

Ołów we włosach młodzieży akademickiej we Francji, w Polsce i na Białorusi w ujęciu socjomedycznym

Lead in hair of academic adolescents in France, Poland and Belarus from sociomedical perspective

Iwona Gładysz^{1,A-D,F}, Andrzej Szpakow^{2,B,F}, Bogusława Karczewska^{3,B-C},
Bartosz Kowalewski^{1,B}, Wioleta Zarębska^{1,B}

¹ Wydział Nauk o Zdrowiu, Akademia Bialska im. Jana Pawła II, Polska

² Katedra Pielęgniarstwa, Międzynarodowa Akademia Nauk Stosowanych w Łomży, Polska

³ Wydział Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych,
D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Gładysz I, Szpakow A, Karczewska B, Kowalewski B, Zarębska W. Ołów we włosach młodzieży akademickiej we Francji, w Polsce i na Białorusi w ujęciu socjomedycznym. Med Og Nauk Zdr. doi:10.26444/monz/205364

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Ołów to metal toksyczny, o którym wiadomo, że szkodzi ośrodkowemu układowi nerwowemu. Celem pracy jest przedstawienie zależności między cechami demograficznymi (wiek, płeć, miejsce zamieszkania) a zawartością Pb we włosach młodzieży akademickiej z Francji (Niort), Polski (Biała Podlaska) oraz Białorusi (Grodno).

Materiał i metody. Badania zostały przeprowadzone na próbie włosów oraz przy wykorzystaniu autorskiego kwestionariusza ankiety. Pobierano włosy w ilości 0,2–0,5 g odcięte jak najbliżej skóry. Próbkę włosów odtłuszczono chloroformem, osuszono na bibule filtracyjnej, płukano w acetonie, a następnie ponownie suszono. Stężenie Pb we włosach oznaczano przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego SEM firmy Hitachi TM-3000, wyposażonego w rentgen ze spektrometrem EDS do mikroanalizy. Dokładność tej metody została zweryfikowana na podstawie chińskiego certyfikowanego materiału referencyjnego NCS ZC81002.

Wyniki. Przebadanych zostało 121 osób w wieku od 18,0 do 44,0 lat. Stwierdzono zróżnicowanie w zawartości ołowiu we włosach ze względu na miejsce zamieszkania. Wyższy poziom ołowiu we włosach stwierdzono u badanych mężczyzn z Białorusi w stosunku do objętych badaniem kobiet z tego kraju. Wyższy poziom ołowiu stwierdzono u osób w przedziale wiekowym 22 i więcej lat w stosunku do pozostałych badanych, będących w przedziale wiekowym 18–19 lat i 20–21 lat.

Wnioski. Nie zaobserwowano różnic w poziomie zawartości ołowiu we włosach badanych studentów z Francji, Polski, Białorusi. Istotne zróżnicowanie zawartości Pb we włosach ze względu na miejsce zamieszkania oraz płeć stwierdzono tylko u studentów z Białorusi. Zawartość Pb we włosach może stanowić marker przy ocenie warunków socjalno-bytowych młodzieży akademickiej.

Słowa kluczowe

studenci, narażenie, ołów, włosy

■ Abstract

Introduction and Objective. Lead is a toxic metal known to cause harm to the central nervous system. The aim of the study was to present the relationship between demographic characteristics (age, gender, place of residence) and the content of Pb in hair of university students from France (Niort), Poland (Biała Podlaska) and Belarus (Grodno).

Materials and Method. The study was conducted on a hair sample and with the use of an author-constructed questionnaire. Hair samples were collected in the amount of 0.2–0.5 g, cut off as close to the skin as possible. Hair samples were degreased with chloroform, dried on filter paper, rinsed in acetone, and then dried again. Pb concentration in the hair was determined using a scanning electron microscope SEM, on a Hitachi TM-3000 instrument equipped with an X-ray with EDS spectrometer for microanalysis. The accuracy of this method was verified against the Chinese certified reference material NCS ZC81002.

Results. A total of 121 people aged between 18–44 were surveyed. Differences in lead content were observed according to the place of residence. Higher levels of lead in hair were found in the examined males from Belarus, compared to females from that country. Higher levels of lead were found in respondents aged 22 and over, compared to respondents aged 18–19, and 20–21.

Conclusions. Significant differences in the levels of Pb were found according to the place of residence and gender only in students from Belarus. Statistical analysis did not confirm statistically significant differences in the level of lead among students of different ages in different countries. Pb content in hair can be a marker while assessing social and living conditions of university students.

Key words

students, exposure, lead, hair

✉ Adres do korespondencji: Iwona Gładysz Wydział Nauk o Zdrowiu, Akademia Bialska im. Jana Pawła II, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska, Polska
E-mail: i.gladysz@dyd.akademiabialska.pl

Nadesłano: 3.02.2025; zaakceptowano do publikacji: 20.05.2025; publikacja online: 29.05.2025

WPROWADZENIE

Istnieje grupa pierwiastków chemicznych – ksenobiotyków, do których należą ołów, rtęć i kadm, a których wpływ na organizm jest negatywny. Ze względu na rozwój przemysłu metalurgicznego i energetyki występuje coraz więcej zanieczyszczeń środowiska. Toksyczne pierwiastki kumulują się w biosferze i wpływają na stan zdrowia populacji. Bardzo istotne jest monitorowanie tych pierwiastków w ustroju. Ołów (Pb) to metal toksyczny, o którym wiadomo, że szkodzi wielu organom, szczególnie ośrodkowemu układowi nerwowemu. Do tej pory nie zbadano powiązań pomiędzy poziomem Pb w organizmie człowieka a mikrostrukturalnymi właściwościami obszarów istoty szarej i aktywnością mózgu podczas zadań wymagających uwagi [1, 2]. Ołów jest wykorzystywany w przemyśle oraz do niedawna był dodatkiem do benzyny. Stężenie tego pierwiastka w powietrzu przekraczające 100 mg/m^3 stanowi zagrożenie dla życia i zdrowia [3]. W Chinach w okolicach największego obszaru wydobywania i wytopu metali przeprowadzono badania w celu oceny narażenia ludności na potencjalnie toksyczne pierwiastki. Badano pierwiastki śladowe, w tym Pb, we włosach skóry głowy mieszkańców obszarów górniczych. Wyniki tych badań wskazały, że u badanych osób występują istotnie wyższe poziomy m.in. Pb we włosach w porównaniu z osobami zamieszkującymi obszary odniesienia, co może powodować negatywne skutki zdrowotne [4]. Analiza narażenia na ołów oraz zmian funkcjonalnych i mikrostrukturalnych w ludzkim mózgu wykazała, że wyższe poziomy ołowiu były również słabo, ale istotnie powiązane z niższymi wynikami w testach funkcji poznawczych wyższego rzędu, takich jak test inteligencji psychometrycznej, większe miary impulsywności oraz wyższe poszukiwanie nowości i ekstrawersja [5, 6]. W badaniach populacji polskiej z Dolnego Śląska przedstawiono analizę porównawczą wyników biomonitoringu z wykorzystaniem analizy włosów obecnie i 10 lat temu. Analizę 115 próbek włosów przeprowadzono techniką ICP-OES i AAS. Wykazano, że zawartość niektórych pierwiastków, w tym ołowiu, zależy od płci i jest wyższa u kobiet. Wyniki porównano z poprzednią oceną z 2009 roku. Zawartość większości metali ciężkich we włosach uległa znacznemu obniżeniu, co jest oznaką poprawiającego się stanu lokalnego środowiska. Stężenie ołowiu we włosach obniżyło się o 67,7%. Zaobserwowano zmiany w zawartości większości metali ciężkich we włosach, a także zmiany zakresów referencyjnych, co może wskazywać na poprawę stanu środowiska we Wrocławiu na Dolnym Śląsku w ciągu ostatnich 10 lat [7].

CEL PRACY

Celem pracy było przedstawienie i porównanie związku cech demograficznych (wiek, płeć, miejsce zamieszkania) i zawartości Pb we włosach młodzieży akademickiej z Francji (Niort), Polski (Biała Podlaska) oraz Białorusi (Grodno). Te grupy analizowanej młodzieży akademickiej pochodzą z ośrodków o zróżnicowanych warunkach bytowych. Głównym celem było zbadanie, czy stężenie ołowiu we włosach jest związane z parametrami socjomedycznymi z uwzględnieniem kraju pochodzenia.

MATERIAŁ I METODY

Badania zostały przeprowadzone na próbkę włosów oraz przy wykorzystaniu autorskiego kwestionariusza ankiety. Do badań socjomedycznych przygotowano i wykorzystano autorski kwestionariusz ankiety. Pobierano włosy w ilości 0,2–0,5 g, odcięte jak najbliżej skóry. próbki włosów odtłuszczono chloroformem, osuszono na bibule filtracyjnej, wypłukano w acetonie, a następnie ponownie osuszono. Stężenie Pb we włosach oznaczano przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego SEM, przy czym posłużono się aparatem Hitachi TM-3000, wyposażonym w rentgen ze spektrometrem EDS do mikroanalizy. Dokładność tej metody została zweryfikowana na podstawie chińskiego certyfikowanego materiału referencyjnego NCS ZC81002.

Z wyników dla każdej próbki wyciągnięto średnie arytmetyczne, a następnie, przy wykorzystaniu referencyjnej próby odniesienia, przeliczono zawartość Pb na wartości wagowe [8, 9].

Opracowanie statystyczne wykonano przy zastosowaniu programu STATISTICA v. 10.0 PL oraz Microsoft Office 2010. Przy pytaniach zawierających odpowiedzi do wyboru określone na skali nominalnej wskazano odsetek wybranych odpowiedzi, natomiast dla tych wymagających skali ilościowej przedstawiono średnie arytmetyczne $\bar{x}$, wartości minimalne ($x_{\min}$) i maksymalne ($x_{\max}$), odchylenie standardowe (SD), błąd standardowy (SE), medianę (Me) oraz dolny kwartyl (Q1) i górny kwartyl (Q3). Aby porównać badane parametry, wykorzystano odpowiednie testy statystyczne, w zależności od skali, powiązania prób i od rodzaju rozkładu badanej próby. W tym celu sprawdzono, czy stężenie Pb podlega rozkładowi normalnemu (test Shapiro-Wilka). Po stwierdzeniu istotnych statystycznie odchyleń od rozkładu normalnego analizowano zawartość Pb przy użyciu testów nieparametrycznych (testu U Manna-Whitneya oraz testu Kruskala-Wallisa, a także testu porównań wielokrotnych – testu post hoc Kruskala-Wallisa), a interpretację wyników przedstawiono graficznie przy użyciu mediany [9]. Na badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie nr KE-0254/62/. Przyjęto, że różnice istotne statystycznie między badanymi próbami wystąpiły przy $p < 0,05$.

WYNIKI

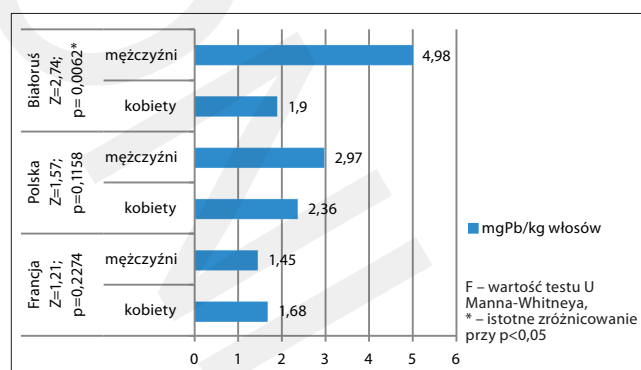
Badaniami objęto 121 osób w wieku od 18,0 do 44,0 lat. Przeprowadzono je na grupie studentów francuskich (Ośrodek Kształcenia Medycznego w Niort), polskich (Państwowa Szkoła Wyższa w Białej Podlaskiej) oraz białoruskich (Grodzieński Uniwersytet Państwowy im. Janki Kuły). Większość badanych stanowili: pod względem kraju pochodzenia – studenci z Polski (41,3%), pod względem płci – kobiety (65,3%) oraz pod względem miejsca zamieszkania – mieszkańcy miast (71,9%).

Zawartość ołowiu we włosach studentów objętych badaniem była istotnie zróżnicowana ze względu na płeć w przypadku studentów z Białorusi ($p < 0,05$). Wyższy poziom ołowiu we włosach stwierdzono u badanych mężczyzn z Białorusi ($Me = 4,98 \text{ mg/kg}$) w stosunku do objętych badaniem kobiet z tego kraju ($Me = 1,90 \text{ mg/kg}$). Analiza statystyczna nie potwierdziła różnic istotnych statystycznie w poziomie zawartości ołowiu we włosach studentów i studentek z Francji ($p = 0,2274$) i Polski ($p = 0,1158$) (ryc. 1, tab. 2).

Tabela 1. Liczebność i odsetek osób, w grupach wydzielonych ze względu na różnicowany poziom wybranych wskaźników społeczno-demograficznych

Zmienna	Kategoria	n	%
Kraj	Francja	39	32,2
	Polska	50	41,3
	Białoruś	32	26,5
Płeć	kobieta	79	65,3
	mężczyzna	42	34,7
Wiek	18-19 lat	40	33,1
	20-21 lat	36	29,8
	22 lub więcej lat	45	37,2
Miejsce zamieszkania	miasto	87	71,9
	wieś	34	28,1

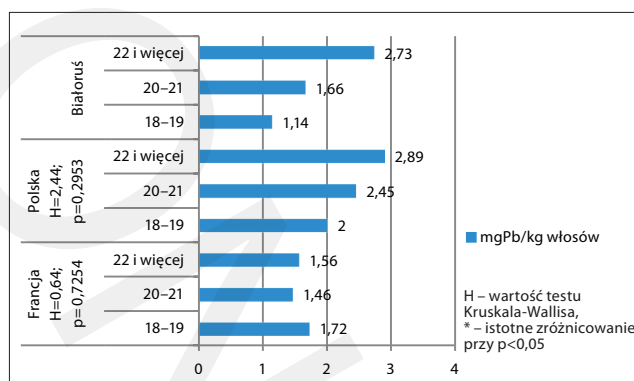
n – liczba przypadków, % – odsetek badanych

**Rycina 1.** Zróżnicowanie zawartości ołowiu we włosach studentów objętych badaniem przy uwzględnieniu płci i kraju zamieszkania**Tabela 2.** Zawartość ołowiu we włosach studentów objętych badaniem, przy uwzględnieniu płci i kraju zamieszkania

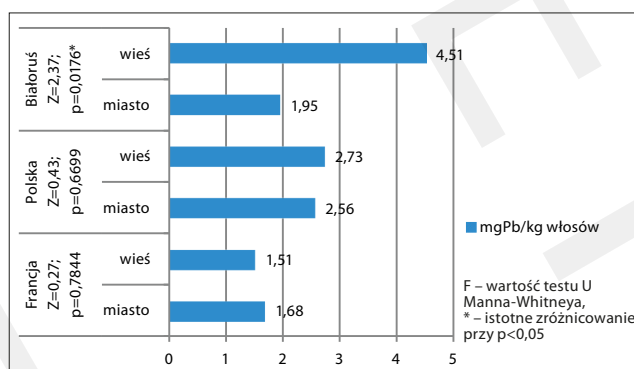
Kraj	Płeć	$x_{\min}$	$x_{\max}$	SD	SE	Q1	Me	Q3
Francja	kobiety	2,02	0,66	4,55	0,97	0,18	1,42	1,68
	mężczyźni	1,58	1,10	2,84	0,51	0,16	1,21	1,45
Polska	kobiety	2,49	0,00	5,93	1,76	0,33	1,19	2,36
	mężczyźni	3,26	0,90	5,72	1,47	0,32	2,14	2,97
Białoruś	kobiety	1,93	0,66	4,33	0,94	0,21	1,18	1,90
	mężczyźni	4,75	0,66	9,20	2,60	0,78	2,08	4,98

Zawartość ołowiu we włosach studentów objętych badaniem była zróżnicowana ze względu na wiek. Wyższy poziom ołowiu stwierdzono u osób w przedziale wiekowym 22 i więcej lat ($Me = 2,83$ mg/kg) w stosunku do pozostałych badanych w przedziale wiekowym 18–19 lat ($Me = 1,72$ mgPb/kg) i 20–21 lat ($Me = 1,68$ mgPb/kg). Analiza statystyczna nie potwierdziła różnic istotnych statystycznie w poziomie zawartości ołowiu we włosach badanych w różnym wieku w poszczególnych państwach: Francji ($p = 0,7254$), Polski ($p = 0,2953$) i Białorusi ($p = 0,2054$) (ryc. 2, tab. 3).

Zawartość ołowiu we włosach studentów była istotnie zróżnicowana ze względu na miejsce zamieszkania tylko u studentów z Białorusi ($p < 0,05$). Istotnie wyższy poziom ołowiu stwierdzono u mieszkańców wsi z Białorusi ($Me = 4,51$ mgPb/kg włosów) w stosunku do objętych badaniem mieszkańców miast z tego kraju ($Me = 1,95$ mgPb/kg włosów). Analiza statystyczna nie potwierdziła różnic istotnych

**Rycina 2.** Zróżnicowanie zawartości ołowiu we włosach studentów objętych badaniem przy uwzględnieniu wieku i kraju zamieszkania**Tabela 3.** Zawartość ołowiu we włosach studentów objętych badaniem, przy uwzględnieniu wieku i kraju zamieszkania

Kraj	Płeć	$x_{\min}$	$x_{\max}$	SD	SE	Q1	Me	Q3
Francja	18–19 lat	1,97	0,66	4,55	0,95	0,19	1,40	1,72
	20–21 lat	1,66	1,18	3,28	0,63	0,21	1,46	1,46
	22 i więcej lat	2,03	1,21	3,76	1,04	0,43	1,26	1,56
Polska	18–19 lat	2,30	0,12	5,33	1,82	0,50	0,90	2,00
	20–21 lat	2,73	0,00	5,00	1,58	0,41	1,43	2,45
	22 i więcej lat	3,17	0,09	5,93	1,63	0,35	1,93	2,89
Białoruś	18–19 lat	1,52	0,66	2,77	1,11	0,64	0,66	1,14
	20–21 lat	2,78	0,66	9,20	2,65	0,77	1,23	1,66
	22 i więcej lat	3,23	0,78	6,58	1,86	0,45	2,08	2,73

**Rycina 3.** Zróżnicowanie zawartości ołowiu we włosach studentów przy uwzględnieniu miejsca i kraju zamieszkania**Tabela 4.** Zawartość ołowiu we włosach studentów przy uwzględnieniu miejsca i kraju zamieszkania

Kraj	Płeć	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	SD	SE	Q1	Me	Q3
Francja	miasto	1,95	0,66	4,55	0,95	0,18	1,39	1,68	2,84
	wieś	1,79	1,26	3,64	0,72	0,23	1,36	1,51	1,92
Polska	miasto	2,75	0,09	5,35	1,56	0,27	1,57	2,56	3,96
	wieś	2,96	0,00	5,93	1,93	0,48	1,68	2,73	4,53
Białoruś	miasto	2,31	0,66	6,58	1,60	0,33	1,16	1,95	2,80
	wieś	4,68	1,11	9,20	2,69	0,95	2,48	4,51	6,58

statystycznie w poziomie zawartości ołowiu we włosach mieszkańców wsi i miast we Francji ($p = 0,7844$) oraz Polski ($p = 0,6699$) (ryc. 3, tab. 4).

DYSKUSJA

W badaniu wykorzystano pomiar stężenia Pb we włosach w populacji w trzech różnych krajach europejskich. Wolny wzrost włosa powoduje, że stężenie Pb we włosach odzwierciedla kumulację tego pierwiastka w organizmie, który dostaje się do organizmu z diety, napojów i powietrza. Analiza próbki włosów ma zatem przewagę nad analizą krwi i moczu, które pokazują aktualne bądź niedawne narażenie na ten pierwiastek. Poziom Pb we włosach może lepiej odzwierciedlać ekspozycję na Pb, jednak wyniki analizy włosów z różnych laboratoriów mogą się różnić w zależności od sposobu oznaczania [5]. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy zostały potwierdzone badaniami biomonitoringowymi przeprowadzonymi na ludzkich włosach, które okazały się wiarygodnym biomarkerem narażenia człowieka na pierwiastki toksyczne. Badania własne wykazały, że zawartość ołowiu we włosach studentów objętych badaniem była istotnie zróżnicowana ze względu na płeć w przypadku studentów z Białorusi. Analiza statystyczna nie potwierdziła istotnych różnic w poziomie zawartości ołowiu we włosach studentek i studentów z Francji i Polski. Podobne badania przeprowadzili Galczenko i wsp., którzy porównali stężenia toksycznych i potencjalnie toksycznych pierwiastków we włosach, w tym Pb, u 198 studentów pierwszego roku Uniwersytetu Przyjaźni Ludowej Rosji, którzy przybyli do Moskwy z różnych regionów świata. Badania zostały zrealizowane z użyciem spektrometrii masowej z plazmą sprzężoną indukcyjnie. Studentów podzielono na 6 grup według miejsca pochodzenia: z Azji Południowej i Wschodniej, Ameryki Łacińskiej, krajów arabskich, Azji Środkowej i Afganistanu, Afryki Południowej i Środkowej, Iranu i Azerbejdżanu oraz Rosji, Ukrainy i Mołdawii. We wszystkich grupach stwierdzono dodatnią korelację między Cd, Pb i Sn, $p < 0,05$; $r > 0,5$ dla wszystkich badanych. Badanie to potwierdziło zwiększoną akumulację metali toksycznych, zwłaszcza Hg, Cd i Pb, u studentów pochodzących głównie z Ameryki Łacińskiej i Afryki [10]. Badania przeprowadzone na tej samej uczelni wskazują istotne regionalne różnice w poziomach toksycznych metali we włosach studentów. Najwyższą zawartość Al, Cd i Pb zaobserwowano u studentów z Afryki (odpowiednia: 13,542 µg/g; 0,028 µg/g; 0,794 µg/g) i Ameryki Łacińskiej (odpowiednia: 9,947 µg/g; 0,025 µg/g; 0,435 µg/g) [11].

Badania własne wskazują, że zawartość ołowiu we włosach studentów objętych badaniem była zróżnicowana ze względu na wiek. Wyższy poziom ołowiu stwierdzono w przedziale wiekowym 22 i więcej lat w stosunku do pozostałych badanych, mieszczących się w przedziale wiekowym 18–19 lat i 20–21 lat. Analiza statystyczna badań własnych nie potwierdziła istotnych statystycznie różnic w poziomie zawartości ołowiu we włosach badanych w zależności od wieku w poszczególnych państwach. Wyższy poziom stężenia ołowiu grupie wiekowej 22 i więcej lat może być wynikiem gromadzenia się ołowiu w ustroju. Uzyskane wyniki badań własnych wskazują, że zawartość ołowiu we włosach studentów była istotnie zróżnicowana ze względu na miejsce zamieszkania tylko u studentów z Białorusi. Wyższy poziom Pb stwierdzono u mieszkańców wsi z Białorusi w stosunku do objętych badaniem mieszkańców miast z tego kraju. Analiza statystyczna nie potwierdziła istotnych statystycznie różnic w poziomie zawartości ołowiu we włosach mieszkańców wsi i miast z Francji i Polski. Porównując te badania z badaniami przeprowadzonymi w 16 miastach w Chinach, wykazano,

że środowisko zamieszkania było dominującym czynnikiem wpływającym na poziomy metali ciężkich, w tym Pb, we włosach. Autorzy wskazują także na zanieczyszczenie przemysłowe, zanieczyszczenie wód gruntowych i palenie tytoniu jako ważne czynniki prowadzące do gromadzenia się metali ciężkich w ciele człowieka [12]. Z kolei przeprowadzone badania na obecność pierwiastków śladowych we włosach mieszkańców regionu naftowo-gazowego Morza Kaspijskiego w Kazachstanie wykazały, że odległość od złóż ropy naftowej i gazu wpływa na zawartość pierwiastków toksycznych we włosach skóry głowy [13].

WNIOSKI

1. Nie obserwowano różnic w poziomie zawartości ołowiu we włosach badanych studentów z Francji, Polski oraz Białorusi.
2. Istotne zróżnicowanie zawartości Pb we włosach ze względu na miejsce zamieszkania oraz płeć stwierdzono tylko u studentów z Białorusi.
3. Zawartość Pb we włosach może stanowić marker przy ocenie warunków socjalno-bytowych młodzieży akademickiej.

PIŚMIENICTWO

1. Aziz MY, Hussain SH, Ishak AR, et al. Heavy Metal Concentrations in Malaysian Adults' Hair and Associated Variables in Bukit Mertajam, Penang, Malaysia. *Biol Trace Elem Res*. 2022;200(8):3475–3481. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02942-5>
2. Wu CC, Sung FC, Chen YC. Arsenic, Cadmium and Lead Exposure and Immunologic Function in Normal-Weight and Obese Patients with Coronary Heart Disease. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(4):683. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040683>. PMID: 29621150
3. Skalny AV, Kopylov PY, Paoliello MMB, et al. Hair Lead, Aluminum, and Other Toxic Metals in Normal-Weight and Obese Patients with Coronary Heart Disease. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(15):8195. <https://doi.org/10.3390/ijerph18158195>
4. Dai L, Deng L, Wang W, et al. Potentially toxic elements in human scalp hair around China's largest polymetallic rare earth ore mining and smelting area. *Environ Int*. 2023;172:107775. <https://doi.org/doi:10.1016/j.envint.2023.107775>
5. Zhang Y, Jiang Q, Xie S, et al. Lead Induced Ototoxicity and Neurotoxicity in Adult Guinea Pig. *Biomed Res Int*. 2019; 3626032. <https://doi.org/doi:10.1155/2019/3626032>
6. Takeuchi H, Taki Y, Nouchi R, et al. Lead exposure is associated with functional and microstructural changes in the healthy human brain. *Commun Biol*. 2021;26;4(1):912. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02435-0>
7. Izydorczyk G, Mironiuk M, Baśladyńska S, et al. Hair mineral analysis in the population of students living in the Lower Silesia region (Poland) in 2019: Comparison with biomonitoring study in 2009 and literature data. *Environ Res*. 2021;196:110441. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110441>
8. Cai Z, Qian L, Peng X, et al. Direct Ultratrace Detection of Lead in a Single Hair Using Portable Electromagnetic Heating Vaporization-Atmospheric Pressure Glow Discharge-Atomic Emission Spectrometry. *Anal Chem*. 2021;93(44):14701–14707. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c03057>
9. Szepeluk A. Zachowania żywieniowe a zawartość określonych pierwiastków we włosach studentów z wybranych uczelni europejskich. Biała Podlaska: Wydawnictwo PSW JPPI; 2021.
10. Galchenko AV, Sidorova EI, Sherstneva AA et al. Comparison of concentrations of toxic elements in the hair of first-year students of RUDN University from different regions of the world: a cross-sectional study. *Environ Sci Pollut Res*. 2022;8341–8352. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16253-8>
11. Kirichuk, Skalny AV, Chizhov A, et al. Characteristic features of toxic metal content in hair samples of foreign students at RUDN University

- from different geographic regions. *J Trace Elem Med Biol.* 2023; 80: 127303. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127303>
12. Lv L, Liu B, Yu Y, et al. Heavy metals in paired samples of hair and nails in China: occurrence, sources and health risk assessment. *Environ Geochem Health.* 2023;45(6):3171–3185. <https://doi.org/10.1007/s10653-022-01400-y>
13. Batyrova G, Tlegenova Z, Kononets V, et al. Hair Toxic Trace Elements of Residents across the Caspian Oil and Gas Region of Kazakhstan: Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(18):11158. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811158>