 analizowanych próbek, 60% stanowiły zęby mleczne dziewczynek ($n = 27$), a 40% zęby mleczne chłopców ($n = 18$). Materiał do badań zgromadzono po wcześniejszym wyrażeniu na to zgody rodziców dziecka, w Akademickim Centrum Stomatologii i Medycyny Specjalistycznej Sp. z o.o. w Bytomiu.

Analizy zawartości metali ciężkich: Cd, Pb, Zn w zębach mlecznych dzieci dokonano w Laboratorium Analitycznym przy Katedrze Zdrowia Środowiskowego, Wydziału Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach. Wszystkie zęby mleczne dokładnie przemyto wodą redestylowaną, a następnie osuszono i zmielono w młynku wibracyjnym. Następnie zważono uzyskaną masę, przełożono do naczynia teflonowego i dodano 10 ml stężonego kwasu azotowego V, spektralnie czystego firmy Merck, po czym przeprowadzono proces mineralizacji ciśnieniowej

w mineralizatorach mikrofalowych (Magnum II, firmy Ertec). Proces mineralizacji trwał 15 min, a parametry były następujące: 100% mocy, ciśnienie 45–42 bar i temperatura 295–300°C. Po zakończeniu procesu mineralizacji materiał badawczy przeniesiono do jednorazowej kolby miarowej o pojemności 50 ml, a brakującą ilość uzupełniono wodą ultraczystą.

W próbkach oznaczono zawartość metali ciężkich – kadmu (Cd), ołowiu (Pb) oraz cynku (Zn) metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) Savanta Sigma. Dla poszczególnych pierwiastków, w każdej z próbek zębów dokonano trzech równoległych pomiarów, a następnie obliczono zawartość Cd, Pb i Zn wyrażoną w różnych jednostkach, w zależności od metalu: $\mu\text{g/g}$ (Cd i Pb) oraz w mg/g , w przypadku cynku.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki analizy chemicznej pobranych próbek (zęby mleczne) wykazały duże zróżnicowanie stężeń metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w badanych próbkach zębów mlecznych. Zestawienie statystyk opisowych (śr., odchylenie standardowe, min., max., mediana) dla uzyskanych stężeń poszczególnych metali, z uwzględnieniem płci, przedstawiono w Tabeli I.

Tabela I. Zestawienie statystyk opisowych dla stężeń metali ciężkich w zębach mlecznych dzieci zamieszkających w Bytomiu

Table I. Heavy metal concentration in baby teeth from Bytom

	Płeć	Średnia	Odchylenie standardowe	Minimum	Maksimum	Mediana
Cd [$\mu\text{g/g}$]	Ż	0,210	0,32	0,007	1,352	0,050
	M	0,191	0,32	0,002	1,337	0,101
Pb [$\mu\text{g/g}$]	Ż	1,276	1,42	<LOQ	6,338	0,650
	M	1,412	1,41	<LOQ	5,335	0,935
Zn [mg/g]	Ż	2,107	5,82	0,046	24,335	0,192
	M	2,642	5,82	0,033	21,412	0,210

Ż – płeć żeńska, M – płeć męska; <LOQ – stężenie poniżej progu oznaczalności

Ż – females, M – males; <LOQ – below the limit of quantification

Oznaczone stężenia wybranych metali ciężkich w próbkach zębów odnotowano w zakresach: 0,002–1,352 $\mu\text{g/g}$ dla Cd, <LOQ – 6,338 $\mu\text{g/g}$ dla Pb oraz 0,033–24,335 mg/g dla Zn. Zawartość metali ciężkich w zębach mlecznych dzieci różni się

w zależności od płci. Badania wykazały wyższe stężenia ołowiu i cynku w zębach chłopców, o odpowiednio 10% i 25%, w porównaniu do zawartości tych pierwiastków w zębach dziewczynek. Średnie stężenie kadmu natomiast było wyższe o 10% w zębach dziewczynek (Tab. I).

Pośród analizowanych pierwiastków, największe zróżnicowanie oznaczonych wartości odnotowano w przypadku ołowiu. Ponad 33% próbek charakteryzowało się stężeniem przekraczającym średnią zawartość Pb (1,33 µg/g). Najbardziej zanieczyszczona próbka, w której oznaczono Pb na poziomie 6,34 µg/g, charakteryzowała się stężeniem blisko 5-krotnie wyższym, niż średnia zawartość tego pierwiastka w oznaczanych próbkach. Biorąc pod uwagę kadm i cynk, odpowiednio w ponad 26% i 13% analizowanych próbek odnotowano wartości wyższe, niż średnia zawartość obliczona dla tych pierwiastków. Najwyższe oznaczone stężenia kadmu i cynku przekraczały wartości średnie obliczone dla tych metali blisko 7-krotnie w przypadku Cd oraz ponad 10-krotnie w przypadku Zn (Tab. I).

Wszystkie badane w pracy próby zębów pochodziły od dzieci w wieku od 2–14 lat, mieszkających w Bytomiu. Uwzględniając podział na dwie grupy wiekowe (2–7 lat oraz 8–14 lat) można zauważyć, że zawartość kadmu i ołowiu, metali zbędnych dla organizmu, jest wyższa w grupie dzieci młodszych niż starszych, co może wskazywać na prenatalne narażenie na te metale. W przypadku cynku, pierwiastka niezbędnego, w niższych stężeniach, dla prawidłowego rozwoju organizmu, wyższe wartości pierwiastka oznaczono w grupie dzieci powyżej siódmego roku życia (Tabela II).

Tabela II. Zawartość metali ciężkich w zębach mlecznych z uwzględnieniem wieku dzieci

Table II. Heavy metal concentration in baby teeth according to age from Bytom

	Kadm [µg/g]	Ołów [µg/g]	Cynk [µg/g]
Wiek 2–7 lat (n = 21)			
Zakres stężeń	0,01–1,35	<LOQ – 6,34	0,03–8,93
Średnia ± Odch.Std.	0,28 ± 0,41	1,55 ± 1,79	0,75 ± 1,93
Mediana	0,13	0,93	0,18
Wiek 8–14 lat (n = 24)			
Zakres stężeń	<LOQ – 0,63	0,10–3,57	0,14–24,34
Średnia ± Odch.Std.	0,14–0,19	1,13–0,94	3,70–7,49
Mediana	0,04	0,74	0,22

<LOQ – stężenie poniżej progu oznaczalności

<LOQ – below the limit of quantification

DYSKUSJA

Już pod koniec ubiegłego wieku zauważono, że zęby dzieci mogą być wykorzystywane jako dobry wskaźnik długotrwałej ekspozycji na ołów, a niektórzy z badaczy twierdzą, na podstawie uzyskanych wyników badań, że zęby mleczne są lepszym wskaźnikiem narażenia środowiskowego na ołów niż krew, mocz, włosy lub paznokcie [16, 19–21]. Znacznie więcej jest doniesień na temat przydatności zębów mlecznych w ocenie środowiskowego narażenia na ołów, niż na kadm i cynk [19–22].

Jak wynika z analizy danych uzyskanych w badaniu, oznaczone zawartości ołowiu w zębach mlecznych są zróżnicowane i porównywalne do wartości oznaczonych przez innych badaczy. W niniejszym badaniu średnie stężenie Pb wynosiło 1,34 µg Pb/g, podczas gdy w badaniu Tvinnereim i in. [22] średnia arytmetyczna stężeń tego pierwiastka w zębach dzieci z Norwegii wynosiła 1,37 µg/g. Arruda-Neto i in. [11] podają, że średnie stężenie Pb w zębach dzieci zamieszkałych tereny zanieczyszczone w Brazylii jest równa 1,28 µg/g, natomiast w zębach pobranych z grupy kontrolnej, do której zaliczono dzieci zamieszkałe tereny, których środowisko jest zanieczyszczone w mniejszym stopniu, oznaczono średnie stężenia ołowiu na poziomie 0,91 µg/g. Badania zawartości Cd i Pb w zębach 6-letnich dzieci z Krakowa, przeprowadzone przez Barton i in. [16], wykazały, iż średnia zawartość ołowiu i kadmu wynosi odpowiednio: 1,6 µg Pb/g, co jest porównywalne z badaniami własnymi. W przypadku kadmu wyniki przeprowadzonego badania wykazały niemal 10-krotnie większe średnie stężenie kadmu w zębach mlecznych, w porównaniu do wyników uzyskanych przez Barton i in. [16]. W badaniu Tvinnereim i in. [22] średnia zawartość kadmu również była niższa, jednak rząd wielkości był taki jak w niniejszym badaniu (0,113 µg/g). Niewiele jest badań analizujących zawartość cynku w zębach mlecznych dzieci. Badania stężeń tego pierwiastka w zębach dorosłych wykazują, iż mieszczą się one w granicy 0,22–15,7 µg/g [23].

Zawartość metali ciężkich w zębach mlecznych dzieci różni się w zależności od płci. Badania zębów dzieci zamieszkałych w Norwegii [11] wykazały wyższe o około 20% stężenia ołowiu w zębach chłopców, w porównaniu do zawartości tego pierwiastka w zębach dziewczynek. Badania będące przedmiotem tej publikacji wykazały wyższe stężenia ołowiu i cynku w zębach chłopców, o odpowiednio 10% i 25%, w porównaniu do zawartości tych pierwiastków w zębach dziewczynek. Średnie stężenie kadmu natomiast było wyższe o 10% w zębach dziewczynek.

Wyniki analizy chemicznej zebranego materiału na zawartość kadmu, ołowiu i cynku, oraz wyniki uzyskane przez innych badaczy, wskazują na możliwość wykorzystania zarówno zębów dorosłych, jak i zębów mlecznych, jako wskaźnika środowiskowej ekspozycji na metale ciężkie. W badaniach wykonanych przez Arruda-Neto i in. [11] wykazano o około 40% wyższe stężenia ołowiu w zębach dzieci z Norwegii bardziej narażonych na zanieczyszczenia środowiska, w porównaniu z zawartością Pb w zębach dzieci z terenów mniej zanieczyszczonych. Polskie badania, dotyczące zawartości wybranych metali ciężkich w zębach dorosłych mieszkańców Krakowa i Bielska-Białej, również wykazały wyższe stężenia Cd, Pb i Zn w materiale, pochodzącym od osób zamieszkałych w mieście bardziej zanieczyszczonym, tj. Krakowie, o odpowiednio: 29% w przypadku Pb, 20% w przypadku Cd oraz 6% w przypadku Zn [24].

Właściwy dobór bio-markerów w badaniach z zakresu oceny przewlekłego narażenia populacji na metale ciężkie obecne w środowisku ma kluczowe znaczenie w prewencji pierwotnej, odpowiednim zarządzaniu opieką zdrowotną i rodzaju podejmowanych rozwiązań z zakresu zdrowia publicznego przed władze lokalne, szczególnie na terenach charakteryzujących się znacznym zanieczyszczeniem środowiska metalami ciężkimi.

WNIOSKI

1. Wyniki analizy chemicznej zębów mlecznych dzieci zamieszkałych w Bytomiu wskazują na ograniczoną możliwość wykorzystania ich jako wskaźnika środowiskowego narażenia dzieci na kadm, ołów i cynk. Wydaje się, że narażenie prenatalne może być w przypadku dzieci czynnikiem zakłócającym.
2. Zawartość kadmu i ołowiu, metali zbędnych dla organizmu, jest wyższa w grupie dzieci młodszych niż starszych, co może wskazywać na prenatalne narażenie na te metale.
3. Stały bio-monitoring zawartości metali ciężkich w organizmie dzieci zamieszkałych na terenach zanieczyszczonych, z wykorzystaniem nieinwazyjnych metod poboru prób do badań, jest niezbędny w właściwym ukierunkowaniu działań z zakresu profilaktyki pierwotnej.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, et al. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdiscip Toxicol.* 2014; 7(2): 60–72.
- [2] Dziubanek G, Baranowska R, Oleksiuk K. Metale ciężkie w glebach Górnego Śląska – problem przeszłości czy aktualne zagrożenie? *Journal of Ecology and Health* 2012, vol.16, nr 4.
- [3] Environmental Protection Agency (EPA): A Decade of Children's Environmental Health Research. Highlights from EPA's Science to Achieve Results Program. Summary Report. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development; EPA/600/S-07/038; December 2007.
- [4] Nieć J, Baranowska R, Dziubanek G, Rogala D. Narażenie środowiskowe dzieci na metale ciężkie zawarte w glebach z placów zabaw, boisk, piaskownic i terenów przedszkoli z obszaru Górnego Śląska. *J Ecol Health*, 2013; 2(17): 55-62.
- [5] Giel-Pietraszuk M, Hybza K, Chelchowska M, i wsp. Mechanizmy toksyczności ołowiu. *Postępy biologii komórki.* 2012; 39(2): 217-247.
- [6] Dobrakowski M, Kiełtucki J, Wyparło- Wszelaki M, i wsp. Wpływ przewlekłego zatrucia ołowiem na zmiany patofizjologiczne w układzie pokarmowym oraz interakcje ołowiu z wybranymi mikroelementami. *Medycyna Środowiskowa-Environmental Medicine.* 2013; 13(2): 42-46.
- [7] Hartwig A. Cadmium and cancer. *Met Ions Life Sci.* 2013; 11: 491-507.
- [8] Krajewska J. Cynk (Zn) i jego wpływ na zdrowie człowieka. *Farmakoterapia.* 2015; 25 (1): 58-62.
- [9] Kim M, Kim K. Biomonitoring of Lead and Cadmium in the Hair and Fingernails of Elderly Korean Subjects, *Biological Trace Element Research.* 2011; 143: 794-802.
- [10] Chojnacka K, Zielińska A, Górecka H, i wsp. Analiza wielopierwiastkowa włosów ludzkich jako metoda biomonitoringu zanieczyszczeń przemysłowych obecnych w środowisku i żywności. *Przemysł chemiczny.* 2009; 88(5): 420-426.
- [11] Arruda-Neto JDT, Oliveira MCC, Sarkis JES et al. Study of environmental burden of lead in children using teeth as bioindicator. *Environ. Int.* 2009; 35(8): 614–618.
- [12] Kamberi B, Kocani F, Dragusha E. Teeth as indicators of environmental pollution with lead. *J. Environ. Anal. Toxicol.* 2012; 2: 1-5.
- [13] Kantamneni PP. Lead levels on Efoliated Teeth of Children from the Twin Cities of Hyderabad and Secunderabad, India. Master of Public Health Thesis. Faculty of San Diego State University, USA. 2010.
- [14] Abdullah MM, Ly AR, Goldberg WA, et al. Heavy metal in children's tooth enamel: related to autism and disruptive behaviours?. *J. Autism Dev. Disord.* 2012; 42: 929-936.
- [15] Krzywy I, Krzywy E, Pastuszek-Gabinowska M i wsp. Ołów – czy jest się czego obawiać? *Rocz. PAM.* 2010; 56(2): 118-128.
- [16] Barton HJ. Advantages of the use of deciduous teeth, hair and blood analysis for lead and cadmium bio-monitoring in children. A study of 6-year-old-children from Krakow (Poland). *Biol. Trace. Elem. Res.* 2011; 43: 637-658.
- [17] Szostek K. Badanie zawartości ołowiu, kadmu, miedzi i cynku w stałych zębach mieszkańców południowej Polski. *Prz. Antrop.* 1992; 55: 105-111.

- [18] Malara P, Kwapuliński J, Drugacz J. Zastosowanie analizy czynników głównych do oceny wpływu środowiska na kontaminację zębów metalami ciężkimi. *Czas. Stomat.* 2005; 58(5): 335-342.
- [19] Ewers U, Brockhaus A, Winneke G, et al. Lead in Deciduous Teeth of Children Living in a Non-ferrous Smelter Area and a Rural Area of the FRG. *Int Arch Occup Environ Health* 1982; 50: 139-151.
- [20] Tvinnereim HM, Eide R, Riiseb T, et al. Lead in primary teeth from Norway: changes in lead levels from the 1070s to the 1990s. *Sci Total Environ.* 207 1997, 165-177.
- [21] Herde S, Sridhar M, Bolar DR, et al. Relating tooth- and blood- lead levels in children residing near a zine- lead smelter in India. *Int J Paediatr Dent.* 2010; 20: 186-192.
- [22] Tvinnereim HM, Eide R, Riise T. Heavy metals in human primary teeth: some factors influencing the metal concentrations. *The Science of the Total Environment* 2000; 255: 21-27.
- [23] Asaduzzaman K, Khandaker MU, Baharudin NAB, et al. Heavy metals in human teeth dentine: A bio-indicator of metals exposure and environmental pollution. *Chemosphere* 2017; 176: 221-230.
- [24] Malara P, Fischer A, Malara B. Selected toxic and essential heavy metals in impacted teeth and the surrounding mandibular bones of people exposed to heavy metals in the environment. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2016; 11: 56-67.

Adres do korespondencji:

*dr n. med. Agata Piekut
Katedra Zdrowia Środowiskowego,
Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu,
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
ul. Piekarska 18, 41-902 Bytom
e-mail: apiekut@sum.edu.pl
tel. 32/ 397-65-29*