

Stężenie chromu w materiale kostnym człowieka a czynniki biologiczne i środowiskowe*

The effect of biological and environmental factors on the concentration of chromium in human bone

Natalia Łanocha-Arendarczyk¹ ✉, Elżbieta Kalisińska¹, Małgorzata Anna Kaplewska¹, Halina Budis², Sebastian Sokołowski³, Karolina Kot¹, Danuta Kosik-Bogacka¹

¹ Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, Katedra i Zakład Biologii i Parazytologii Medycznej, al. Powstańców Wlkp. 72, 70-111 Szczecin

Pomeranian Medical University in Szczecin, Department of Biology and Medical Parasitology

² Uniwersytet Szczeciński, Zakład Wychowania Zdrowotnego, al. Piastów 40b, 71-065 Szczecin

University of Szczecin, Department of Health Education

³ Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, Katedra i Klinika Ortopedii, Traumatologii i Onkologii Narządu Ruchu, ul. Unii Lubelskiej 1, 70-252 Szczecin

Pomeranian Medical University in Szczecin, Orthopaedic, Traumatology and Orthopedic Oncology Clinic

✉ nlanocha@pum.edu.pl

ABSTRACT

Introduction: The aim of this study was to investigate and compare concentrations of chromium (Cr) in the cartilage cortical bone and spongy bone in the femoral head. In addition, we examined how Cr levels were influenced by general biological and environmental factors.

Materials and methods: Material was collected from patients (n = 37) who had undergone hip replacement surgery. Cartilage, and cortical and spongy bone samples were taken from the femoral head, dried to a constant weight, digested in acids, and tested for the Cr concentration by atomic absorption spectrophotometry (ICP-AES).

Results: Chromium concentration in the analyzed bone samples could be arranged in the following descending series: cartilage < cortical bone < spongy bone. We found no effect of sex and age on the bone Cr concentrations. Chromium levels in heavy

industry workers were nearly 30% higher than in those employed in other sectors of the economy. Chromium levels in cortical bones showed a difference between patients smoking fewer than 10 cigarettes per day and those smoking 20 and more per day. The share of game meat, fish and seafood in the diet had no significant effect on Cr levels in the examined samples.

Conclusions: There are many indications that Cr levels in the bone and cartilage of patients who had undergone hip replacement surgery may be associated with environmental and general biological factors. However, definite conclusions require a greater number of studies and a wider scope of research, including a greater geographical range (i.e. involving other Central European countries).

Keywords: chromium; cartilage; cortical and spongy bones; biological and environmental factors.

ABSTRAKT

Wstęp: Celem pracy było poznanie i porównanie stężenia chromu (Cr) w trzech rodzajach materiału kostnego: chrząstce, kości zbitiej i kości gąbczastej, pobranego z głowy kości udowej. Ponadto oceniono wpływ czynników ogólnobiologicznych i środowiskowych na stężenie Cr w badanych próbkach.

Materiały i metody: Z głowy kości udowej pobranej od pacjentów (n = 37) poddanych alloplastyce stawu biodrowego odseparowano chrząstkę, kość zbitą i gąbczastą, które wysuszono do stałej masy, zmineralizowano w stężonych kwasach i w których oznaczono stężenie Cr metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej (ICP-AES).

Wyniki: Stężenie Cr w analizowanych próbkach kostnych można ułożyć w następujący malejący szereg: chrząstka < kość zbita < kość gąbczasta. Nie odnotowano zależności pomiędzy wiekiem i płcią badanych pacjentów a stężeniem Cr w próbkach kostnych.

U osób pracujących w przemyśle ciężkim wartość stężenia Cr była prawie 30% większa niż u pracowników innych działów gospodarki. Wykazano zależność pomiędzy liczbą wypalanych papierosów (<10 lub ≥20) a stężeniem Cr w kości zbitiej. Osoby wypalające ≥20 papierosów dziennie miały znacznie większe stężenia Cr w badanym materiale niż osoby wypalające <10 papierosów dziennie. Nie zaobserwowano istotnych różnic pomiędzy spożyciem dziczyzny, ryb i owoców morza a stężeniem Cr w analizowanych próbkach.

Wnioski: Wiele wskazuje na to, że wielkości stężenia chromu w kościach pacjentów poddanych alloplastyce stawu biodrowego mogą być powiązane z czynnikami ogólnobiologicznymi i środowiskowymi, ale niezbędne są szersze i liczniejsze badania w tym zakresie, także w innych krajach Europy Środkowej.

Słowa kluczowe: chrom; chrząstka; kość zbita i gąbczasta; czynniki biologiczne i środowiskowe.

* Praca finansowana z projektu tzw. Młodego Badacza (MB-431-105/15) realizowanego w Pomorskim Uniwersytecie Medycznym w Szczecinie.

WSTĘP

Jednym z metalicznych pierwiastków śladowych jest chrom (Cr), który występuje w skałach, glebach, pyłach wulkanicznych i gazach. Do jego naturalnych źródeł należą czarny chromit oraz czerwony kroit, które są ważnymi surowcami przemysłowymi [1, 2, 3]. Pierwiastek ten wykorzystywany jest m.in. w produkcji artykułów ze stali nierdzewnej, w tym implantów i urządzeń ortodontycznych, do wyrobu barwników, kosmetyków oraz suplementów diety zawierających chrom [4, 5]. Aerozole atmosferyczne, procesy spalania paliw oraz uwalnianie dymów z dużych obiektów przetwórczych i przemysłowych, lokali handlowych i mieszkalnych są głównymi źródłami antropogenicznego Cr w powietrzu. Stężenia Cr w atmosferze wynoszą ok. 0,5–40 ng/m³, a w wyniku palenia papierosów w pomieszczeniach może być nawet do 400 razy większe [6, 7].

Chrom jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania organizmów żywych. Pierwiastek ten wpływa na prawidłową gospodarkę węglowodanową i lipidową [7, 8]. Ponadto Cr jest kofaktorem insuliny, przez co zmniejsza ryzyko występowania miażdżycy oraz zapobiega denaturacji termicznej kwasów nukleinowych. Bierze udział w regulacji hormonalnej [7, 9]. Chrom do organizmu człowieka dostaje się drogą pokarmową, oddechową i poprzez skórę. Największy jednak wpływ na stężenie Cr w organizmie ma przyjmowanie go drogą pokarmową, wraz z krwią transportowany jest do tkanek [10]. Chrom wydalany jest głównie z moczem, a w niewielkiej części z kałem [11]. Kumulowany jest w nerkach, wątrobie i mięśniach. Zgodnie z raportem Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Żywności [12] dla Krajów Unii Europejskiej nie ustalono referencyjnej dawki dobowego spożycia chromu (*dietary reference value*), jednakże w niektórych krajach sugeruje się, aby dobowe przyjmowanie Cr wynosiło 50 µg/dzień i nie przekraczało 200 µg/dzień (Francja). W Polsce również nie ustalono bezpiecznego i odpowiedniego dziennego spożycia Cr. Badania przeprowadzone w Polsce wskazują, że osoby dorosłe spożywają 32–102 µg/dzień [13], a osoby w podeszłym wieku – 36,2–58,7 µg/dzień [14]. Niedobór Cr obserwowany jest głównie u osób starszych, z hipoglikemią lub upośledzoną tolerancją glukozy, pracujących fizycznie, chorych na cukrzycę typu I i II, a także u osób odchudzających się i uprawiających czynnie sport [15]. Niedobór Cr objawia się m.in. zmęczeniem, brakiem odporności nerwowej, bólami głowy, drażliwością i niepokojem. Chrom w nadmiarze wykazuje właściwości kancerogenne. Długotrwała ekspozycja organizmu na związki chromu(VI) przyczynia się do zwiększonego ryzyka rozwoju raka płuc, uszkodzenia tkanki jamy nosowej, brodawczaka górnych dróg oddechowych, ciężkiego uszkodzenia nerek, zapalenia i owrzodzenia skóry, jak również owrzodzeń dwunastnicy [16, 17]. Badania epidemiologiczne ekspozycji na działanie chromu(VI) wyraźnie dowodzą, że związki chromu w postaci wziewnej zwiększają ryzyko wystąpienia nowotworu płuc [18].

Celem pracy było poznanie i porównanie stężenia chromu w trzech rodzajach materiału kostnego: chrząstce, kości zbitiej i gąbczastej, pobranego z głowy kości udowej. Ponadto oceniono wpływ czynników ogólnobiologicznych (płeć, wiek

i schorzenia układu kostnego) oraz środowiskowych (narażenie zawodowe, palenie papierosów i dieta) na stężenie Cr w próbkach kostnych.

MATERIAŁY I METODY

Do badań wykorzystano materiał pobrany z głowy kości udowej pacjentów (n = 37) hospitalizowanych w Szpitalu Klinicznym nr 1 Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie (PUM) w okresie od listopada 2007 r. do grudnia 2009 r. Pacjentów poddano zabiegowi alloplastyki stawu biodrowego ze względu na złamanie lub zwyrodnienie głowy kości udowej. Grupę pacjentów stanowili mężczyźni w wieku 53–78 lat (62,6 ±15,5) i kobiety w wieku 32–82 lat (69,9 ±10,76). Próbki kości podzielono na dwie kategorie, pochodzące od pacjentów poniżej i powyżej 65 lat. Na potrzeby prezentowanych badań pacjentów podzielono także na dodatkowe podgrupy w zależności od narażenia na czynniki środowiskowe i biologiczne. Na realizację badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej PUM nr BN/001/111/08.

Z głowy kości udowej pobrano chrząstkę, kość zbitą i kość gąbczastą. Materiał do czasu analiz chemicznych przechowywano w temperaturze –20°C. Próbki tkanek suszono do stałej masy w temperaturze 105°C przez okres 2–3 tyg., a następnie rozdrobniono. Ze sproszkowanego materiału przygotowano naważki o masie 0,2–0,3 g, które zmineralizowano w mieszaninie kwasu azotowego(V) HNO₃ (65%) i nadchlorowego HClO₄ (70%) w proporcji 4:1 [19]. Zawartość chromu w próbkach oznaczono metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej (ICP-AES) na Wydziale Biotechnologii i Hodowli Zwierząt Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Poprawność przyjętego toku postępowania analitycznego kontrolowano poprzez oznaczenie chromu w dwóch materiałach referencyjnych Bovine Muscle Powder NIST 8414 oraz Bovine Liver NIST 1577c.

Analizę statystyczną otrzymanych wyników wykonano w programie Statistica 10.0 PL. Zgodność stężenia chromu w próbkach kości z rozkładem normalnym sprawdzono testem Anderson–Darlinga oraz Kołmogorova–Smirnova. W każdym rodzaju próbek przeprowadzono porównania stężenia Cr między parametrami biologicznymi, w tym płcią i wiekiem pacjentów (wykorzystano test t-Studenta), a w przypadku porównań między większą niż 2 liczbą wyodrębnionych grup próbek zastosowano test ANOVA. Za istotne statystycznie różnice przyjęto poziom p < 0,05.

WYNIKI

Wpływ czynników ogólnobiologicznych (między innymi płeć, wiek, schorzenia układu kostnego) na stężenie chromu

Stężenie chromu w chrząstce kobiet (K) wahało się 0,144–1,568 mg/kg suchej masy (s.m.), a u mężczyzn (M) 0,05–1,136 mg/kg s.m. Średnia wartość stężenia chromu u kobiet była o ponad 30% większa (K i M odpowiednio 0,513 i 0,390 mg/kg s.m.),

ale zaobserwowana różnica okazała się nieistotna statystycznie. Stężenie chromu w kości zbitej kobiet wahało się 0,225–1,914 mg/kg s.m., a u mężczyzn 0,003–1,722 mg/kg s.m. Stężenie chromu w kości gąbczastej kobiet wahało się 0,210–2,255 mg/kg s.m., a u mężczyzn 0,177–2,358 mg/kg s.m.

Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic między stężeniem chromu w żadnym rodzaju badanych próbek między osobami poniżej i powyżej 65 lat, zarówno wśród kobiet, jak i u mężczyzn oraz w grupach wiekowych bez uwzględnienia płci. Największe średnie stężenie chromu odnotowano w kości gąbczastej mężczyzn powyżej 65 lat (1,005 mg/kg s.m.), a najmniejsze w chrząstce mężczyzn poniżej 65 lat (0,342 mg/kg s.m.). Jedynie w przypadku mężczyzn odnotowano pewną tendencję wskazującą na wyraźnie większe (ponad 2-krotne) stężenie chromu w chrząstce pochodzącej od pacjentów w wieku powyżej 65. r.ż. w porównaniu z młodszymi.

Uwzględniając wskazanie do przeprowadzenia alloplastyki stawu biodrowego (złamanie lub zwyrodnienie stawu biodrowego), przeanalizowano zróżnicowanie stężenia Cr w trzech rodzajach próbek. Nie wykazano istotnych różnic w stężeniu chromu w analizowanych próbkach kostnych między osobami hospitalizowanymi z powodu złamań a osobami ze zwyrodnieniami. Największe średnie stężenie chromu odnotowano w chrząstce osób ze złamaniem, a najmniejsze w kości gąbczastej pacjentów ze zwyrodnieniem, odpowiednio 1,305 i 0,404 mg/kg s.m. Stężenie chromu w chrząstce osób ze złamaniem zawierało się w przedziale 0,340–2,255 mg/kg s.m., a osób ze zwyrodnieniem – 0,176–2,358 mg/kg s.m. Średnia wartość stężenia Cr u osób ze złamaniem była o 55% większa niż u osób ze zwyrodnieniem (złamanie i zwyrodnienie odpowiednio 1,305 i 0,590 mg/kg s.m.), mimo to zaobserwowana różnica okazała się nieistotna statystycznie.

Stężenie chromu w kości zbitej osób ze złamaniem wahało się 0,388–1,125 mg/kg s.m., a osób ze zwyrodnieniem 0,003–1,914 mg/kg s.m. W kości gąbczastej stężenie Cr u osób ze złamaniem wahało się 0,378–1,483 mg/kg s.m., a osób ze zwyrodnieniem 0,05–1,125 mg/kg s.m. Średnia wartość stężenia Cr u osób ze złamaniem była niemal dwukrotnie większa niż u osób ze zwyrodnieniem (złamanie i zwyrodnienie odpowiednio 0,762 i 0,404 mg/kg s.m.), przy czym różnica nie była istotna statystycznie.

Przeprowadzono analizę mającą na celu ustalenie ewentualnego wpływu czynników środowiskowych na stężenie chromu w kościach pacjentów. Tymi czynnikami były praca w przemyśle ciężkim, palenie papierosów i preferencje żywieniowe. W analizie statystycznej uwzględniono dane uzyskane z ankiet pacjentów, od których pobrano próbki kostne.

Wpływ czynników środowiskowych na stężenie chromu

Praca w przemyśle ciężkim

Stężenie chromu w chrząstce osób pracujących w przemyśle ciężkim (PC) wahało się 0,143–1,568 mg/kg s.m., a u osób związanych z innymi sektorami gospodarki (NPC) – 0,05–1,483 mg/kg s.m. Średnia wartość stężenia chromu u pacjentów z grupy PC była zbliżona (pracownicy branży metalurgicznej oraz innych działów gospodarki odpowiednio i nie przekraczała

0,485 mg/kg s.m.). Stężenie chromu w kości zbitej osób PC zawierało się w przedziale 0,184–1,914 mg/kg s.m., a u pacjentów z grupy NPC – 0,098–0,387 mg/kg s.m. Ponadto u osób z grupy PC stężenie Cr było ok. 17% mniejsze od stwierdzonego u pacjentów NPC (odpowiednio 0,718 i 0,598 mg/kg s.m.), jednakże zaobserwowana różnica okazała się nieistotna statystycznie. W kości gąbczastej osób pracujących w przemyśle stężenie Cr wahało się 0,355–1,93 mg/kg s.m., a u osób z grupy NPC wynosiło 0,176–2,358 mg/kg s.m.

Chrom u osób pracujących w przemyśle ciężkim miał prawie o 30% większe stężenie niż u pracowników innych działów gospodarki (pracownicy branży metalurgicznej i pracownicy innych działów gospodarki odpowiednio 0,847 i 0,601 mg/kg s.m.), przy czym różnice te nie były istotne statystycznie.

Palenie papierosów

Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic między stężeniem Cr w grupie osób narażonych na działanie dymu tytoniowego; uwzględniono zarówno pacjentów palących, jak i niepalących. Największe stężenie Cr odnotowano w kości gąbczastej osób palących 10–20 papierosów dziennie, a najmniejsze w kości zbitej osób palących do 10 papierosów dziennie, odpowiednio 0,867 i 0,343 mg/kg s.m.

Przeprowadzono dodatkową analizę testem NIR (najmniejszych istotnych różnic), która miała na celu porównanie wpływu palenia papierosów na badany materiał wśród osób wypalających różne ilości papierosów dziennie. Analiza wykazała, że w przypadku kości zbitej istnieje istotna statystycznie różnica między wartościami stężenia Cr odnotowanego u osób palących do 10 papierosów dziennie i osób palących co najmniej 20 papierosów dziennie ($p \leq 0,05$). Osoby palące powyżej 20 papierosów dziennie miały znacznie większe stężenia chromu w badanym materiale niż osoby palące do 10 papierosów dziennie (odpowiednie średnie stężenia wynosiły 0,782 i 0,343 mg/kg s.m.).

Dieta

Nie zaobserwowano istotnych różnic między stężeniem Cr w analizowanym rodzaju próbek między osobami, u których w diecie występują różne miesięczne częstotliwości spożywania dziczyzny, ryb i owoców morza. Pomimo że analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic, można stwierdzić, że osoby nie-spożywające dziczyzny wykazują tendencję do większych stężeń chromu w materiale kostnym. Ponadto osoby spożywające co najmniej raz w miesiącu owoce morza wykazują tendencję do mniejszych średnich stężeń chromu w badanym materiale. Zarówno w kości, jak i chrząstce osób niespożywających ryb odnotowano znacznie większe stężenia chromu niż u osób wzbogających dietę w owoce morza (tab. 1).

DYSKUSJA

Tkanka kostna ma coraz większe znaczenie w ocenie zdrowia i narażenia na działanie metali ciężkich [20]. Tkanka

TABELA 1. Stężenie chromu w chrząstce, kości zbitej i kości gąbczastej wyrażone w mg/kg suchej masy pochodzących od pacjentów po alloplastyce stawu biodrowego hospitalizowanych w Szczecinie, przy czym w analizie statystycznej (ANOVA) uwzględniono dietę składającą się z dziczyzny, ryb i owoców morza oraz częstość ich spożywania

Produkt spożywczy w diecie	Częstość spożycia	Rodzaj próbki	AM \pm SD	Zakres min.–maks.
Dziczyzna	0	chrząstka	0,455 \pm 0,356	0,030–1,914
		kość zbita	0,674 \pm 0,476	0,030–1,914
		kość gąbczasta	0,763 \pm 0,629	0,177–2,358
	1 raz w miesiącu	chrząstka	0,406 \pm 0,300	0,218–0,776
		kość zbita	0,476 \pm 0,200	0,220–0,656
		kość gąbczasta	0,324 \pm 0,078	0,020–0,388
	2–3 razy w miesiącu	chrząstka	0,382 \pm 0,036	0,357–0,408
		kość zbita	0,655 \pm 0,170	0,535–0,775
		kość gąbczasta	0,301 \pm 0,030	0,278–0,324
	>3 razy w miesiącu	chrząstka	0,365 \pm 0,060	0,324–0,407
		kość zbita	0,361 \pm 0,054	0,323–0,399
		kość gąbczasta	0,312 \pm 0,151	0,204–0,418
Owoce morza	0	chrząstka	0,430 \pm 0,031	0,05–1,570
		kość zbita	0,631 \pm 0,450	0,003–1,910
		kość gąbczasta	0,668 \pm 0,605	0,177–2,358
	1 raz w miesiącu	chrząstka	0,465 \pm 0,277	0,243–0,776
		kość zbita	0,500 \pm 0,149	0,357–0,656
		kość gąbczasta	0,417 \pm 0,031	0,388–0,448
Ryby	0	chrząstka	0,675 \pm 0,541	0,324–1,483
		kość zbita	0,476 \pm 0,956	0,323–0,733
		kość gąbczasta	0,871 \pm 0,930	0,261–2,255
	1–2 razy w miesiącu	chrząstka	0,385 \pm 0,302	0,140–1,135
		kość zbita	0,736 \pm 0,602	0,003–1,910
		kość gąbczasta	0,778 \pm 0,658	0,204–2,358
	4 razy w miesiącu	chrząstka	0,428 \pm 0,310	0,05–1,570
		kość zbita	0,530 \pm 0,407	0,009–1,722
		kość gąbczasta	0,601 \pm 0,520	0,210–1,930
	>8 razy w miesiącu	chrząstka	0,334 \pm 0,126	0,280–0,500
		kość zbita	0,534 \pm 0,240	0,225–0,798
		kość gąbczasta	0,320 \pm 0,442	0,177–0,442

AM – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min. – minimum, maks. – maksimum

ta ulega procesowi przebudowy w ciągu całego życia organizmu, a zatem może stanowić wskaźnik nagromadzenia metali, zwłaszcza w długoterminowej przewlekłej ekspozycji. Nie wiele jest badań ukierunkowanych na analizę składu mineralnego kości, przy czym studia nad pierwiastkami śladowymi w ludzkich kościach coraz częściej prowadzone są na terenie centralnej Europy, w tym Polski. Metale toksyczne mogą zastępować inne pierwiastki niezbędne do prawidłowej przemiany materii oraz zaburzać szereg procesów, których zadaniem jest zachowanie równowagi w organizmie [21].

Pierwiastki śladowe kumulują się w niektórych tkankach i narządach, a ich rozmieszczenie i stężenie zależą od wielu czynników, zarówno biologicznych (wiek, płeć, stan fizjologiczny, choroby i predyspozycje genetyczne), jak

i środowiskowych (m.in. podaż chromu wraz z pożywieniem i wodą, narażenie zawodowe, zanieczyszczenia obecne we wdychanym powietrzu, w tym znajdujące się w dymie tytoniowym, stosowanie środków higieny i kosmetyków).

W niniejszych badaniach skoncentrowano się na określeniu stężenia chromu w głowie kości udowej z uwzględnieniem poszczególnych jej warstw: chrząstki, kości zbitej i kości gąbczastej. Jednakże badacze nie zawsze biorą pod uwagę wymienione warstwy kostne, niekiedy poprzestają jedynie na stwierdzeniu, że analizą objęto fragmenty kości określonego rodzaju. Zgromadzone na podstawie piśmiennictwa dane o zawartości metali w głowie kości udowej człowieka przedstawiono w tabelach 2 i 3. W badaniach własnych stężenia chromu w częściach chrząstnej, zbitej i gąbczastej pochodzących z głowy kości udowej

TABELA 2. Średnie stężenie chromu (mg/kg s.m.) w materiale kostnym pochodzącym od osób palących, palących w przeszłości i niepalących z uwzględnieniem rodzaju materiału kostnego – dane dotyczą mieszkańców Polski i Tajwanu

Kraj	Grupa badana	Rodzaj kości i jej fragment	Średnie stężenie	Średnie stężenie w różnych próbkach kostnych		
					kobiety	mężczyźni
Polska, Górny Śląsk [20]	niepalący	kość udowa	11,92	chrząstka	13,74	4,40
				kość zbita	14,38	4,41
				kość gąbczasta	9,65	2,83
	palący	kość udowa	17,16	chrząstka	13,74	4,40
				kość zbita	14,38	4,41
				kość gąbczasta	9,65	2,83
	palący w przeszłości	kość udowa	11,97	chrząstka	13,74	4,40
				kość zbita	14,38	4,41
				kość gąbczasta	9,65	2,83
Polska, Poznań [22]	palący	głowa kości udowej	0,50			
		szyjka kości udowej	0,95			
	niepalący	głowa kości udowej	0,43			
		szyjka kości udowej	0,76			
Tajwan [26]	palący	kość udowa	0,26			

TABELA 3. Średnie stężenie chromu (mg/kg s.m.) w materiale kostnym pochodzącym od mieszkańców różnych krajów z uwzględnieniem w analizie różnych parametrów

Parametr	Kraj								
	Hiszpania [24]		Polska, Górny Śląsk [20]		Polska, Poznań [22]		Tajwan [26]		USA [23]
Rodzaj próbek kostnych	KG		KZ	KG	KZ	KG	KG		KG
	0,24		4,99	10,42	0,49	0,83		11,9	0,625
Płeć	kobiety	0,25	kobiety		0,44	0,76			
	mężczyźni	0,25	mężczyźni		0,81	0,89			
Wiek	<65 lat	0,26					40 lat	0,36	
							41-60 lat	1,68	
							61-80 lat	8,83	
	>65 lat	0,25					>80 lat	8,43	
Choroby układu kostnego					zmiany zwyrodnieniowe pierwotne		zwyrodnienie szyjki kości udowej	4,96	
					0,47	0,8	martwica niedokrwieniona głowy kości udowej	6,77	
					zmiany zwyrodnieniowe wtórne		zapalenie kości i stawów	7,87	
					0,49	0,88	inne choroby	62,57	
Praca w przemyśle ciężkim					tak				
					0,5	0,95			
				nie					
				0,48	0,7				
Miejsce zamieszkania					wieś				
					0,47	0,66			
					miasto				
				0,49	0,85				

KZ – kość zbita; KG – kość gąbczasta

pacjentów hospitalizowanych w Szczecinie wynosiły odpowiednio 0,433, 0,621 oraz 0,648 mg/kg s.m. Uzyskane wyniki dotyczące kości stawu biodrowego były zbliżone do rezultatów otrzymanych przez Dąbrowskiego [22] (próbki pobrane od mieszkańców Poznania) oraz Darrah [23] (próbki pochodzące od mieszkańców USA). Odpowiednie wartości przedstawione przez wymienionych badaczy wynosiły dla kości zbitej 0,49 mg/kg i dla kości gąbczastej 0,83 mg/kg u mieszkańców Poznania, a stężenie chromu w kości gąbczastej osób z USA wynosiło 0,625 mg/kg [22, 23]. Z kolei dane prezentowane przez Bocio i wsp., dotyczące próbek kości gąbczastej pobranych od mieszkańców Tarragona w Hiszpanii w 1998 i 2003 r., wynosiły odpowiednio 0,51 i 0,24 mg Cr/kg [24]. Stężenie Cr odnotowane u pacjentów z terenu północno-zachodniej Polski znacznie różni się od średnich stężeń chromu w materiale kostnym stwierdzonych przez naukowców z innych regionów Polski (Górny Śląsk) i świata – Azji (Tajwan) [20, 25, 26]. Brodziak-Dopierała i wsp. podają, że u mieszkańców Górnego Śląska stężenie chromu w kości korowej i gąbczastej wynosiło odpowiednio 14,99 i 10,42 mg/kg [20], a zatem było o dwa rzędy wielkości większe niż w przypadku pacjentów hospitalizowanych w Szczecinie. Górnośląski Okręg Przemysłowy uważa się za największą aglomerację przemysłową i jest to jednocześnie najsilniej antropogenicznie przekształcony obszar. Stężenia wybitnie toksycznych metali w wodzie, powietrzu i glebie na tamtym terenie przewyższają niekiedy dopuszczalne normy. Zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi na Górnym Śląsku prawdopodobnie było jedną z przyczyn różnic w stężeniu Cr między mieszkańcami wspomnianych regionów Polski. Także u pacjentów z Tajwanu badanych przez Kuo i wsp. stężenie Cr było w analogicznych próbkach kostnych niemal 8-krotnie większe (wynosiło 11,9 mg/kg) [26] niż stwierdzone w niniejszej pracy.

W niektórych badaniach stwierdzono, że wielkości stężenia chromu w kościach mogą różnić się między płcią badanych osób (tab. 3) [22, 24]. Pomimo że cytowani naukowcy stwierdzili większe koncentracje tego metalu w próbkach kostnych mężczyzn niż kobiet, to jednak różnice te nie były istotne statystycznie, podobnie jak w przypadku badań dotyczących mieszkańców Pomorza Zachodniego. Innym aspektem badań dotyczących chromu w kościach pacjentów po zabiegu alloplastyki stawu biodrowego jest analizowanie stężenia tego metalu z uwzględnieniem wieku pacjentów. Dotychczasowe doniesienia wskazują na zwiększanie się stężenia metali śladowych w kościach wraz z wiekiem [26]. Bocio i wsp. w badaniach przeprowadzonych w Hiszpanii stwierdzili podobne wartości stężenia chromu u osób z grup wiekowych poniżej 65 i powyżej 65 lat, gdyż wynosiły one 0,26 oraz <0,25 mg/kg [24]. Stężenia te były niemal 3-krotnie mniejsze w porównaniu z mieszkańcami północno-zachodniej Polski, odpowiednio 0,552 mg/kg w grupie poniżej 65. r.ż. oraz 0,707 mg/kg w grupie powyżej 65. r.ż. Kuo i wsp. zbadali stężenie chromu w materiale kostnym pochodzącym od mieszkańców Tajwanu (grupy poniżej 65 i powyżej 65 lat, odpowiednio 5,36–21,68 oraz 8,83 mg/kg) [26] i było ono od kilkunastu do kilkudziesięciu razy większe w porównaniu z osobami pochodzącymi z Hiszpanii [24] i północno-zachodniej Polski (tab. 2). Brak jest danych dotyczących

powiązania wieku ze zmianami w stężeniu chromu w materiale kostnym. Naukowcy poszukują również powiązań stężenia Cr z częstością występowania schorzeń układu kostnego, co może być pomocne w wyjaśnianiu roli tego pierwiastka w ich rozwoju. W dotychczasowych publikacjach naukowym pierwotnym zmianom zwyrodnieniowym przypisywano wartości 0,47 mg/kg dla kości zbitej oraz 0,8 mg/kg dla kości gąbczastej, a przy wtórnych zmianach zwyrodnieniowych odpowiednio 0,49 i 0,88 mg/kg [22]. Kuo i wsp. ocenili, że średnie stężenie Cr u pacjentów ze zwyrodnieniem szyjki kości udowej wynosi 4,96 mg/kg, a w martwicy niedokrwiennej głowy kości udowej jest większe i osiąga 6,77 mg/kg s.m. Największe stężenia Cr stwierdzono w przypadku zapalenia kości i stawów – 7,87 mg/kg s.m. [26]. W niniejszej pracy, dotyczącej osób hospitalizowanych w Szczecinie, wykazano, iż stężenie chromu w zwyrodnieniach kości zbitej i gąbczastej wynosiło odpowiednio 0,610 i 0,590 mg/kg, a w złamaniach kości biodrowej odpowiednio 0,749 i 1,305 mg/kg. Wyniki te są zbliżone do uzyskanych przez Dąbrowskiego [22], co może wskazywać na pewne powiązania między stężeniem chromu a rozwojem chorób układu kostnego.

Zwiększona kumulacja metali ciężkich w tkankach osób zamieszkujących tereny uprzemysłowione i/lub podczas narażenia zawodowego (tab. 3). Według Dąbrowskiego [22] zanieczyszczenia przemysłowe i chemiczne powodują wzrost stężenia chromu w utworach szkieletowych ludzi. W niniejszej pracy odnotowano różnicę, jednak niepotwierdzoną statystycznie, między stężeniem chromu w materiale kostnym osób pracujących w przemyśle ciężkim a stężeniem u osób zatrudnionych w innych gałęziach gospodarki. W przypadku pracowników przemysłu ciężkiego było ono w kości gąbczastej większe (0,847 vs 0,602 mg/kg).

Do zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi dochodzi również w otoczeniu ludzi palących papierosy. Czynnikiem ten był analizowany w wielu badaniach. Uważa się, że w wyniku palenia tytoniu, głównie w odniesieniu do kadmu, a w mniejszym stopniu do chromu, zachodzi zwiększone przenikanie tych metali do organizmu człowieka. Szacuje się, że stężenie Cr w dymie tytoniowym waha się pomiędzy 0,0002 a 0,5 mg/papieros. Brodziak-Dopierała i wsp. wykazali, że średnie stężenie chromu w kościach osób palących i niepalących wynosiło odpowiednio 17,16 mg/kg i 11,92 mg/kg, wykazując jednocześnie, że koncentracja chromu była większa u nałogowych palaczy [20]. Dąbrowski również stwierdził, że istnieje różnica między wielkością stężenia Cr u osób palących i niepalących [22]. U osób pochodzących z Poznania wartości te były ok. 16-krotnie mniejsze od podawanych przez Brodziak-Dopierała i wsp. [20] i wynosiły w grupie palących i niepalących odpowiednio 0,95 i 0,76 mg/kg. Podobne badania przeprowadzili także Kuo i wsp., którzy stwierdzili, że stężenie chromu w kościach osób palących osiągnęło wartość 0,26 mg/kg [26]. Wśród mieszkańców północno-zachodniej Polski stężenie chromu w kości zbitej było większe u osób wypalających ponad 20 papierosów dziennie w porównaniu z palącymi 10 papierosów w ciągu doby. Prezentowane wyniki badań, jak i cytowane powyżej prace wskazują na silny związek palenia papierosów z ilością chromu odkładanego w strukturach kostnych.

WNIOSKI

Wiele wskazuje na to, że wielkości stężenia chromu w kościach pacjentów poddanych alloplastyce stawu biodrowego mogą być powiązane z czynnikami ogólnobiologicznymi i środowiskowymi, ale niezbędne są szersze i liczniejsze badania w tym zakresie, także w innych krajach Europy Środkowej.

PIŚMIENNICTWO

- Panov VE, Alexandrov B, Arbaciauskas K, Binimelis R, Copp GH, Grabowski M, et al. Assessing the risks of aquatic species invasions via European inland waterways: from concepts to environmental indicators. *Integr Environ Assess Manag* 2009;5(1):110-26.
- Keegan WJ, Bodo B. *Global marketing management: A European perspective*. Pearson Education: London; 2001.
- Bielicka A, Bojanowska I, Wiśniewski A. Two faces of chromium – pollutant and bioelement. *Pol J Environ Stud* 2005;14(1):5-10.
- Hansen DC. Metal corrosion in the human body: the ultimate bio-corrosion scenario. *Electrochem Soc Interface* 2008;17(2):31-4.
- Santonen T, Zitting A, Riihimaki V, Howe PD, Wood M. *Concise international chemical assessment document 76: Inorganic chromium(III) compounds*. Geneva: World Health Organization; 2009.
- Kabata-Pendias A, Szteke B. *Pierwiastki śladowe w geo- i biosferze*. Puławy: Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa; 2012.
- Fogelholm GM, Himberg JJ, Alopaus K, Gref CG, Laakso JT, Lehto JJ, et al. Dietary and biochemical indices of nutritional status in male athletes and controls. *J Am Coll Nutr* 1992;11(2):181-91.
- Mertz W. Effects and metabolism of glucose tolerance factor. *Nutr Rev* 1975;33(5):129-35.
- Vincent JB. Mechanisms of chromium action: low-molecular-weight chromium-binding substance. *J Am Coll Nutr* 1999;18(1):6-12.
- Spangler M, Phillips B, Ross M, Moores K. Calcium supplementation in postmenopausal women to reduce the risk of osteoporotic fractures. *Am J Health Syst Pharm* 2011;68(4):309-18. doi: 10.2146/ajhp070175.
- Bolesławska I, Grygiel-Gorniak B, Przysławski J. Żywieniowe aspekty rozwoju osteoporozy wśród kobiet i mężczyzn z regionu Wielkopolski. *Now Lek* 2006;75(1):27-30.
- Scientific Opinion on Dietary Reference Values for chromium. *EFSA J* 2014;12(10):3845.
- Marzec Z. Analityczna i obliczeniowa ocena pobrania chromu, niklu i selenu z całodziennymi racjami pokarmowymi osób dorosłych. *Bromat Chem Toksykol* 1999;32:185-9.
- Czerwińska D, Zadruzna M. Ocena spożycia chromu i jego głównych źródeł w diecie osób starszych chorych na cukrzycę. *Żyw Człow* 2003;30:816-21.
- Rajendran K, Manikandan S, Nair LD, Karuthodiyil R, Vijayarajan N, Gnana-sekar R, et al. Serum chromium levels in type 2 diabetic patients and its association with glycaemic control. *J Clin Diagn Res* 2015;9(11):OC05-8. doi: 10.7860/JCDR/2015/16062.6753.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Siders WA, Milne DB. Chromium supplementation and resistance training: effects on body composition, strength, and trace element status of men. *Am J Clin Nutr* 1996;63(6):954-65.
- Skowroń J, Konieczko K. Occupational exposure to chromium(VI) compounds. *Med Pr* 2015;66(3):407-27. doi: 10.13075/mp.5893.00200.
- Sun H, Brocato J, Costa M. Oral chromium exposure and toxicity. *Curr Environ Health Rep* 2015;2(3):295-303. doi: 10.1007/s40572-015-0054-z.
- Kalińska E, Salicki W, Kavetska KM, Ligocki M. Trace metal concentrations are higher in cartilage than in bones of scapula and pectoral girdle in Poland. *Sci Total Environ* 2007;308(1-3):90-103. doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.07.050.
- Brodziak-Dopierała B, Kwapuliński J, Rzepka J, Nogaj E, Bogunia M, Ahnert B. Wpływ nałogu palenia tytoniu na występowanie metali w częściach i przekrojach głowy kości udowej. *Przegl Lek* 2007;64(10):720-2.
- Brodziak-Dopierała B, Kwapuliński J, Kosterska E, Toborek J. Wpływ nałogu palenia tytoniu na zawartość kadmu i ołowiu w głowie kości udowej ciętej dwoma sposobami. *Przegl Lek* 2005;62(10):1075-8.
- Dąbrowski M. Wpływ czynników środowiskowych na zawartość pierwiastków strukturalnych, śladowych i toksycznych w kości udowej oraz ich wzajemne korelacje u osób leczonych endoprotezoplastyką stawu biodrowego. *Poznań: Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu*; 2014.
- Darrah TH. *Inorganic trace element composition of modern human bones: relation to bone pathology and geographical provenance*. New York: University of Rochester; 2009.
- Bocio A, Nadal M, Garcia F, Domingo JE. Monitoring metals in the population living in the vicinity of a hazardous waste incinerator: concentrations in autopsy tissues. *Biol Trace Elem Res* 2005;106(1):41-50. doi: 10.1385/BTER:106:1:041.
- Brodziak-Dopierała B, Kwapuliński J, Kusz D, Gajda Z, Sobczyk K. Interactions between concentrations of chemical elements in human femoral heads. *Arch Environ Contam Toxicol* 2009;57(1):203-10. doi: 10.1007/s00244-008-9228-0.
- Kuo HW, Kuo SM, Chou CH, Lee TC. Determination of 14 elements in Taiwanese bones. *Sci Total Environ* 2000;255(1-3):45-54.