

KUMULACJA Ni i Cr W TKANKACH GŁOWY KOŚCI UDOWEJ

THE ACCUMULATION OF NICKEL AND CHROMIUM IN THE TISSUES OF THE FEMUR HEAD

Jerzy Kwapuliński, Barbara Brodziak-Dopierała, Ewa Koterska

*Katedra i Zakład Toksykologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach
Kierownik Katedry i Zakładu Toksykologii: Prof. dr hab. Jerzy Kwapuliński*

Streszczenie

Tkanka kostna zajmuje ważne miejsce wśród różnych materiałów biologicznych wykorzystywanych dla celów oceny bioindykacji metali i narażenia populacji ludzkiej na ich działanie. Ocena poziomu stężeń wybranych metali w tkance kostnej może stanowić podstawę do określania poziomu gromadzenia się ich w ustroju. Kumulacja pierwiastków w hydroksyapatycie tkanki kostnej na skutek specyficznych interakcji między pierwiastkami, może powodować obniżenie jakości fizjologicznych funkcji kośćca.

Celem pracy było przeprowadzenie analizy statystycznej występowania niklu i chromu w poszczególnych elementach głowy kości udowej, ze szczególnym uwzględnieniem fizjologicznych i incydentalnych stężeń tych metali. Zakres analizy obejmował określenie zawartości Ni oraz Cr w chrząstce stawowej, kości podchrzęstnej i kości gąbczastej głowy kości udowej, występowanie Ni i Cr w głowie kości udowej z uwzględnieniem: płci, miejsca zamieszkania, uzależnienia od nałogu palenia tytoniu.

Analizie poddano próby głowy kości udowej pochodzące od mieszkańców Gliwic, Katowic, Milówki, Pilicy, Potępy, Pyrzyc oraz Siemianowic Śląskich. Głowy kości udowej pozyskiwano śródoperacyjnie podczas zabiegów endoprotezoplastyk stawu biodrowego. Uzyskane próby głowy kości udowej fragmentaryzowano na chrząstkę stawową, kość podchrzęstną i kość gąbczastą.

Zawartość pierwiastków (Ni, Cr) oznaczono metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (AAS) przy pomocy aparatu Pye Unicam SP-9, w płomieniu acetylen-powietrze.

Ustalone zawartości niklu i chromu, odpowiadające średniej geometrycznej oraz 10 i 95 percentylowi potwierdziły możliwość wystąpienia zróżnicowania ze względu na płeć, nałóg palenia tytoniu oraz miejsce zamieszkania pacjentów.

Słowa kluczowe: głowa kości udowej, nikiel, chrom

Summary

The purpose of this work was conducted the statistic research for the occurrence of nickel and chromium in selected parts of the head of femur, including their physiological and incidental environmental concentration. The research contained the Ni and Cr content in the articular cartilage, subcartilaginous bone and trabecular bone of the head of femur and it's occurrence in the head of the femur considering: sex, dwelling-place, addiction to smoke.

The analyzed heads of femur derived from the residents of Gliwice, Katowice, Milówka, Pilica, Potępa, Pyrzyce and Siemianowice Śląskie. They were received intra - operatively during the endoprotezoplasty surgery of the hip joint.

Established contents of nickel and chromium (correspond to geometric mean and 10 and 95 percentile) confirmed possibility of diversity because of sex, smoke addiction, dwelling-place.

Key words: the head of femur, nickel, chromium

Nadesłano: 20.01.2010

Zatwierdzono do druku: 21.07.2010

Wstęp

Rozwój różnorodnych gałęzi przemysłu niesie ze sobą zagrożenie w postaci wzrastającego ryzyka narażenia środowiska przyrodniczego człowieka na działanie substancji potencjalnie toksycznych. Substancje te często stanowią przyczynę ostrych i chronicznych zatruc, charakteryzowanych jako środowiskowe i zawodowe. Negatywny wpływ substancji toksycznych na organizmy ludzkie może ujawnić po wielu latach ekspozycji lub podczas gwałtownego jej wzrostu [3, 6].

Badania ostatnich lat wskazują, iż tkanka kostna zajmuje ważne miejsce wśród różnych materiałów biologicznych wykorzystywanych dla celów oceny narażenia populacji ludzkiej na działanie metali i bioindykacji. Mechanizm przebudowy kości jest aktywny podczas całego życia, dlatego tkankę kostną uważa się za wyznacznik kontaminacji metali podczas długotrwałej ekspozycji. Analiza stężeń wybranych metali w tkance kostnej może stanowić podstawę do określania poziomu gromadzenia się ich w ustroju [2, 12].

Związki niklu i chromu są wszechobecne w środowisku. Do ich głównych źródeł pochodzenia zaliczane są: emisja pyłów przemysłowych, wtórna emisja komunikacyjna, erozja gleb. Obydwa pierwiastki spełniają ważne funkcje w ustroju, jednak poszczególne związki niklu i chromu są różnicowane ze względu na dostępność biologiczną i zaliczane do substancji toksycznych [4, 6].

Funkcja niklu w fizjologii ustroju polega na aktywacji enzymów dehydrogenaz i karboksylaz oraz na stabilizacji struktur kwasów nukleinowych [15].

Nikiel wchłaniany jest drogą inhalacyjną, pokarmową oraz przez powłoki skórne. Przystawianie tego metalu odbywa się głównie przez układ oddechowy [8, 9]. Absorbowana ilość niklu determinowana jest wielkością cząstek aerozolu w powietrzu atmosferycznym oraz rodzajem i stopniem rozpuszczalności jego związków.

Po przedostaniu się do organizmu poprzez sieć naczyń krwionośnych, nikiel transportowany jest w połączeniu z białkami surowicy tj.: albuminy, makroglobuliny. Głównym rezerwuarem niklu jest tkanka płucna oraz tkanka chłonna. Schroeder [14] dowiódł, że około 75% wdychanego niklu jest zatrzymywana w płucach, pozostała ilość ulega usunięciu z wydychanym powietrzem. Zauważył również, że 50% wdychanego niklu może utworzyć złoże na błonie śluzowej oskrzeli.

Tkanka kostna traktowana jest jako jeden z depozytów toksycznego związku niklu – karbonylniku niklu $Ni(CO)_4$. Związek ten może wywoływać hiperplazję szpiku kostnego, prowadząc do zaburzeń w kształtowaniu kośćca [16].

Chrom (III) należy do pierwiastków niezbędnych dla prawidłowego rozwoju organizmu, a jego zapotrzebowanie u dorosłego człowieka wynosi 50–200 $\mu\text{g}/\text{dzień}$. Metal ten pełni ważną funkcję dla utrzymania właściwego metabolizmu glukozy w organizmie.

W organizmie związki chromu mogą posiadać silne właściwości toksyczne związane z redukcją chromu sześciowartościowego do trójwartościowego. Proces ten zachodzi wewnątrzkomórkowo przy udziale enzymów NADPH zależnych, a powstałe jony chromu trójwartościowego wchodzi w reakcje z reaktywnymi formami tlenu [17]. Chrom trójwartościowy może tworzyć również bardzo trwałe wiązania z DNA, stając się tym samym czynnikiem karcynogennym, którego właściwości poprzez wpływ na powstawanie mięsaków mogą ujawniać się nawet po 20 latach [13, 11].

W pracy przedstawiono analizę statystyczną występowania niklu i chromu w poszczególnych elementach głowy kości udowej ze szczególnym uwzględnieniem fizjologicznych i incydentalnych stężeń tych metali.

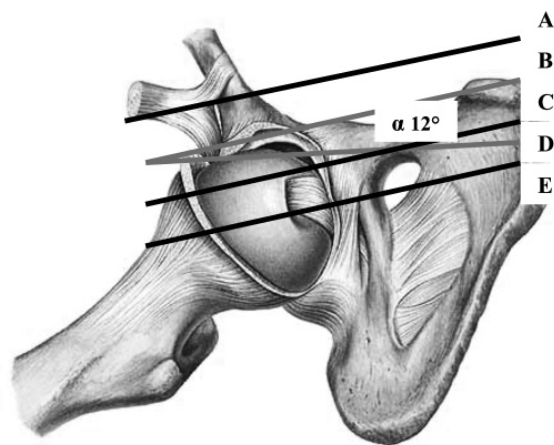
Materiał i metody

Badania populacji zrealizowane zostały na podstawie posiadanej zgody Komisji Bioetycznej Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach – Uchwała w sprawie opinii o projekcie eksperymentu medycznego nr NN-6501-160/I/06 z dnia 22.11.2006 r.

Analizie poddano próby głowy kości udowej pochodzące od mieszkańców Gliwic ($n=40$), Katowic ($n=42$), Milówki ($n=12$), Pilicy ($n=18$), Potępy ($n=18$), Pyrzyc ($n=19$) oraz Siemianowic Śląskich ($n=42$). Głowy kości udowej pozyskiwano śródoperacyjnie podczas zabiegów endoprotezoplastyk stawu biodrowego.

W badanej populacji znalazło się 102 kobiety i 89 mężczyzn. Rozpiętość wieku badanej populacji wynosiła 52–89 lat, natomiast średnia wieku 68,8; w tym wśród kobiet 69,3; wśród mężczyzn 68,1. W badanej populacji 33 osoby były uzależnione od palenia tytoniu. Do nałogu palenia w przeszłości przyznało się 13 osób. Uzyskane przekroje w naturalnej płaszczyźnie pod kątem 12° podzielono na dodatkowe fragmenty chrząstki stawowej, kości podchrzęstnej i gąbczastej.

Oznaczenia zawartości metali dokonano metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (AAS). Próbkę o znanej masie poddano stopniowemu spopieleniu do stałej masy w piecu muflowym – początkowo w temperaturze 100°C w ciągu 6 godzin, następnie w 420°C przez 24 godziny, aż do uzyskania szarobiałego popiołu.



Rycina 1. Ilustracja metody cięcia głowy kości udowej w naturalnej płaszczyźnie pod kątem 12°

Figure 1. Illustration of the method of cutting the femur head in a natural plane angle of 12°

Naważkę otrzymanego popiołu roztwarzano w 2 cm³ spektralnie czystego HNO₃(V) (Supra pure) firmy Merck. Powstały w ten sposób roztwór przenoszono do kolbki o objętości 25 cm³, uzupełniano wodą redestylowaną do kreski i uzyskiwano analit.

Za pomocą aparatu Pye Unicam SP-9 w płomieniu acetylen–powietrze w analizie oznaczono zawartość Ni i Cr z dokładnością do 0,01 µg/g przy długości fali dla niklu (232 nm) oraz dla chromu (357,9 nm). Oznaczenia były wykonane metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (AAS), których dokładność kontrolowano metodą dodatku wzorca firmy WZORMAT oraz za pomocą materiału referencyjnego: NIST-1400 i NIST-1486 (ash bone tissue) [2].

Ponadto z Zakładem Chemii Nieorganicznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach i Zakładem Monitoringu Środowiskowego Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach przeprowadzono walidację stosowanej metodyki badań. Różnicę oznaczeń wyniosły: Ni – 4,3% i Cr – 3%.

Wyniki badań

Zawartość metali w analizowanych częściach głowy kości udowej badanej populacji obrazują wyniki analizy statystycznej zamieszczone w tabeli I.

Zawartość niklu i chromu w chrząstce stawowej wśród badanych kobiet mieściła się w granicach: nikiel 0,06–11,43 µg/g, chrom 2,02–10,47 µg/g. Dla porównania zakresy zmian zawartości w chrząstce stawowej wśród badanych mężczyzn wyniosły: nikiel 0,06–3,36 µg/g, chrom 2,44–7,65 µg/g. Średnia zawartość analizowanych pierwiastków w chrząstce

stawowej kobiet i mężczyzn różniła się istotnie i wyniosła odpowiednio: nikiel 0,90 µg/g i 0,19 µg/g ($p \leq 0,05$), chrom 5,32 µg/g i 3,79 µg/g ($p \leq 0,02$).

Zawartość badanych pierwiastków w kości podchrzęstnej wśród badanych kobiet wahały się w następujących granicach: nikiel 0,06–36,00 µg/g, chrom 2,02–24,00 µg/g. Dla porównania zakresy zmian zawartości w kości podchrzęstnej wśród mężczyzn wynosiły: nikiel 12,08–143,05 µg/g, chrom 1,30–6,68 µg/g. Natomiast średnie zawartości poszczególnych metali w kości podchrzęstnej u kobiet i mężczyzn wynosiły odpowiednio: nikiel 0,42 µg/g i 26,08 µg/g ($p \leq 0,01$), chrom 4,66 µg/g i 3,24 µg/g ($p \leq 0,05$).

Zawartość Ni i Cr w kości gąbczastej wśród badanych kobiet zmieniała się w granicach: nikiel 0,06–16,85 µg/g, chrom 2,08–19,93 µg/g. Zakresy zmian zawartości w kości gąbczastej wśród badanych mężczyzn wynosiły odpowiednio: nikiel 0,06–10,95 µg/g, chrom 1,30–22,25 µg/g. Natomiast średnie zawartości poszczególnych metali w kości gąbczastej u kobiet i mężczyzn wynosiły odpowiednio: nikiel 0,39 i 0,14 µg/g, chrom 3,74 i 2,47 µg/g.

Chrząstka stawowa głów kości udowej kobiet odznaczała się największą zawartością niklu i chromu, natomiast najmniejszą zawartość badanych pierwiastków odnotowano w kości gąbczastej. U mężczyzn największe stężenia niklu odnotowano w kości podchrzęstnej, a chromu podobnie, jak u kobiet w chrząstce stawowej. Natomiast najmniejsze zawartości badanych metali zaobserwowano w kości gąbczastej.

Jeśli jako kryterium porównania przyjąć średnią geometryczną to zależności dla niklu można uszeregować następująco:

- kobiety: chrząstka stawowa > kość podchrzęstna > kość gąbczasta
- mężczyźni: kość podchrzęstna > chrząstka stawowa > kość gąbczasta

Interpretacja zmian zawartości niklu i chromu w głowie kości udowej w oparciu o współczynnik zmienności pozwoliła ustalić zróżnicowanie w występowaniu tych metali ze względu na płeć i część anatomiczną głowy kości udowej.

Współczynniki zmienności dla poszczególnych elementów głowy kości udowej kobiet i mężczyzn wskazywały na wysoką zmienność stężeń niklu w chrząstce stawowej, kości podchrzęstnej i kości gąbczastej kobiet i mężczyzn. Współczynnik zmienności występowania niklu wśród badanej grupy kobiet wahał się w granicach 121% w chrząstce stawowej do 268% w kości podchrzęstnej. U mężczyzn natomiast od 79% w kości podchrzęstnej do 324% kości gąbczastej. Chrom największą zmiennością odznaczał się w kości podchrzęstnej kobiet i kości gąbczastej mężczyzn.

Tabela I. Charakterystyka statystyczna występowania Ni i Cr w głowie kości udowej kobiet i mężczyzn (µg/g)
Table I. Statistical characteristics of Ni and Cr in the femur head of men and women (µg/g)

Pierwiastek	Średnia		Zakres zmian		Zawartość odpowiadająca percentylovi				Odchylenie standardowe		Współczynniki		
	arytmetyczna	geometryczna	min.	maks.	10	50	90	95	skosność	kurtoza	skosność	kurtoza	zmienność (%)
kobiety – chrząstka stawowa													
Ni	2,08	0,90	0,06	11,43	0,06	1,15	5,56	8,31	2,51	2,01	4,07		121
Cr	5,70	5,32	2,02	10,47	3,48	5,09	9,20	10,12	2,15	0,66	-0,34		38
kobiety – kość podchrzęstna													
Ni	1,98	0,42	0,06	36,00	0,06	0,35	4,15	10,05	5,31	5,36	32,90		268
Cr	5,42	4,66	2,02	24,00	2,77	4,42	7,93	13,12	3,85	3,07	11,51		71
kobiety – kość gąbczasta													
Ni	1,64	0,39	0,06	16,85	0,06	0,35	3,92	6,65	3,28	3,51	13,50		199
Cr	4,24	3,74	2,08	19,93	2,27	3,35	6,93	7,96	2,79	3,74	19,32		66
mężczyźni – chrząstka stawowa													
Ni	0,39	0,19	0,06	3,36	0,06	0,19	0,85	1,03	0,63	3,77	17,00		160
Cr	3,95	3,79	2,44	7,65	2,57	3,86	4,88	6,58	1,19	1,18	2,13		30
mężczyźni – kość podchrzęstna													
Ni	30,85	26,08	12,08	143,05	15,39	21,86	46,80	60,25	24,42	3,58	15,76		79
Cr	3,41	3,24	1,30	6,68	2,32	3,35	4,45	4,64	1,06	0,56	2,19		31
mężczyźni – kość gąbczasta													
Ni	0,61	0,14	0,06	10,95	0,06	0,06	0,75	1,70	1,96	5,20	28,04		324
Cr	3,14	2,47	1,30	22,25	1,57	1,96	4,03	6,20	3,72	4,80	24,96		119

Tabela II. Charakterystyka statystyczna występowania Ni i Cr w głowie kości udowej w odniesieniu do natęgu palenia ($\mu\text{g/g}$)
Table II. Statistical characteristics of Ni and Cr in the femur head in relation to smoking habit ($\mu\text{g/g}$)

Pierwiastek	Średnia		Zakres zmian		Zawartość odpowiadająca percentylowi					Odchylenie standardowe	Współczynniki		
	arytmetyczna	geometryczna	min.	maks.	10	50	90	95	skośność		kurtოza	zmiennosc (%)	
osoby niepalące													
Ni	1,59	0,38	0,06	36,00	0,06	0,30	3,63	6,65	3,91	6,11	48,05	246	
Cr	5,06	4,43	1,50	24,00	2,41	4,19	7,80	10,12	3,23	3,11	13,35	64	
osoby palące													
Ni	0,62	0,18	0,05	10,95	0,06	0,08	1,03	3,36	1,68	5,05	27,51	270	
Cr	3,45	3,05	1,30	22,25	1,79	3,08	4,65	5,77	2,69	5,99	41,95	78	
osoby palące w przeszłości													
Ni	1,57	0,47	0,06	16,85	0,06	0,60	3,92	5,56	2,77	3,59	16,00	176	
Cr	4,46	3,99	1,30	10,39	2,02	4,16	7,82	7,96	2,11	0,76	0,00	47	
kobiety niepalące													
Ni	1,98	0,48	0,06	36,00	0,06	0,56	5,14	8,35	4,38	5,41	37,61	221	
Cr	5,50	4,80	2,08	24,00	2,69	4,45	8,69	10,61	3,51	2,85	10,82	64	
kobiety palące													
Ni	0,84	0,29	0,06	6,90	0,06	0,35	1,31	6,90	1,72	3,55	13,18	203	
Cr	3,62	3,45	2,25	5,77	2,27	3,82	4,80	5,77	1,14	0,21	-1,15	31	
mężczyźni niepalący													
Ni	0,28	0,17	0,06	1,48	0,06	0,16	0,77	1,16	0,35	2,23	4,94	122	
Cr	3,61	3,39	1,50	6,68	1,94	3,78	4,88	5,03	1,22	0,16	-0,13	34	
mężczyźni palący													
Ni	0,55	0,15	0,05	10,95	0,06	0,06	1,02	1,22	1,68	5,75	35,38	307	
Cr	3,39	2,93	1,30	22,25	1,73	3,01	4,49	4,64	3,04	5,64	35,35	90	

Tabela III. Charakterystyka statystyczna występowania Ni i Cr w głowie kości udowej mieszkańców poszczególnych miast ($\mu\text{g/g}$)
Table III. Statistical characteristics of Ni and Cr in the femur head inhabitants of cities ($\mu\text{g/g}$)

Pierwiastek	Średnia		Zakres zmian		Zawartość odpowiadająca percentylowi					Odchylenie standardowe		Współczynniki		
	arytmetyczna	geometryczna	min.	maks.	10	50	90	95	standardowe	skośność	kurtoza	zmiennosc (%)		
Gliwice														
Ni	0,96	0,21	0,05	10,95	0,06	0,14	1,03	10,95	2,68	3,91	15,48	280		
Cr	2,83	2,74	1,73	4,21	1,80	2,73	3,65	4,21	0,69	0,12	-0,30	25		
Katowice														
Ni	1,29	0,39	0,06	16,85	0,06	0,31	3,60	5,32	2,39	4,32	24,75	185		
Cr	4,48	4,08	1,30	10,12	2,12	4,26	7,65	8,03	1,89	0,63	0,24	42		
Milówka														
Ni	0,17	0,11	0,06	0,69	0,06	0,06	0,57	0,69	0,19	2,07	3,84	110		
Cr	3,57	3,47	2,10	4,93	2,49	3,44	4,82	4,93	0,87	0,11	-1,17	24		
Pilica														
Ni	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96		
Cr	6,86	6,65	3,54	9,20	4,34	6,93	8,94	9,20	1,61	-0,67	0,39	24		
Potępa														
Ni	0,34	0,20	0,06	1,48	0,06	0,19	0,85	1,48	0,40	2,19	4,97	119		
Cr	3,78	3,53	1,70	6,68	1,91	3,80	5,03	6,68	1,39	0,25	-0,06	37		
Pyrzyce														
Ni	6,44	0,88	0,06	9,49	0,06	0,78	8,31	9,49	3,08	1,26	0,49	48		
Cr	9,20	5,90	2,42	10,39	3,10	6,75	9,27	10,39	2,21	-0,14	-0,44	24		
Siemianowice Śląskie														
Ni	1,77	0,32	0,06	36,00	0,06	0,23	3,39	10,05	4,65	5,40	35,65	263		
Cr	4,76	3,86	1,30	24,00	2,22	3,46	6,93	13,12	4,20	3,11	10,17	88		

Tkanka kostna kobiet odznaczała się znacznie większymi stężeniami metali w porównaniu do mężczyzn, jednak zmienność ich występowania była zbliżona.

Zawartości niklu i chromu w głowie kości udowej osób niepalących, palących oraz palących w przeszłości wykazała nieznacznie większą zawartość niklu (jednego ze składników dymu tytoniowego) w głowie kości udowej osób palących w przeszłości w porównaniu do osób niepalących. Odpowiednie wartości wynosiły: 0,47 µg/g oraz 0,38 µg/g. Podobnie jak w przypadku niklu większą zawartość chromu obserwowano w grupie osób niepalących tytoniu – 4,43 µg/g (tabela II).

W kolejnym etapie analizy porównano średnie zawartości niklu i chromu wśród badanej populacji z uwzględnieniem miejsca zamieszkania (tabela III). Porównania dokonano w oparciu o wartości odpowiadające średniej geometrycznej oraz 10 i 95 percentylowi.

Największą zawartość niklu oraz chromu stwierdzono w tkankach kostnych mieszkańców Pilicy (0,88 µg Ni/g, 6,65 µg Cr/g) oraz Pырzyc (0,88 µg Ni/g, 5,90 µg Cr/g). Natomiast w kościach mieszkańców Milówki odnotowano najmniejsze stężenie niklu (0,11 µg Ni/g) oraz porównywalną zawartość chromu w porównaniu do Gliwic. Dla potwierdzenia roli stanu zanieczyszczenia powietrza jako układu odniesienia przyjęto mieszkańców Milówki – znanego miejsca wypoczynku i turystyki w Beskidzie Żywieckim. Populację pacjentów tworzą mieszkańcy mieszkający powyżej 200 metrów od lokalnej przelotowej drogi.

Zawartości odpowiadające 10 percentylowi określają minimalny poziom stężenia badanych pierwiastków o charakterze fizjologicznym, który odpowiada uwarunkowaniom zarówno geochemicznemu prezentowanego ekosystemu, jak i diety. Zawartości pierwiastków odpowiadające 90 i 95 percentylowi determinowane są natomiast przez parametry behawioralne i opisują maksymalny poziom zmian zawartości pierwiastków, które pełnią funkcje fizjologiczne i mogą wchodzić w interakcje z innymi metalami.

Dyskusja

Stopień kumulacji w tkance kostnej wybranych pierwiastków na ogół nawiązuje do ich podaży w formie biodostępnej, na przykład poprzez żywność, wdychane powietrze lub wchłanianie przez skórę. Ten prosty mechanizm wchłaniania pierwiastków może być modyfikowany w charakterystycznym receptorze specyficznymi interakcjami. Zmiany występowania niklu i chromu oceniono na podstawie badań w trzech wyróżnionych morfologicznie fragmentach: chrząstce stawowej, kości podchrzęstnej i gąbczastej głowy kości udowej pacjen-

tów mieszkających w 7 miejscowościach. Analizowane miejscowości (Gliwice, Katowice, Milówka, Pilica, Potępa, Pырzyc, Siemianowice Śląskie) w sposób zasadniczy różniły się ilością niklu i chromu w pyłe zawieszonym, co skutkowało również odpowiednią zawartością tych metali w opadzie całkowitym. Proces kumulacji niklu i chromu w tkance kostnej obejmuje długi okres, dlatego też dla ilustracji arbitralnie wybrano dane dla roku 1990. Porównanie danych z Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Katowicach za okres 1985-2006 wykazało, że wyniki za rok 1990 obrazują przeciętną ekspozycję na te dwa pierwiastki przykładową drogą wchłaniania (tabela IV) [19]. Dla ocen w oparciu retropektywne badania dużą wartość posiadają zawartości odpowiadające 10 i 95 percentylowi oraz średniej geometrycznej.

Podkreślić należy, że w przypadku badanych pierwiastków (Ni oraz Cr) ich zawartość była zróżnicowana ze względu na: płeć oraz sugerowaną na etapie preparatyki budową morfologiczną głowy kości udowej. Okazało się, że nikiel i chrom w większych ilościach występują w chrząstce stawowej kobiet w porównaniu do mężczyzn.

Z kolei w części podchrzęstnej przeciętna zawartość niklu jakkolwiek istotnie różna u kobiet w porównaniu do mężczyzn – to u kobiet jego zawartość obniżyła się o 50%, natomiast zawartość chromu była porównywalna zarówno u kobiet, jak i mężczyzn z obserwowanymi zmianami w chrząstce stawowej.

Udział niklu w kości gąbczastej kobiet i mężczyzn jakkolwiek istotnie różnił się, to był najmniejszy w odniesieniu do pozostałych części głowy kości udowej. Ten sposób dystrybucji niklu w głowie kości udowej kobiet potwierdził obliczony współczynnik zmienności dla niklu, który był dużo większy w kości podchrzęstnej w porównaniu do chrząstki stawowej.

Chrom największą zmiennością występowania odznaczał się w kości podchrzęstnej kobiet oraz kości gąbczastej mężczyzn. Na podstawie przedstawionych charakterystyk statystycznych występowania niklu i chromu można stwierdzić, że niezależnie od budowy morfologicznej tkanka kostna kobiet zawierała znacznie większe stężenia tych metali w porównaniu do mężczyzn. Brodziak [1] także zwróciła uwagę, że w przypadku mieszkańców innych miast, przeciętna zawartość niklu i chromu była najwyższa w chrząstce stawowej, a najniższa w kości gąbczastej. Dla porównania – w żebrach zawartość niklu wyniosła 0,44 µg/g, dla chromu 4,87 µg/g.

Porównanie wyników Drascha [5], Granadilla [7], Yoshinagi [18], Kuo [10] wskazuje, że w badanych populacjach głów kości udowej udział niklu był podobny, jednakże obserwowane zakresy jego występowania wyraźnie są determinowane różnicowaniem geograficznym.

Tabela IV. Zestawienie przeciętnych (ok.20 letnie – 1985-2006r.) zawartości niklu i chromu w opadzie całkowitym i pyłe zawieszonym [14]

Table IV. Summary of the average contents nickel and chromium (about 20 years - 1985-2006.) in total dust fallout and particulate matter [14]

Opad metali [mg/m ² /rok]		Miejscowość					
		Gliwice	Katowice	Milówka	Pilica	Potępa (Lubliniec)	Siemianowice Śląskie
Ni		1,7	1,4	0,9	0,8	0,7	1,7
Cr		1,1	1,1	0,2	0,4	0,1	1,0
Pył zawieszony [ug/m ³]	Ni	6,3	7,3	3	4,8	–	12,3
	Cr	6,5	8,5	2,9	6,7	–	10,

Wnioski

1. Dystrybucję Cr i Ni w poszczególnych częściach głowy kości udowej w sposób zróżnicowany determinuje płeć, nałóg palenia i ich zawartość w pyłe zawieszonym w powietrzu w miejscu zamieszkania pacjenta.
2. Stopień kumulacji niklu i chromu jest zróżnicowany ze względu na budowę morfologiczną w poszczególnych częściach głowy kości udowej.
3. Zawartość Ni i Cr w poszczególnych częściach głowy kości udowej, odpowiadająca 10 procentowi i średniej geometrycznej można wykorzystać w badaniach prospektywnych dotyczących wybranych obszarów jako pierwiastek charakterystyczny dla emisji dalekosięgającej.

Wykaz piśmiennictwa

1. Brodziak B. Analiza równowagi kationowej poszczególnych częściach głowy kości udowej ze zmianami zwyrodnieniowo-zniekształcającymi. Rozprawa doktorska Śląska Akademia Medyczna Katowice, 2003.
2. Brodziak-Dopierała B, Koterska, Kwapuliński J, et al. Zawartość metali w głowie kości udowej kobiet i mężczyzn ciężej w płaszczyźnie horyzontalnej i pionowej. *Ann Acad Med Silen* 2006; 60 (6): 511-515.
3. Brodziak-Dopierała B, Kwapuliński J, Kusz D, et al. Interactions between concentrations of chemical elements in human femoral heads. *Arch Environ Contam Toxicol* 2009; 57: 203-210.
4. Cempel M, Nikel G, Nickel: a review of its sources and environmental toxicology. *Pol J Environ Stud* 2006; 15: 375-382.
5. Drash GA. Lead burden in prehistorical, historical and modern human bones. *Sci Total Environ* 1982; 24: 199-231.
6. Fairbrother A, Wenstel R, Sappington K, et al. Framework for metals risk assessment. *Ecotox Environ Safe* 2007; 68: 145-227.
7. Granadillo VA, Navarro JA, Campos RS, et al. Total metal content of normal human bone from inhibitions of Maracaibo City, Venezuela. *Trace Elem Med* 1992; 3: 139-143.

8. Grandjean P, Griffin TB, Knelson JH. Lead in bones historical and toxicological studies. *Environmental Quality and Safety* 1975; 2:781-788.
9. Grandjean P, Nielsen OJ, Shapiro M. Lead retention in Ancient Nubia and contemporary populations. *J Environ Pathol Toxicol* 1979; 2: 781-787.
10. Kuo HW, Kuo SM, Chou CH, Lee TC. Determination of 14 elements in Taiwanese bones. *Sci Total Environ* 2000; 255: 45-54.
11. Kuś H, Rutowski R. Biomateriały w traumatologii. [W:] Tylman D, red. *Traumatologia narządu ruchu*. tom I. Warszawa: PZWL; 1996: 546-573.
12. Kwapuliński J, Brodziak-Dopierała B, Kowol J, et al. Anomalies in interactions of selected metals in the femur heads of people living within their permanent emission. *Fres Environ Bull* 2009; 18: 1075-1079.
13. Sankaramanivel S, Jeyapriya R, Hemalatha D, et al. Effect of chromium on vertebrae, femur and calvaria of adult male rats. *Hum Exp Toxicol* 2006; 25: 311-318.
14. Schroeder HA. A sensible look at air pollution by metals. *Arch. environ. Health*. 1970; 21: 798-806.
15. Seńczuk W. Toksykologia. Warszawa:PZWL;1990:484-490.
16. Sunderman FWJr. Biological monitoring of nickel in humans. *Scand J Work Environ Heath* 1993; 19: 34-38.
17. Wiegant HJ, Ottenwalder H, Bolt HM. Disposition of intratracheally administered chromium (III) and chromium(VI) in rabbits. *Toxicol Lett* 1984; 22(2): 273-276.
18. Yoshinaga J, Suzuki J, Morita M, Hayakawa M. Trace elements in ribs of elderly people and elemental variation in the presence of chronic disease. *Sci Total Environ* 1995; 162: 239-252.
19. Zanieczyszczenie atmosfery w województwie śląskim. Katowice: WSSE; dane za okres 1985-2006.

Adres do korespondencji:

Prof. dr hab. Jerzy Kwapuliński
Katedra i Zakład Toksykologii
41-200 Sosnowiec, ul. Jagiellońska 4
tel./fax.:+48 32 364 16 34
kwapulinski@sum.edu.pl